Informe 02

Versión 01

CPC-EMGIRS-001-2022 *CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA*

Elaborado: Ing. Ramiro Iván Reimundo Carrera – Consultor y Equipo Técnico

Firmado electrónicamente por:
RAMIRO IVAN
REIMUNDO
CARRERA

CONTENIDO

CAP01. INFORME DE ANÁLISIS DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017. **21**

1 INTRODUCCIÓN 21

1.1 ENTREGABLES. 21

1.2 ESTUDIOS DE INGENIERÍA. 21

1.3 PRODUCTOS O SERVICIOS ESPERADOS 21

2.1 **INFORME TÉCNICO MOTIVADO 31/01/2022, PROCESO CPC-EMGIRS-001-2022 21**

2.1.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA 22

2.2 MARCO CONTRACTUAL CONSULTORÍA 2017 23

2.2.1 INFORMACIÓN ESENCIAL DEL PROCESO DE CONTRATACIÓN 23

2.2.2 INFORMACIÓN DE ADJUDICACIÓN 23

2.2.3 INFORMACIÓN DEL CONTRATO 24

2.3 OBJETIVOS CONTRACTUALES CONSULTORÍA 2017 24

2.3.1 OBJETIVO GENERAL 24

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24

2.4 PRODUCTOS ESPERADOS CONSULTORÍA 2017 25

2.4.1 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD 25

2.4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD 26

2.4.3 DISEÑOS DEFINITIVOS: 27

3 ANÁLISIS DE ENTREGABLES DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017. 27

3.1 ANÁLISIS DE CONTENIDO, Y ALCANCE DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017. 27

3.2 ANÁLISIS DE VALIDEZ Y APLICABILIDAD, DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017. 33

3.3 ANÁLISIS DEL COMPONENTE: ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR LAS NUEVAS ZONAS DE DISPOSICIÓN (DIQUES, TALUDES Y MASAS), CONSULTORÍA DEL 2017. 38

3.3.1 INTRODUCCION. 38

3.3.2 ESTUDIO DE SUELOS. 38

0000002

3.3.3 PARÁMETROS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. 42

3.3.4 DIQUE DE SOPORTE CONSULTORÍA 2017. 46

3.3.5 CONDICION SISMICA 49

3.3.6 SIMULACIÓN A CONDICIONES ACTUALES 54

3.4 ANÁLISIS DEL COMPONENTE AMBIENTAL, CONSULTORÍA DEL 2017. 56

3.4.1 INTRODUCCION. 56

3.4.2 REVISIÓN DEL ANEXO 22, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, CONSULTORÍA 2017 56

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58

CAP02. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. **63**

1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 63

2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS 64

2.1 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 1 68

2.2 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 2 72

2.3 SOPORTES DE ALTERNATIVA 2 72

2.4 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 3 76

2.5 SOPORTES DE ALTERNATIVA 3 76

3 ALTERNATIVA 3 - DISEÑO DE MURO EN TIERRA ARMADA 77

3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO 77

3.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO 77

3.1.2 DISEÑO DE REFUERZO CON GEOTEXTILES 78

3.1.3 PARAMETROS DE ENTRADA DE LOS DISEÑOS 80

3.1.4 PROPIEDADES HIDRÁULICAS Y FÍSICAS DE LOS GEOSINTÉTICOS PROPUESTOS 81

3.2 PROCESO CONSTRUTIVO Y DESCRIPCION DE OBRAS 85

3.2.1 ADECUACIÓN DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN DEL MURO 86

3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE COLCHON DRENANTE - SUBDRENANTE 87

3.2.3 CIMIENTO MURO ARMADO 89

3.2.4 CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DEL MURO 91

3.2.5 CONSTRUCCIÓN DE LA CORONA 96

0000003

3.3 CONTROL Y CALIDAD DE LA OBRA 96

3.3.1 INSTRUMENTACIÓN MURO ARMADO 97

3.4 MODELACION GEOTÉCNICA PARA TIERRA ARMADA 103

3.4.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 103

3.4.2 RECOMENDACIONES 107

3.5 CAPACIDAD PORTANTE 108

3.5.1 METODOLOGÍA 108

3.5.2 CARGAS APLICADAS 108

3.6 ESTABILIDAD EXTERNA DEL DIQUE 109

3.6.1 POR VOLCAMIENTO 110

3.6.2 POR DESLIZAMIENTO 111

3.7 ASENTAMIENTOS 111

3.8 ESTABILIDAD DEL MURO ARMADO 112

3.8.1 MODELACION EN CONDICIONES ESTATICAS Y PSEUDOESTATICAS 112

3.9 SECUENCIA DE LLENADO ALTERNATIVA 3 113

3.10 ANEXOS ALTERNATIVA 3 126

6 ANEXOS 129

7 ANALISIS DE RODADUVIO -LAVADO DE NEUMÁTICOS- 129

7.1 CONSIDERACIONES DEL SISTEMA EN UN RELLENO SANITARIO 129

7.1.1 LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO. 130

7.1.2 TRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCIDA. 130

7.2 ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO 130

7.2.1 MANEJO DEL AGUA DE LAVADO 130

7.2.2 TIEMPOS DE ENTRADA Y SALIDA DE VEHÍCULOS 131

7.2.3 REQUERIMIENTOS DE ESPACIO 131

7.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 132

7.4 ANEXOS 132

CAP 03. EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES **133**

0000004

1 EVALUACIÓN: EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS DEL RELLENO SANITARIO INGA EMGIRS EP 133
1.1 INTRODUCCIÓN 133
1.2 OBJETIVOS 133
1.3 DESCRIPCION DE AMBIENTES: 133
1.4 ANEXOS 134

CAP 04. INGENIERÍAS. GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SUELOS 135

1 GENERALIDADES 135
1.1 INTRODUCCION 135
1.2 OBJETIVOS 135
1.2.1 OBJETIVO GENERAL 135
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 136
1.3 LOCALIZACIÓN 136
1.4 ALCANCE 138
1.5 MARCO NORMATIVO 138

2 CARACTERIZACIÓN GEOESFÉRICA 139
2.1 COMPONENTE GEOLÓGICO 139
2.1.1 METODOLOGÍA 139
2.1.2 DIGITALIZACIÓN 139
2.1.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN 139
2.1.4 RESUMEN GEOLÓGICO 140
2.1.5 GEOLOGÍA HISTÓRICA 140
2.1.6 GEOLOGÍA REGIONAL 140
2.1.7 GEOLOGÍA LOCAL 143
2.1.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 147
2.2 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO 149
2.2.1 MORFOGÉNESIS 150
2.2.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL 150
2.2.3 GEOFORMAS DE ORIGEN VOLCÁNICO 151
2.2.4 GEOFORMAS DE ORIGEN ANTRÓPICO 153

0000005

2.2.5 MORFOGRAFÍA 154

2.2.6 MORFOMETRÍA 154

2.2.7 MORFODINÁMICA 154

3 EXPLORACION DEL SUBSUELO 156

3.1 EXPLORACIÓN DIRECTA 156

3.1.1 PERSONAL Y EQUIPO 157

3.1.2 PERFORACIONES 159

3.1.3 APIQUES 169

3.1.4 EXPLORACIÓN INDIRECTA 171

3.1.5 PERSONAL Y EQUIPO 172

3.1.6 LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA 173

3.1.7 TOMOGRAFÍAS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 181

4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 187

4.1 DEFINICIÓN 187

4.2 ESTRATIGRAFÍA 187

4.3 DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS 188

5 PARAMETRIZACIÓN GEOTÉCNICA 189

5.1 RESULTADOS DE ENSAYOS 189

5.1.1 PROPIEDADES FÍSICA 190

5.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS 192

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS Y ROCAS EN EL ÁREA 192

5.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS 200

5.3.1 PESO UNITARIO EN RSU 201

5.3.2 ESFUERZO CORTANTE EN RSU 202

5.3.3 PRESIÓN DE POROS(RU) EN RSU 204

5.4 ACELERACIÓN SÍSMICA 205

6 BIBLIOGRAFÍA 207

7 ANEXOS 207

0000006

CAP 05. INGENIERÍAS. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS 208

1 GENERALIDADES 208

2 OBJETIVO GENERAL 208

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS 208

4 LOCALIZACIÓN 209

5 PERSONAL Y EQUIPO 209

5.1 PERSONAL 209

5.2 EQUIPO 209

6 ALCANCE DE TRABAJOS 209

6.1 RED DE CONTROL GEODÉSICA 209

6.1.1 EQUIPOS UTILIZADOS 209

6.1.2 VERIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EXISTENTES 210

6.1.3 UBICACIÓN DE RED DE CONTROL 211

6.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 214

6.2.1 CODIFICACIÓN DE PUNTOS. 215

6.2.2 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO. 216

6.2.3 TOMA DE DATOS PLANIMÉTRICOS. 220

6.2.4 PROCESAMIENTO DE DATOS 222

7 REGISTRO FOTOGRÁFICO 225

8 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PUNTOS GPS -HITOS MATERIALIZADOS 239

8.1 PUNTO GPS 1. 239

8.2 PUNTO GPS 2. 240

8.3 PUNTO GPS 3. 240

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 241

10 ANEXOS 241

CAP 06. INGENIERÍAS. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO 242

1 ANTECEDENTES. 242

2 OBJETIVO 242

3 ALCANCE DEL ESTUDIO 242

4 UBICACIÓN 242

5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO 243

6 MARCO TEÓRICO 243

6.1 TIPO DE FLUIDO. 244

6.2 LUGAR DE INSTALACIÓN 245

6.3 CAUDAL. 245

6.4 ALTURA DINÁMICA TOTAL (TDH). 246

6.4.1 ALTURA DE SUCCIÓN (H) 246

6.4.2 ALTURA DE IMPULSIÓN (H) 248

6.4.3 PERDIDAS DE CAGA (H_M) 248

6.4.4 DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA TUBERÍA DE BOMBEO: 250

6.5 CÁLCULO POTENCIA DE LA BOMBA. 250

7 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO 251

7.1 FASE 1 (CISTERNA-PISCINA 20) 251

7.2 FASE 2 (PISCINA 20-PISCINA UNIFICADA) 254

8 ESPECIFICACIONES TECNICAS: 257

8.1 FASE 2: 258

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 258

10 ANEXOS 259

11 BIBLIOGRAFIA. 259

CAP 07. INGENIERÍAS. ESTUDIOS ESTRUCTURALES 260

1 ANTECEDENTES 260

0000008

2 ALCANCE 260

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS 260

4 UBICACIÓN 260

5 CRITERIOS DE DISEÑO 261

5.1 CARGAS DE DISEÑO 261

5.2 MATERIALES 262

5.2.1 HORMIGONES 262

5.2.2 ACERO DE REFUERZO 262

5.2.3 ACERO ESTRUCTURAL 262

5.2.4 ACERO INOXIDABLE 262

5.3 CÓDIGOS UTILIZADOS 262

6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA 263

6.1 CISTERNA DE LIXIVIADOS 263

6.1.1 CARGAS EN CISTERNA DE LIXIVIADOS 265

6.1.2 NOMENCLATURA DE CARGAS: 266

6.1.3 COMBINACIONES DE CARGA: 267

6.1.4 CARGAS APLICADAS 267

6.2 VIGA TRANSVERSAL SOBRE PAREDES DE LA CISTERNA (APOYO DE COLUMNAS DE CUBIERTAS CURVAS) 272

6.2.1 CARGAS APLICADAS 273

6.3 CUBIERTA SOBRE CISTERNA DE LIXIVIADOS 275

6.3.1 DISEÑO DE PÓRTICOS 276

6.3.2 CARGAS CALCULADAS EN PÓRTICOS PRINCIPALES Y CUBIERTA 277

6.3.3 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA: 278

6.3.4 GRÁFICOS DEMANDA / CAPACIDAD 281

6.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 286

6.4 CUBIERTA METÁLICA ESTACIÓN DE BOMBEO 2 286

6.4.1 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA: 288

6.4.2 GRÁFICOS CAPACIDAD – DEMANDA 290

0000009

6.4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS 295

6.5 CUBIERTA METÁLICA CURVA SOBRE PISCINA DE LIXIVIADOS 295

6.5.1 DISEÑO DE PÓRTICOS 296

6.5.2 CARGAS CALCULADAS EN PÓRTICOS PRINCIPALES Y CUBIERTA 296

6.5.3 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA: 297

6.5.4 GRÁFICOS DEMANDA/CAPACIDAD 299

6.5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 302

6.6 CÁMARA DEL GENERADOR Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN 302

6.6.1 NOMENCLATURA DE CARGAS: 302

6.6.2 COMBINACIONES DE CARGA: 303

6.6.3 CONSIDERACIONES DE MATERIALES 303

6.6.4 CARGAS CALCULADAS 303

6.6.5 CARGAS APLICADAS 304

6.7 ESCALERA METÁLICA 310

6.7.1 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA: 312

6.7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS 316

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 317

8 ANEXOS 317

CAP 08. INGENIERÍAS. ESTUDIOS VIALES **318**

1 INTRODUCCIÓN. 318

2 PROPOSITO Y ALCANCE. 318

3 OBJETIVOS. 318

4 UBICACIÓN. 318

5 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO. 319

5.1 **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 319**

5.2 **CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 320**

5.2.1 CARRETERAS EN TERRENO PLANO 320

0000010

5.2.2 CARRETERAS EN TERRENO ONDULADO 320

5.2.3 CARRETERAS EN TERRENO MONTAÑOSO 320

6 NORMAS DE DISEÑO. 320

7 VELOCIDAD DE DISEÑO. 320

8 CLASE DE VÍA. 321

9 ALINEAMIENTO HORIZONTAL. 321

9.1 RADIO MÍNIMO DECURVAS HORIZONTALES 321

9.2 PERALTE 321

9.3 SOBREANCHO 321

9.4 RESUMEN DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL 321

10 ALINEAMIENTO VERTICAL. 323

10.1 PENDIENTE MÁXIMAS Y MÍNIMAS 323

10.2 DETERMINACION DE CURVAS VERTICALES 323

10.3 RESUMEN DE ALINEAMIENTO VERTICAL 324

11 SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS ADOPTADAS. 325

11.1 SECCIÓN TÍPICA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL 325

11.2 SECCIÓN TÍPICA VÍA OPERATIVA 326

12 OPERACIONES DE MANTENIMIENTO. 327

12.1 CAMINOS DE GRAVA Y SUELOS NATURALES 327

13 CANTIDADES DE OBRA. 327

13.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS 327

13.2 ESTRUCTURA DE CAPA DE RODADURA 328

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 328

15 ANEXOS 329

CAP 9. INGENIERÍAS. ESTUDIOS ELÉCTRICOS 330

0000011

1 ANTECEDENTES 330

2 UBICACIÓN 330

3 OBJETIVO 331

4 ALCANCE 331

5 DISEÑO ELÉCTRICO 331

5.1 DESCRIPCIÓN 331

5.2 IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO 331

5.3 LÍNEA DE MEDIO VOLTAJE 332

5.4 TRANSFORMADOR 333

5.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MONOFÁSICO PARA ALUMBRADO PUBLICO 336

5.6 RED DE BAJO VOLTAJE 336

6 SISTEMA DE MEDIDA 337

6.1 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES 337

6.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA TRANSFORMADOR 338

7 POZOS 339

8 SISTEMA DE GENERACIÓN DE EMERGENCIA 340

8.1 DIMENSIONAMIENTO 341

9 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSFERENCIA 341

10 CONTROL Y PROTECCIÓN PARA EQUIPOS HIDRÁULICOS Y/O MECÁNICOS 341

11 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR 342

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 343

13 ANEXOS 343

CAP 10. ARQUITECTURA Y PAISAJISMO 344

1 ASPECTOS GENERALES 344

1.1 INTRODUCCIÓN 344

2 MARCO NORMATIVO. 344

3 EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO. 344

3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 344

3.1.1 OBJETOGENERAL 345

3.1.2 ALCANCE 345

3.1.3 SITUACIÓN ACTUAL 345

3.1.4 VISITA TÉCNICA AL PROYECTO 345

3.2 FICHAS DE SEGUIMIENTO 346

3.3 DIAGNOSTICO 384

3.3.1 ANALISIS 384

3.4 OPORTUNIDAD DE MEJORA 384

4 RECICLAJE DE INFRAESTRUCTURA 385

4.1 RECICLAJE DE INFRAESTRUCTURAS OBSOLETAS 385

4.1.1 EL RECICLAJE Y LA REUTILIZACION 385

4.2 APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS 385

5 PAISAJISMO 386

5.1 CONSIDERACIONES 387

5.1.1 CAPA VEGETAL PROPUESTA 388

6 DISEÑO ARQUITECTÓNICO 389

6.1 EQUIPAMIENTO 389

6.2 PIEZAS DE EQUIPAMIENTO 391

7 ZONIFICACIÓN 393

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 396

9 BIBLIOGRAFIA 397

10 ANEXOS 397

CAP 11. INGENIERÍAS. ESTUDIOS AMBIENTALES Y DE RIESGOS 398

0000013

1 INTRODUCCIÓN 398
1.1 RESUMEN CAPITULOS DEL DIAGNOSTICO AMBIENTAL 399
1.1.1 BASE LEGAL INSTITUCIONAL 399
1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO NATURAL 399
1.1.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL 399
1.1.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 399
1.1.5 PRESUPUESTO ESTIMADO 400
1.2 BASE LEGAL 400
1.2.1 MARCO LEGAL Y NORMATIVO 400
1.2.2 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. 400
1.2.3 LEYES 400
1.2.4 REGLAMENTOS, ACUERDOS, ORDENANZAS. 403
1.2.5 CONVENIOS. 406
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO NATURAL – COMPONENTE FÍSICO 406
1.3.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOTECNIA 406
1.3.2 CLIMATOLOGÍA 411
1.3.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESOS 420
1.4 DESCRIPCIÓN DEL EScENARIO NATURAL. 423
1.4.1 AREA DE INFLUENCIA 423
1.5 POBLACIÓN A ATENDER 424
1.5.1 AFECTACIÓN DIRECTA. 424
1.6 POBLACIÓN BENEFICIARIA. 424
1.7 PROYECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 427
1.7.1 PRODUCCIÓN ESPERADA POR HABITANTE / DÍA (PPC) 428
1.7.2 PRODUCCIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS 431
1.9 CONDICIONES FÍSICAS, BIÓLOGICAS, SOCIALES. 434
1.9.1 RESUMEN DOCUMENTAL DE CONDICIONES DE FLORA EN EL RELLENO. 434
1.9.2 RESUMEN DOCUMENTAL DE SITUACIÓN DE FAUNA EN EL RELLENO. 434
1.9.3 COMPONENTE SOCIAL 437
2 EVALUACIÓN AMBIENTAL 441

0000014

2.1 EVALUACIÓN AMBIENTAL. 441

2.1.1 FORMULACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL 441

2.1.2 ANALISIS DE IMPACTOS 441

2.1.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS. 442

3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. 454

3.1 DISEÑO 455

3.2 CONSTRUCCIÓN 455

3.2.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS. 458

3.2.2 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS. 460

3.2.3 PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL. 461

3.2.4 PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS. 462

3.2.5 PLAN DE CONTINGENCIAS. 464

3.2.6 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO. 465

4 RIESGOS AMBIENTALES. 466

4.1 RIESGOS EXPUESTOS. 466

4.2 INCENDIOS Y EXPLOSIONES-ACUMULACIÓN DE BIOGÁS. 466

4.2.1 DEFINICIONES: 466

4.2.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES. 467

4.2.3 DURANTE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES. 467

4.2.4 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES. 468

4.3 DERRAMES-ACUMULACIÓN LIXIVIADOS. 468

4.3.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA DERRAMES. 468

4.3.2 DURANTE LA EMERGENCIA DERRAMES. 468

4.3.3 LUEGO DE LA EMERGENCIA DERRAMES. 469

4.4 DESLAVES, DERRUMBES-ESTABILIDAD 469

4.4.1 DESLIZAMIENTO DE TALUDES EN BASURA. 469

4.4.2 DESLIZAMIENTO DE TIERRAS. 469

4.4.3 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA. 469

4.4.4 DURANTE LA EMERGENCIA. 469

0000015

4.4.5 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA 470

4.5 ACCIDENTES. 470

4.5.1 DEFINICIONES: 470

4.5.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA ACCIDENTES. 470

4.5.3 DURANTE LA EMERGENCIA ACCIDENTES. 470

4.5.4 LUEGO DE LA EMERGENCIA ACCIDENTES. 471

4.6 DESASTRES NATURALES. 471

4.6.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES. 472

4.6.2 DURANTE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES. 472

4.6.3 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES. 472

4.7 ANTRÓPICOS. 473

4.7.1 DEFINICIONES: 473

4.7.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA CHOQUES. 473

4.7.3 COMO ACTUAR DURANTE LA EMERGENCIA CHOQUES. 473

4.7.4 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA CHOQUES. 473

4.7.5 HUELGAS, MANIFESTACIONES, LEVANTAMIENTOS POPULARES. 474

4.7.6 OPERACIONALES. (LLENADO DE CELDAS, ACUMULACIÓN DE DESECHOS) 475

4.8 ANÁLISIS DE EMERGENCIAS 475

4.8.1 METODOLOGIA DE TRABAJO 475

4.8.2 RESULTADOS DEL TRABAJO 478

CAP 12. INGENIERÍAS. ESTUDIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS **479**

1 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 479

1.1 RECONOCIMIENTO DEL SITIO DE INTERÉS 479

1.2 CONDICIONANTES Y LIMITANTES DEL DISEÑO 479

1.3 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE INTERÉS 479

1.4 EVALUACIÓN ZONA PROYECTADA PARA LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 480

1.5 DESARROLLO ALTERNATIVA 2 DISEÑO DEL DIQUE EN TERRAPLÉN 480

1.5.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO 480

1.5.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS 481

0000016

1.5.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL DIQUE 483

1.5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO 484

1.5.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS 497

2 ESTUDIOS DE DRENAJE Y MANEJO DE BIOGÁS 501

2.1 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS 501

2.2 TRATAMIENTO DE BIOGÁS 504

2.3 SISTEMA PROPUESTO DE CAPTURA 504

2.4 BIOGÁS DE RESIDUOS ANTIGUOS C6-C7-C8 506

3 ESTUDIOS DE DRENAJE Y MANEJO DE LIXIVIADO 508

3.1 PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO 508

3.2 SISTEMA MANEJO 516

3.3 ALMACENAMIENTO DE LIXIVIADO GENERADO 516

4 MODELACIÓN GEOTÉCNICA - ALTERNATIVA 2, SELECCIONADA 520

4.1 CAPACIDAD PORTANTE 520

4.1.1 METODOLOGÍA 520

4.1.2 CARGAS APLICADAS 521

4.2 ESTABILIDAD EXTERNA DEL DIQUE 522

4.2.1 POR VOLCAMIENTO 524

4.2.2 POR DESLIZAMIENTOS 524

4.3 ASENTAMIENTOS 524

4.3.1 ASENTAMIENTOS CALCULADOS EN TERRENO NATURAL 524

4.4 ESTABILIDAD DEL DIQUE 525

4.4.1 METODOLOGÍA DE MODELACIÓN DE ESTABILIDAD 526

4.4.2 MODELACIÓN EN CONDICIONES ESTÁTICA Y PSEUDOESTÁTICAS 527

4.4.3 DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN 527

4.5 ESTABILIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL 527

4.5.1 CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL ÁREA DE LLENADO TOTAL 528

4.5.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA VARIABLE RU 528

4.5.3 ESTABILIDAD DEFINITIVA 530

0000017

5 OBRAS PRELIMINARES 531
5.1 DISEÑO DE CISTERNA 531
5.1.1 ADECUACIÓN DE VÍAS, CISTERNAS Y DIQUE 531
5.1.2 CANALES DE AGUA LLUVIA, CISTERNAS Y DIQUE 531
5.1.3 CIMENTACIÓN DE CISTERNA 532
5.1.4 ESTABILIDAD DEL TALUD DE LA CISTERNA 532
5.1.5 EXCAVACIONES CISTERNA Y ESTRUCTURAS 532
5.2 VACIADO DE PISCINAS 532
5.3 RETIRO DE COBERTURA Y DESCAPOTE 533
5.4 CONFORMAR PLATAFORMA 533
5.5 SISTEMA DE DRENAJE DE LIXIVIADOS 533
5.6 FILTROS PRELIMINARES 534
5.7 INSTALACIÓN Y REALCE CHIMENEAS ANTIGUAS 534
5.8 ZANJAS DRENANTES 534
5.9 MONTAJE DE ZANJAS Y COLECTORES 534
5.10 PERFORACIÓN DE CHIMENEAS 534
5.11 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE BIOGÁS 535
6 INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEL VASO 535
6.1 PIEZÓMETRO DE HILO VIBRÁTIL 535
6.1.1 DISTRIBUCIÓN DE PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL 536
6.1.2 UBICACIÓN 537
6.2 PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO NUEVOS 537
7 DISEÑOS SECUNDARIOS (CUBETO 11) 538
8 DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN 538
9 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN 539
9.1 BARRERA GEOLÓGICA 539
9.2 GEOTEXTIL 541
9.3 GEOMEMBRANA 543
9.4 DRENAJE DE PISO 544

0000018

9.4.1 IMPERMEABILIZACIÓN DE CLAUSURA 546

9.5 SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS 547

9.6 SECUENCIA DE LLENADO 547

9.6.1 SECUENCIA DE LLENADO 548

10 RECOMENDACIONES 561

11 ANEXOS 562

CAP 13. PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA **563**

1 PRESUPUESTO 563

1.1 CONCEPTO DE TRABAJO (RUBROS) 563

1.2 COSTOS DIRECTOS. 563

1.2.1 BASES Y CRITERIOS 563

1.3 COSTOS INDIRECTOS. 563

1.3.1 BASES Y CRITERIOS 563

1.3.2 DESGLOSE DE LOS COSTOS 563

1.3.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL PRESUPUESTO. 564

1.4 REAJUSTE DE PRECIOS. 565

1.4.1 FÓRMULAS POLINÓMICAS. 565

1.4.2 FÓRMULAS CONTRACTUALES. 566

1.4.3 ÍNDICES. 567

1.4.4 COEFICIENTE DE COMPONENTES. 567

1.4.5 CÁLCULO DE VARIACIONES DE COSTO DE MANO DE OBRA. 568

2 PROGRAMACIÓN DE OBRA. 569

2.1 INTRODUCCIÓN. 569

2.2 TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN. 569

2.3 ETAPAS DE LA PROGRAMACIÓN. 569

2.4 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES. 569

2.5 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO. 570

2.6 RUTA CRÍTICA. 570

0000019

2.7 CURVA DE INVERSIONES. 570

3 ANEXOS 572

CAP 14. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO **573**

1 INTRODUCCIÓN 573

1.1 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS 573

1.1.1 GENERALIDADES 573

1.1.2 PLAYA DE DESCARGA 574

1.1.3 PROCEDIMIENTO DE DESCARGA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS 574

1.1.4 CONFORMACIÓN DE LA CELDA DIARIA 574

1.1.5 DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA 575

1.1.6 COBERTURA PARA LAS CELDAS 575

1.1.7 TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE COBERTURA FINAL, EN UN ESPESOR DE 0.40 M 576

1.1.8 OPERACIÓN DE DESCARGA DURANTE LA ESTACIÓN LLUVIOSA 576

1.1.9 MÉTODO DE COMPACTACIÓN 577

1.2 SISTEMA DE BOMBEO 577

INDICE DE TABLAS 580

INDICE DE FIGURAS 591

0000020

CAP01. INFORME DE ANÁLISIS DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017.

1 INTRODUCCIÓN

Los términos de referencia de la consultoría, proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA."; establece lo siguiente los siguientes entregables, para el componente: evaluación de la consultoría 2017, así:

1.1 ENTREGABLES.

[…] Revisará la consultoría del 2017, "Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario del Distrito Metropolitano de Quito"; y, basado en dicha revisión elaborará el respectivo informe, mismo que contendrá los resultados del análisis realizado con los sustentos técnicos correspondientes, el informe además incluirá las respectivas conclusiones y recomendaciones.

1.2 ESTUDIOS DE INGENIERÍA.

El Consultor realizará la recopilación, análisis y evaluación de la información existente relacionada con estudios efectuados en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito, de acuerdo a la consultoría del año 2017. La EMGIRS - EP proporcionará la información disponible en sus archivos.

La EMGIRS - EP realizó un análisis del estudio, por el cual se determina que, existen temas y rubros que deben ser actualizados, dando como resultado que se convoque a esta consultoría y adicionalmente, se presente otra alternativa que permita definir la mejor alternativa para la construcción y operación del cubeto 11; por lo que, el Consultor analizará este estudio, el mismo que deberá ser plasmado en un informe resumen, que indique la validez, contenido y alcance de dicha información, con miras a determinar su aplicabilidad durante la realización de los nuevos estudios. Para establecer dicha validez, la EMGIRS - EP proporcionará la información disponible en sus archivos.

1.3 PRODUCTOS O SERVICIOS ESPERADOS

Informe de análisis de la consultoría elaborada por el Ing. Ramiro Viñán en el año 2017. 3%

Por tal motivo se elabora el presente informe basado en el requerimiento contractual y los registros existentes, proporcionados por la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP.

2 REQUERIMIENTOS Y ALCANCES.

2.1 INFORME TÉCNICO MOTIVADO 31/01/2022, PROCESO CPC-EMGIRS-001-2022

El numeral 6. METODOLOGÍA DE TRABAJO, los términos de referencia del proceso CPC-EMGIRS-001-2022, señala que: "*el Consultor deberá contemplar las observaciones técnicas descritas en el presente documento, con relación a las inobservancias técnicas por parte de la consultoría entregada en el*

2017, que han sido detalladas en el informe de motivación, Justificación Técnica; para que sean consideradas en el diseño de la alternativa óptima".

De acuerdo al documento 27187216, conteniendo el INFORME TECNICO MOTIVADO, el cual constituye parte integrante del proceso CPC-EMGIRS-001-2022, se tiene el siguiente detalle en la parte correspondiente a la justificación técnica:

2.1.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Al revisar los estudios, existe información que se debe actualizar y otra que no está completa lo que dificulta la construcción del cubeto 11, por lo cual es necesario complementar información a detalle de las especificaciones técnicas, planos, desagregación tecnológica, precios unitarios y metodología constructiva lo cual podrá desarrollar la obra de mejor manera y evitar problemas en su construcción.

Por lo complejo de la operación del Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito "El Inga", es necesario valorar el área que corresponde a los volúmenes de llenado del cubeto 11 y del domo final del mismo, con el objeto de garantizar la estabilidad de los residuos sólidos a disponer, además de la que genere el consultor.

Es importante indicar que debido a la acumulación de lixiviados y hasta que se pueda realizar el tratamiento de los mismos se pueda contar con un lugar de almacenamiento temporal, el cual permita captar los lixiviados que actualmente se generan de los Cubetos 6, 7, 8, 9A y 9B, y así evitar el desborde de los lixiviados.

Dado el tiempo transcurrido desde la realización de los estudios, se considera que las características al interior del relleno cambiaron debido a la producción de lixiviado e infiltración de aguas lluvias, y entrampamientos de gas, lo cual genera vacíos y sobre hidratación de los materiales confinados, situación que incidiría en la estabilidad de los cubetos que son parte o base del cubeto 11.

La Consultoría del 2017 no identifica como se va realizar la operación de disposición en el cubeto 11 y el llenado del domo final del mismo, puesto que no hay un diseño de su proceso de llenado.

Dentro de este aspecto, es decir el plan de llenado, tampoco se incluye la vía de acceso principal o secundarias (operativas) que se necesiten para un correcto acceso hasta las áreas operativas, durante la explotación de su vida útil.

Por otro lado, los estudios entregados no contemplan el dimensionamiento del sistema de bombeo de lixiviados, ni el análisis eléctrico y otros insumos para su correcta operación, motivo por el cual la información sobre este tema es incompleta y no se puede implementar.

En el estudio realizado en el año 2017 no se incluye el método constructivo del dique, mismo que es fundamental para la estabilidad, no solo del cubeto 11 y su domo final, sino de los cubetos que formarán el domo final total del Relleno sanitario. Además, que la magnitud de dicho cubeto requiere un método constructivo específico.

Al respecto en el presupuesto se hace referencia al rubro "FIV-030: Relleno compactado mecanizado con material de sitio, capas de 20 cm." sin embargo, no se adjunta la especificación técnica del mismo, ni de los materiales a utilizar por lo que no se podría realizar la construcción de este dique debido a la poca información generada en el estudio anterior.

0000022

No se incluye los temas eléctricos durante la operación del relleno, en los cuales deberán incluir temas de alumbrado nocturno y el de cableado eléctrico para el suministro energético de diferentes equipos que se necesitan para la operación diaria del relleno.

Todo lo descrito anteriormente justifica claramente la necesidad de actualizar y complementar los estudios realizados en el año 2017, los cuáles no pueden ser actualizados por el mismo consultor por cuanto ha fallecido.

2.2 MARCO CONTRACTUAL CONSULTORÍA 2017

En el portal de compras públicas, se puede apreciar los datos relevantes del proceso, así:

2.2.1 INFORMACIÓN ESENCIAL DEL PROCESO DE CONTRATACIÓN

- Entidad Contratante EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
- Código del Proceso: LCC-EMGIRS-01-2017
- Objeto de Contratación: CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
- Tipo de Compra: Consultoría
- Tipo de Procedimiento: Lista corta
- Presupuesto Referencial: $ 163,960.10
- Anticipo Porcentaje: 30.00 %
- Valor: $ 49,188.03
- Saldo Porcentaje: 70.00 %
- Valor: $ 114,772.07
- Plazo de entrega: 90 días

2.2.2 INFORMACIÓN DE ADJUDICACIÓN

- #RUC: 1101797882001
- Nombre del Adjudicatario: VIÑAN LUDEÑA RAMIRO LEONARDO
- Fecha de Adjudicación: 2017-03-28
- Monto de Adjudicación: ($)154,532.29

2.2.3 INFORMACIÓN DEL CONTRATO

- #RUC: 1101797882001
- Razón Social: VIÑAN LUDEÑA RAMIRO LEONARDO
- Monto Contractual: ($)154,532.29
- Plazo Contractual: 90 (días)
- Pago Contra Entrega: NO
- Renuncia de Anticipo: NO
- Porcentaje: (%)30.00
- Valor: ($)46,359.69
- El Contrato inicia en: Fecha de Suscripción de Contrato
- Fecha de Suscripción del Contrato: 2017-04-17
- Fecha de notificación de disponibilidad de anticipo: 2017-05-02
- Fecha de otra condición de acuerdo a la naturaleza del contrato: -
- Número de entregas parciales: Entrega Definitiva
- Fecha Prevista de Terminación de Contrato: 2017-07-16
- Administrador del Contrato: JESSYCASTILLO - CASTILLO RODRÍGUEZ JESSICA ISABEL

2.3 OBJETIVOS CONTRACTUALES CONSULTORÍA 2017

En la sección 3. OBJETIVOS, página 3 de los términos de referencia, se detallan los objetivos generales del proceso:

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas Optimas aprovechables para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario del Distrito Metropolitano de Quito.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de prefactibilidad para determinar las áreas optimas aprovechables destinadas para la disposición final de los RSU,
- el cual incluya un levantamiento general topográfico, planimétrico y altimétrico del Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito, entre otros aspectos que permitan determinar si es procedente continuar con las siguientes fases de la consultoría.

- Determinar la factibilidad de la consultoría en base a los estudios de prefactibilidad de las áreas de implantación de los nuevos sitios destinadas para la disposición final de los RSU.
- Obtener los diseños definitivos de ingeniería de los nuevos sitios.

2.4 PRODUCTOS ESPERADOS CONSULTORÍA 2017

En la sección 6. PRODUCTOS ESPERADOS, página 8 de los términos de referencia, se detallan los productos esperados del proceso:

La contratista deberá entregar los siguientes productos entregables:

- **Producto 1: Estudio de Prefactibilidad**. - Resultados de las actividades detalladas en el literal 5 Metodología de Trabajo y alcance de la presente consultoría.
- **Producto 2: Estudio de Factibilidad**. - Resultados de las actividades detalladas en el literal 5 Metodología de Trabajo y alcance de la presente consultoría.
- **Producto 3: Diseños Definitivos e Informe Final** - Resultados de las actividades detalladas en el literal 5 Metodología de Trabajo y alcance de la presente consultoría.

Como se puede apreciar en general, el capítulo solicita referenciarse al capítulo de la metodología, el mismo que señala lo siguiente:

2.4.1 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1. El contratista deberá presentar el análisis y evaluación preliminar de la información disponible o entregada por la EMGIRS-EP.
2. Método de disposición
3. La capacidad de los nuevos cubetos de disposición final de RSU en el Relleno Sanitario del DMQ.
4. Estudio Hidrológico, Meteorológico y Edafológico
5. Plano topográfico con los respectivos Bms, con detalles de accidentes geográficos.
6. Informe topográfico en formato impreso, incluyendo la libreta topográfica y Bms.
7. Metodología del levantamiento utilizado de acuerdo a la morfología del Relleno Sanitario. La metodología indicará como mínimo la ubicación de los Bms de arranque, los mismos que serán materializados con hitos en el terreno en las coordenadas UTM ubicadas por el Instituto Geográfico Militar u obtenidos de datos directos dados por el contratante
8. Área total levantada con la delimitación de los bordes de cubetos existentes y áreas de las nuevas zonas a disponer.
9. Demarcación de las zonas a intervenir para los nuevos sitios de disposición de los RSU.
10. Ubicación de los nuevos cubetos

11. Estudio de Mecánica de Suelos.

2.4.2 ETAPA DE FACTIBILIDAD

12. Proyección de RSU a disponer diariamente en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito con proyección a 15 años.
13. Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios con proyección a 15 años
14. Compactación de los RSU, técnicamente en base a la maquinaria disponible actualmente.
15. Métodos de sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)
16. Capacidad volumétrica de los nuevos cubetos para disposición de los RSU.
17. Manual de operación de Disposición Final de residuos y mantenimiento.
18. Método constructivo del sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)
19. Memorias de cálculos del proyecto de movimiento de tierras, producción de gas y lixiviados (caudal estimado), cunetas y cunetas de conducción, estructurales de todos los elementos.
20. Cálculo de la cantidad de material de cobertura.
21. Cálculo de la cantidad de cobertura diaria e intermedia y método de ejecución.
22. Cálculo de Cobertura final y método de ejecución.
23. Métodos de compactación de los RSU y maquinaria requerida.
24. Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios
25. Sistemas de captación de biogás considerando el método de tratamiento actual.
26. Sistemas de captación y drenaje de aguas superficiales, aguas lluvias, y subsuperficiales de requerirse.
27. Control de aguas subterráneas.
28. Cantidades de obra
29. Presupuesto referencial
30. Análisis de precios unitarios
31. Las planillas de hierros de todas las estructuras.
32. Cronograma valorado de trabajo con el método de la Ruta Crítica
33. Especificaciones Técnicas de los rubros a ejecutarse.

34. Estudio de estabilidad de estructuras afectadas por las nuevas zonas de disposición (diques, taludes y masas)

2.4.3 DISEÑOS DEFINITIVOS:

35. En esta etapa se entregarán todos los cálculos, diseños y planos constructivos necesarios para llevar a cabo la construcción o ejecución y puesta en operación del proyecto, de conformidad con lo establecido en el análisis técnico de los ítems y opciones seleccionadas en el estudio de factibilidad y un informe final de toda la consultoría.

NOTA: El contratista conjuntamente con el Administrador del Contrato, revisarán cada 8 días el avance de los productos, donde se realizarán las observaciones que sean pertinentes, a fin de asegurar que, en la fecha de entrega de los productos, éstos cuenten con la información y contenido requerido, a entera satisfacción de la entidad contratante.

3 ANÁLISIS DE ENTREGABLES DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017.

Establecidos los objetivos, el alcance y los entregables solicitados dentro del marco contractual de la consultoría 2017, se procede a analizar los entregables, con las siguientes consideraciones de base, así:

- El proceso, se realizó en el 2017, por tanto, las condiciones y elementos que fueron considerados, no se corresponden con la realidad actual. Esta realidad, por si sola, no permite profundizar en los procesos de revisión, para realizar contrastación y comparación; sin embargo, se analizarán los entregables, dentro del criterio técnico, teniendo como marco y preámbulo que la consultoría contó con un Administrador de contrato, que, de acuerdo a los términos de referencia, realizó el seguimiento y revisión respectivo, cada 8 días.

- La EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP, lastimosamente, NO DISPONE DE INFORMACIÓN COMPLETA DE LA CONSULTORÍA 2017. Lo disponible, y entregado, son planos incompletos, en formato imagen, y planos escaneados de copias, en formato PDF. Los planos se muestran incompletos, ilegibles varios de ellos; en cuanto a los documentos, siguen el mismo patrón.

Los productos definitivos son escaneados en blanco y negro, de copias impresas, precios unitarios ilegibles, las numeraciones de los anexos no se corresponden, y, en general no prestan condiciones, para un análisis técnico profundo.

3.1 ANÁLISIS DE CONTENIDO, Y ALCANCE DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017.

Se procede al análisis del contenido, tomando en consideración los documentos base, publicados durante el proceso CPC-EMGIRS-001-2022, por la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP, para la realización de esta consultoría, que son:

1. Anexo etapa Prefactibilidad: Anexo 3
2. Anexo etapa Factibilidad: Anexo 2
3. Anexo etapa Diseño Definitivo: Anexo 4

TABLA 01. ***ANALISIS DE CONTENIDO CONSULTORÍA 2017***

ENTREGABLE	**PÁGINA**	**CUMPLE**
ETAPA DE PREFACTIBILIDAD		
1. El contratista deberá presentar el análisis y evaluación preliminar de la información disponible o entregada por la EMGIRS-EP.	Cap. 2.2 Pág. 31 Cap. 3.2.7 Pág. 41	SI
2. Método de disposición	Cap. 4.9 Pág. 22	SI
3. La capacidad de los nuevos cubetos de disposición final de RSU en el Relleno Sanitario del DMQ.	Cap. 4.8 Pág. 22	SI
4. Estudio Hidrológico, Meteorológico y Edafológico	Anexo 2 Pág. 177	SI
5. Plano topográfico con los respectivos Bms, con detalles de accidentes geográficos.	Anexo 1 Pág. 26	SI
6. Informe topográfico en formato impreso, incluyendo la libreta topográfica y Bms.	Anexo 1 Pág. 26 Anexo 12	SI
7. Metodología del levantamiento utilizado de acuerdo a la morfología del Relleno Sanitario. La metodología indicará como mínimo la ubicación de los Bms de arranque, los mismos que serán materializados con hitos en el terreno en las coordenadas UTM ubicadas por el Instituto Geográfico Militar u obtenidos de datos directos dados por el contratante	Cap. 3 Pág. 31	SI

8. Área total levantada con la delimitación de los bordes de cubetos existentes y áreas de las nuevas zonas a disponer.	Cap. 3.2.4 Pág. 36 (1)	SI
9. Demarcación de las zonas a intervenir para los nuevos sitios de disposición de los RSU.	Pág. 6 (2)	SI
10. Ubicación de los nuevos cubetos	Planos: - 0.1.pdf - 0.2.pdf - 1.1.pdf - 1.2.pdf - 1.3.pdf - 1.4.pdf - 1.5.pdf - 2.1.pdf - lix 3.2.pdf - lix 3.3.pdf - lixi 3.1.pdf - EMGIRS-EP 003 Modelación Aprovech. V1 [12-20]_page-0001-0009 (3)	SI
11. Estudio de Mecánica de Suelos.	Anexo 13, entregado (contiene el anexo de mecánica de suelos, anexo 3)	SI
ETAPA DE FACTIBILIDAD		

12. Proyección de RSU a disponer diariamente en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito con proyección a 15 años.	Cap. 1 Pág. 15	SI
13. Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios con proyección a 15 años	Cap. 6 Pág. 59	SI
14. Compactación de los RSU, técnicamente en base a la maquinaria disponible actualmente.	Cap. 3.1 Pág. 24	SI
15. Métodos de sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)	Cap. 7 Pág. 65	SI
16. Capacidad volumétrica de los nuevos cubetos para disposición de los RSU.	Cap. 3 Pág. 23	SI
17. Manual de operación de Disposición Final de residuos y mantenimiento.	Cap. 9 Pág. 82	SI
18. Método constructivo del sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)	Cap. 9 Pág. 132	SI
19. Memorias de cálculos del proyecto de movimiento de tierras, producción de gas y lixiviados (caudal estimado), cunetas y cunetas de conducción, estructurales de todos los elementos.	Cap. 4 Pág. 51	SI
20. Cálculo de la cantidad de material de cobertura.	Cap. 3.4 Pág. 40	SI
21. Cálculo de la cantidad de cobertura diaria e intermedia y método de ejecución.	Cap. 3.4 Pág. 40	SI
22. Cálculo de Cobertura final y método de ejecución.	Cap. 3.4.2	SI

	Pág. 44	
23. Métodos de compactación de los RSU y maquinaria requerida.	Cap. 3.3.2 Pág. 36	SI
24. Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios	Cap. 6.1.3 Pág. 62 Planos C10 en PDF: - lix 3.2.pdf - lix 3.3.pdf - lixi 3.1.pdf - ANEXO 23 - DISEÑO TANQUE PISCINA MBR - PLANTA DRENAJE LIXIVIADO. JPG	SI
25. Sistemas de captación de biogás considerando el método de tratamiento actual.	Cap. 5.1 Pág. 54	SI
26. Sistemas de captación y drenaje de aguas superficiales, aguas lluvias, y subsuperficiales de requerirse.	Cap. 8 Pág. 73	SI
27. Control de aguas subterráneas.	(4)	SI
28. Cantidades de obra	Cap. 12 Pág. 205	SI
29. Presupuesto referencial	Cap. 12 Pág. 205	SI
30. Análisis de precios unitarios	Cap. 12 Pág. 205	SI

31. Las planillas de hierros de todas las estructuras.	Cap. 10 Pág. 150 (5)	SI -PARCIAL-
32. Cronograma valorado de trabajo con el método de la Ruta Crítica	Cap. 12.11 Pág. 217	SI
33. Especificaciones Técnicas de los rubros a ejecutarse.	Cap. 13 Pág. 385	SI
34. Estudio de estabilidad de estructuras afectadas por las nuevas zonas de disposición (diques, taludes y masas)	Cap. 11.4 Pág. 194 (6)	SI
DISEÑOS DEFINITIVOS:		
35. En esta etapa se entregarán todos los cálculos, diseños y planos constructivos necesarios para llevar a cabo la construcción o ejecución y puesta en operación del proyecto, de conformidad con lo establecido en el análisis técnico de los ítems y opciones seleccionadas en el estudio de factibilidad y un informe final de toda la consultoría.	Anexo 4 Contiene el Informe definitivo.	SI -PARCIAL-

Fuente: Elaborado por el Consultor, en base a los requerimientos de la consultoría 2017.

(1) El consultor 2017, indica que: "*los bordes superiores se encuentran enterrados bajo las celdas de operación, imposibilitando así la delimitación mediante topografía convencional*".

(2) El consultor 2017, *indica que, esta información consta en los planos R001: 03/06, sin embargo, esta información no ha sido remitida a esta consultoría para constatación, por parte de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP; Al tener un acta de entrega definitiva firmada, se asume como entregada.*

(3) En los planos presentados, entregados, se puede apreciar coherencia en cuanto a la ubicación georeferenciada del cubeto 10 y 11

(4) Los estudios no muestran presencia de aguas subterráneas a ser captadas.

(5) El diseño estructural y plano, corresponde al tanque de reserva del cubeto10 únicamente, no se encuentra entre los anexos y justificativos, diseño estructural del tanque de reserva para el cubeto 11.

(6) Los parámetros considerados, han variado, ya al momento, no son verificables. Se tiene consideraciones más detalladas en los capítulos siguientes de este informe.

Realizado el registro y análisis de toda la información, se hace aún más evidente la ausencia de planos en la información entregada al consultor por parte de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP. Los planos son sin duda, un elemento indispensable para continuar una evaluación a nivel de detalle. Sin la totalidad de planos, en formato AutoCAD, o PDF legible, anexos ordenados y demás documentos, no se puede comprobar que la información, marcada como parcial, fue entregada en su momento; o, en efecto, se presente como información faltante.

3.2 ANÁLISIS DE VALIDEZ Y APLICABILIDAD, DE LA CONSULTORÍA ELABORADA POR EL ING. RAMIRO VIÑÁN EN EL AÑO 2017.

Tal como lo establecen, los términos de referencia y el documento 27187216, conteniendo el INFORME TECNICO MOTIVADO, el cual constituye parte integrante del proceso CPC-EMGIRS-001-2022, las condiciones de base, que fueron consideradas en el estudio 2017, se han modificado. Entre las principales se pueden detallar:

a) Acumulación de lixiviados y aguas lluvias, sobrehidratación de residuos confinados.

b) Entrampamientos de gas.

c) De acuerdo a los términos de referencia, página 5: "*Dado el tiempo transcurrido desde la realización de los estudios, se considera que las características geomorfológicas, presión interna de poro, saturación de la masa del RSQ, entre otras, cambiaron debido a asentamientos por degradación de la fracción orgánica y carga inducida por la utilización de espacios no planificados, que en su momento fue necesario utilizarlos al no haber finalizado trabajos en Cubetos anteriores*".

La modificación de parámetros y condiciones de base, obligan (por si solos), a la actualización y complementación de los estudios, que en su momento eran válidos y aplicables.

Se debe considerar que han transcurrido, 5 años desde la consultoría del Ing. Ramiro Viñán, en un proyecto que presenta una dinámica amplia, en cuanto a avance, no obstante, se tiene elementos que han mantenido vigencia, siempre y cuando sean consideradas dentro del contexto indicado:

- **VALIDEZ.** La información fue generada de manera técnica, estructurada, por un equipo técnico (laboratorios, profesionales), que, en su momento fue controlado y tuvo un seguimiento por parte de un Administrador de Contrato. Esta consideración es independiente de su vigencia actual.

- **APLICABILIDAD**. Se puede implementar, o incorporar a la actual consultoría, conforme lo solicitado en los Términos de Referencia del proceso CPC-EMGIRS-001-2022; siempre considerando las actualizaciones necesarias.

TABLA 02. ***ANALISIS DE VALIDEZ Y APLICABILIDAD, CONSULTORÍA 2017***

ENTREGABLE	**VALIDEZ Y APLICABILIDAD ACTUAL**
ETAPA DE PREFACTIBILIDAD	
1) El contratista deberá presentar el análisis y evaluación preliminar de la información disponible o entregada por la EMGIRS-EP.	Válido, No aplicable. Requiere actualización.
2) Método de disposición	Válido y aplicable.
3) La capacidad de los nuevos cubetos de disposición final de RSU en el Relleno Sanitario del DMQ.	Válido y aplicable. Requiere ser actualizado con datos de entrada disponibles y consideraciones adicionales.
4) Estudio Hidrológico, Meteorológico y Edafológico	Válido y aplicable. Incorporando datos actualizados, al mismo.
5) Plano topográfico con los respectivos Bms, con detalles de accidentes geográficos.	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización. Se puede tomar como referencia.
6) Informe topográfico en formato impreso, incluyendo la libreta topográfica y Bms.	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización.
7) Metodología del levantamiento utilizado de acuerdo a la morfología del Relleno Sanitario. La metodología indicará como mínimo la ubicación de los Bms de arranque, los mismos que serán materializados con hitos en el terreno en las coordenadas UTM ubicadas por el Instituto Geográfico Militar u obtenidos de datos directos dados por el contratante	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización.
8) Área total levantada con la delimitación de los bordes de cubetos existentes y áreas de las nuevas zonas a disponer.	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización de las zonas de disposición usadas.
9) Demarcación de las zonas a intervenir para los nuevos sitios de disposición de los RSU.	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización de las zonas de disposición usadas.

10) Ubicación de los nuevos cubetos	Válido, no aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización de las zonas de disposición usadas.
11) Estudio de Mecánica de Suelos.	Válido, con observaciones. No aplicable. Se puede usar datos de perforaciones, para cotejar y contrastar datos nuevos.
ETAPA DE FACTIBILIDAD	
12) Proyección de RSU a disponer diariamente en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito con proyección a 15 años.	Válido, aplicable a las actuales condiciones, requiere incorporar datos últimos de generación
13) Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios con proyección a 15 años	Válido, no aplicable a las actuales condiciones. Se tiene asentamientos, y diferente configuración que impiden su aplicabilidad.
14) Compactación de los RSU, técnicamente en base a la maquinaria disponible actualmente.	Válido, aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización, en vista que se dispone de nueva maquinaria.
15) Métodos de sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)	Válido, las condiciones actuales, requieren un nuevo esquema o configuración.
16) Capacidad volumétrica de los nuevos cubetos para disposición de los RSU.	Válido el cálculo, no aplicable a las condiciones actuales.
17) Manual de operación de Disposición Final de residuos y mantenimiento.	Válido, aplicable a las actuales condiciones, con observaciones y adecuaciones.
18) Método constructivo del sistema de impermeabilización artificial de fondo (material sintético)	Válido, aplicable a las actuales condiciones, requiere actualización, en vista que se implementará un nuevo sistema y nuevo material sintético.
19) Memorias de cálculos del proyecto de movimiento de tierras, producción de gas y lixiviados (caudal estimado), cunetas y cunetas de conducción, estructurales de todos los elementos.	Válido, no aplicable a las condiciones y producción actuales.

20) Cálculo de la cantidad de material de cobertura.	Válido, no aplicable a las condiciones y producción actuales.
21) Cálculo de la cantidad de cobertura diaria e intermedia y método de ejecución.	Válido, no aplicable a las condiciones y producción actuales.
22) Cálculo de Cobertura final y método de ejecución.	Válido, no aplicable a las condiciones y producción actuales.
23) Métodos de compactación de los RSU y maquinaria requerida.	Válido, no aplicable a las condiciones actuales, en vista que se tiene un nuevo rodillo compactador. Requiere consideraciones de peso diferente.
24) Sistemas de captación y transporte de lixiviados de fondo y en niveles intermedios	Válido, no aplicable a las actuales condiciones. Se tiene asentamientos, y diferente configuración que impiden su aplicabilidad.
25) Sistemas de captación de biogás considerando el método de tratamiento actual.	Válido, no aplicable a las actuales condiciones. Se tiene asentamientos, y diferente configuración que impiden su aplicabilidad.
26) Sistemas de captación y drenaje de aguas superficiales, aguas lluvias, y subsuperficiales de requerirse.	Válido, no aplicable, pues se tendrá una nueva configuración de bermas.
27) Control de aguas subterráneas.	No establecido, no se tenían aguas subterráneas de acuerdo a los estudios.
28) Cantidades de obra	Válido, no aplicable.
29) Presupuesto referencial	Válido, no aplicable.
30) Análisis de precios unitarios	Válido, no aplicable. Requiere actualizar precios de componentes, estructura de precios unitarios puede mantenerse
31) Las planillas de hierros de todas las estructuras.	Válido, no aplicable.
32) Cronograma valorado de trabajo con el método de la Ruta Crítica	Válido, no aplicable.

33) Especificaciones Técnicas de los rubros a ejecutarse.	Válido, aplicable. Complementarse y adaptarse de acuerdo nuevos rubros.
34) Estudio de estabilidad de estructuras afectadas por las nuevas zonas de disposición (diques, taludes y masas)	Válido, no aplicable. Se tiene observaciones específicas, respecto de este componente.
DISEÑOS DEFINITIVOS:	
35) En esta etapa se entregarán todos los cálculos, diseños y planos constructivos necesarios para llevar a cabo la construcción o ejecución y puesta en operación del proyecto, de conformidad con lo establecido en el análisis técnico de los ítems y opciones seleccionadas en el estudio de factibilidad y un informe final de toda la consultoría.	Válido, con observaciones. Se ejecutó de acuerdo a los entregables solicitados y necesarios en el momento de ejecución de la consultoría. Actualmente requieren actualización y complementos. Aplicable, con consideraciones de actualización y complementos.

Fuente: Elaborado por el Consultor, en base a los requerimientos de la consultoría 2017.

Establecido el detalle anterior, queda claro que la Consultoría 2017, Proceso LCC-EMGIRS-01-2017, con objeto de Contratación: "CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO"; posee elementos válidos, en su momento y en su ámbito de aplicación. Su aplicabilidad en el presente proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA."; se sujetará a una actualización de las condiciones de diseño, y demás componentes específicos, con modificación estructural de forma o de fondo de requerirse.

Como ya se mencionó, se analizará con mayor profundidad, el componente 34 de la consultoría 2017: "Estudio de estabilidad de estructuras afectadas por las nuevas zonas de disposición (diques, taludes y masas)"; por considerarse un componente de importancia primordial.

Complementariamente, y, en consideración que el proyecto relleno sanitario, tiene implicaciones relacionadas enteramente al tema ambiental, también se analizará el cumplimiento para este componente en los capítulos siguientes.

3.3 ANÁLISIS DEL COMPONENTE: ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR LAS NUEVAS ZONAS DE DISPOSICIÓN (DIQUES, TALUDES Y MASAS), CONSULTORÍA DEL 2017.

3.3.1 INTRODUCCION.

El presente informe se realiza con el fin de generar una revisión de la información suministrada en la Consultoría del 2017 y, reconocer algunos aspectos, que, pueden indicar que el diseño en cuanto a geotecnia no consideró la normatividad, ni limitantes espaciales, mencionando entre otros los estudios de campo, la topografía, los estudios de laboratorio, la sísmica y modelación de estabilidad con cálculo de factor de seguridad para el dique del cubeto 11 y su domo final.

Se resaltan los pocos estudios realizados en la zona de estudio, siendo el de refracción sísmica uno de los estudios más relevantes para elaborar un buen diseño de estabilización de taludes, máxime, teniendo en cuenta la implantación de un dique. Con base en esta realidad, se determina que varios datos obtenidos son mediante correlaciones que no tienen una base sólida y su porcentaje o margen de error es muy alto, incumpliendo con algunos segmentos presentados en la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Para el caso de los resultados obtenidos a partir de dichos estudios, encontramos que son insuficientes para una completa caracterización del suelo, y por lo tanto los diseños son cuestionables pues no cuentan con una base sólida para elaborar el análisis de fuerzas actuantes en el sistema versus fuerzas resistente, indicando entre otros factores limitantes al diseño como son el box culvert (o paso tipo alcantarilla encajonada); que debe ser tenido en cuenta en su diseño inicial, para evitar el colapso de este sector eliminando el drenaje natural de la escorrentía aledaña.

La CONSULTORIA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017, no define las condiciones de cimentación para el dique a construir, y generó un modelo de lleno sin contemplar las condiciones actuales de saturación del vaso por lo cual se recomienda una revaloración y análisis más detallado de la viabilidad siendo uno de los detalles más importantes que faltan en el registro, dando a entender que posiblemente no se definió una real cimentación de esta estructura.

3.3.2 ESTUDIO DE SUELOS.

Los estudios de suelos se efectúan teniendo en cuenta las normas NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, en la que se demandan unas obligaciones para realizar un debido estudio según la estructura y características del proyecto a implantar, de acuerdo a la NEC en el capítulo de Geotecnia y Cimentaciones NEC – SE – GC, se debe realizar una caracterización geotécnica del subsuelo en el área de estudio, que se divide en varias áreas o etapas:

- Etapa de información previa, que consta de la verificación de la geología, el clima, la vegetación, los estudios anteriores y las edificaciones vecinas y otros aspectos que el ingeniero geotécnico considere necesarios.

- Etapa de exploración de campo, utilizando métodos de exploración directa tales como calicatas, veletas, cono estático (CPT), dilatómetro, ensayo de penetración estándar (SPT) e indirecta como sondeos eléctricos verticales (SEV), sísmica de refracciones (LRS), ReMi, Análisis

0000038

Espectral de ondas Superficiales obtener una descripción de las características etapa de estudio geotécnico definitivo, también es importante reconocer en campo el nivel de aguas subterráneas (freáticas o piezométricas).

- Etapa de ensayos de laboratorio, mediante la obtención de muestras representativas en campo se realizan los ensayos para obtener los parámetros del subsuelo y realizar la clasificación de las propiedades físicas y geomecánicas del subsuelo, etapa de estudio geotécnico definitivo, en el que se define el comportamiento que va a tener el suelo, (NEC).

3.3.2.1 EXPLORACIÓN DIRECTA E INDIRECTA

Realizando la revisión de los estudios CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017, se detectan las variables o criterios utilizados por el Ingeniero Geotécnico del proyecto, en el que se indica el número de ensayos realizados en campo, siendo estos: Perforaciones por percusión o SPT (cuatro) como estudios directos (Figura 1) y Sondeos eléctricos verticales o SEV (cuatro) como estudios indirectos (Figura 2) , dando a entender que se está clasificando el proyecto en la categoría ALTA o ESPECIAL (Tabla 03); en ellos se realiza un registro de las propiedades encontradas en las muestras utilizando el método de clasificación manual visual.

FIGURA 01. **UBICACIÓN DE PERFORACIONES.**

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada de la Consultoría 2017

0000039

Como se ve en las Figuras 1 y 2, las ubicaciones de las perforaciones y los SEVs se encuentran bordeando el área perimetral del relleno, y los ensayos se realizaron muy lejanos entre ellos, impidiendo la posibilidad de abarcar un área clara de trabajo teniendo en cuenta la variación litológica y morfológica del sector de estudio, también se puede notar que en el centro del relleno o zona de residuos no hay estudios de campo que ayuden a evaluar el grado de saturación de la masa y estimar la relación de presión de poros (Ru), que es el área para la ubicación del cubeto 11 y el domo final dejando sin una caracterización clara que permita realizar un estudio apropiado y preciso

Punto P4, único en la zona de estudio, no se encuentra a nivel de base del dique, por lo que no abarca el análisis de la estratigrafía a nivel de desplante del dique. Esta única realidad por si sola, muestra que las consideraciones subsiguientes tienen poco fundamento en su ejecución.

FIGURA 02. **UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV´S**

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada de la Consultoría 2017

TABLA 03. ***CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION.***

BAJA	MEDIA	ALTA	ESPECIAL
Profundidad mínima de sondeos: 6.00m	Profundidad mínima de sondeos: 15.00m	Profundidad mínima de sondeos: 25.00m	Profundidad mínima de sondeos: 30.00m

Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones.

Para los resultados en las perforaciones se definen profundidades se realizan dos (2) perforaciones de 20.00m, una (1) de 12.00m y una (1) de 15.00m. Teniendo en cuenta el tipo de categoría utilizada la profundidad mínima a llegar en los sondeos era de 25.00m (Tabla 03), ningún sondeo cumple con los requerimientos exigidos por la norma NEC-SE-GC, en las perforaciones 1 y 4, no se llega a la profundidad previamente dicha debido a que el ensayo presenta rechazo que puede ser producto de una grava y no precisamente a un material portante, esto no permite el debido proceso de descripción y estos metros no perforados incumplen con lo dicho en el punto "3.5.3 Profundidad de los sondeos en el capítulo Geotecnia y Cimentaciones" donde nos menciona que para categorías alta o especial se debe perforar un mínimo de 4,00m cuando se encuentra roca firme con la intención de corroborar si este estrato tiene un espesor adecuado o es un pequeño lente (Tabla 04.).

TABLA 04. ***PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS***

Tipo de obra civil subterránea	Profundidad de los sondeos
Losa corrida	1.5 veces el ancho
Zapata	2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión
Pilotes	Longitud total del pilote más largo, más 4 veces el diámetro del pilote
Grupos de pilotes	• Longitud total del pilote más largo, más 2 veces el ancho del grupo de pilotes • 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión
Excavaciones	Mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación a menos que el criterio del ingeniero geotécnico señale una profundidad mayor según requerimiento del tipo de suelo.
Caso particular: roca firme	En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme, de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción: • Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales; • Categoría Media, penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados; • Categoría Alta y Especial, penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones

En la exploración indirecta se realizaron cuatro (4) SEV distribuidos en 48 hectáreas, lo que no permite realizar un perfil de suelo debido a la variación de la resistividad aparente en función a la profundidad y al amplio espacio que se está abarcando.

Tampoco se complementa con otros estudios indirectos como Sísmica de Refracciones o ReMi como menciona la norma NEC-SE-GC "3.4.2 Exploración indirecta", siendo insuficientes la cantidad de datos que se obtienen, teniendo en cuenta que en algunos suelos debido a su rumbo y buzamiento se presentan cambios abruptos en una pequeña porción de terreno.

También fue evidenciado que este suelo ha sufrido procesos de excavación y acopiado generando un relleno antrópico, de lo cual podemos concluir que hay zonas donde los espesores de estos rellenos son mayores a los que nos pueden demostrar estos estudios geofísicos realizados. Además de esto, la exploración indirecta es un método para complementar la exploración directa, los sitios ocupados por este tipo de exploración no fueron los adecuados ya que se abarcan las mismas zonas tratadas por la exploración directa dejando unos vacíos en el área de estudio en los que no se tiene claridad del subsuelo.

La información previa que se tiene para la exploración directa es insuficiente para realizar el debido proceso de caracterización geotécnica.

3.3.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la etapa de ensayos de laboratorio se tiene un listado de características o propiedades básicas que se deben definir en las capas de suelos que son: peso unitario, humedad natural, límites de Atterberg, clasificación SUCS y niveles de meteorización, también determinar las características de resistencia del suelo mediante ensayos como: triaxial UU, veleta de laboratorio, corte directo en muestras inalteradas y correlaciones de resistencia mediante los resultados del ensayo de penetración estándar SPT, otros ensayos a realizar son los de consolidación unidimensional y expansión. Con el fin de caracterizar propiedades de resistencia al esfuerzo cortante, esfuerzo-deformación, compresibilidad, expansión, permeabilidad.

En los estudios realizados en la consultoría de 2017, se encuentran falencias en los parámetros de compresibilidad, donde no se realizan ensayos de laboratorio que den soporte a esta característica del suelo, que pueden ser obtenidos mediante ensayos de consolidación unidimensional como se explica en la NEC-SE-GC "3.8.3. Propiedades o características básicas en el Capítulo Geotecnia y Cimentaciones". Lo que conlleva no tener un informe de ensayos de laboratorio completo en el que se cubren los siguientes aspectos: cantidad de ensayos, propiedades básicas y caracterización geotécnica detallada como lo indica la NEC-SE-GC "3.8.6 Informe de ensayos de laboratorio.".

3.3.3 PARÁMETROS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

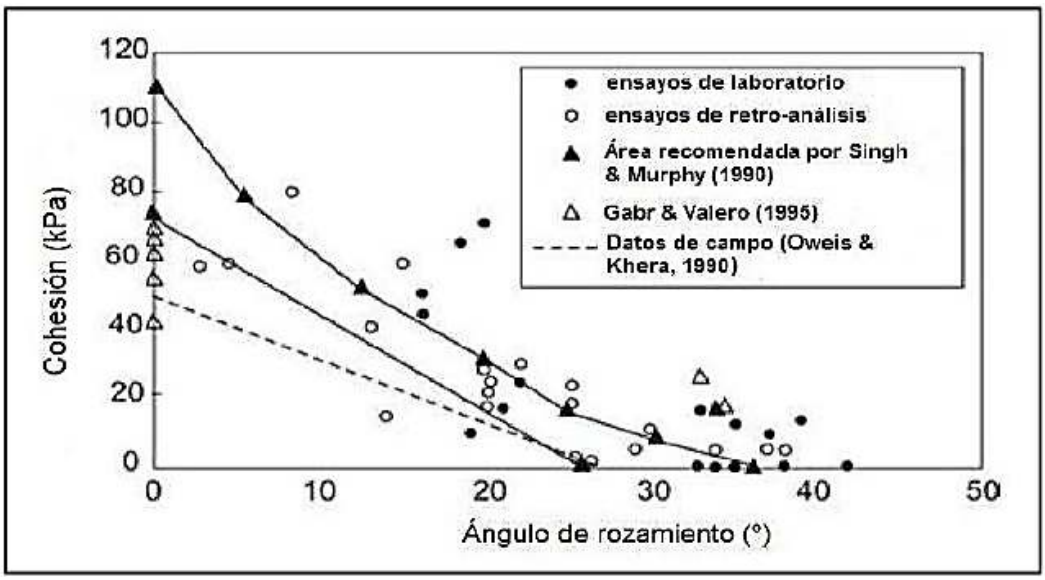
3.3.3.1 REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

Los parámetros utilizados por la CONSULTORIA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017, para identificar la cohesión, el Angulo de fricción interna y Peso unitario de los residuos sólidos urbanos se consideran elevados teniendo en cuenta a (Palma 1995) son datos poco conservadores para este tipo de material, y, debido a la edad; ya que la resistencia de los residuos, está demostrado, depende de la edad de los mismos.

- Cohesión = 35Kpa
- Angulo de fricción interna = 25°
- Densidad seca = 11Kn/m3

Son datos poco conservadores teniendo en cuenta que no fueron realizados ensayos de campo en residuos, teniendo en cuenta los antecedentes e información recolectada en campo. Según el criterio de Kavanzanjian et al. (1995) los valores de cohesión y Angulo de fricción interna en residuos sólidos urbanos varían en un rango de 0-24Kpa y 0-33° respectivamente (Figura 04), el criterio de Singh & Murphy (1990) los valores de cohesión y Angulo de fricción interno en residuos sólidos urbanos varían entre 0-105.3Kpa y 1-36° respectivamente (Figura 03), para el criterio de Palma (1995) nos muestra un diagrama con una zona recomendada (Figura 05) a partir de los análisis realizados al criterio de Singh y Murphy(1990), que son los estandarizados y recomendados para diseño.

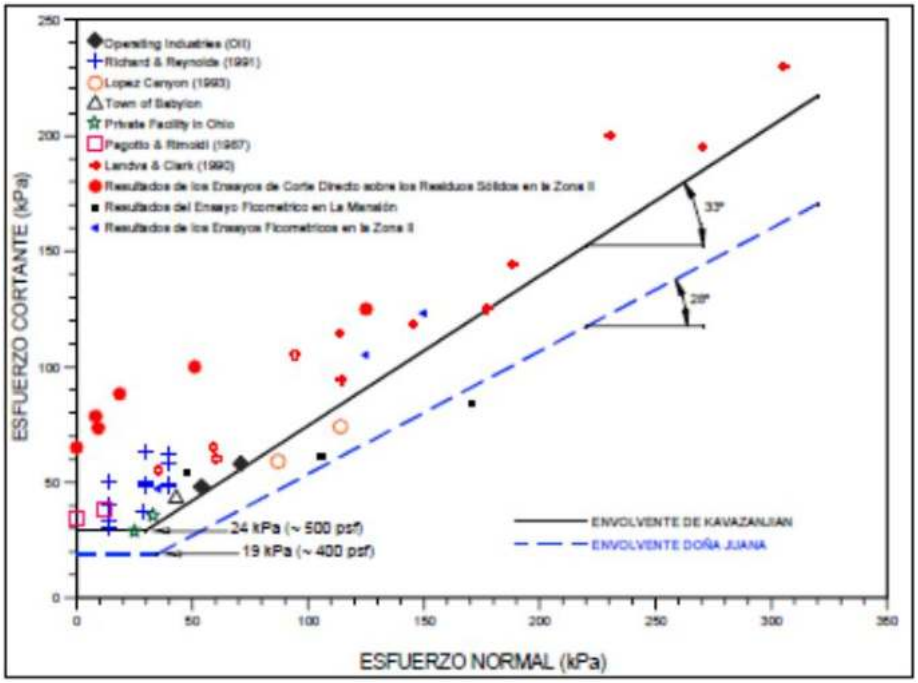
FIGURA 03. **ÁREA RECOMENDADA POR SINGH & MURPHY**



Fuente: Singh & Murphy (1990)

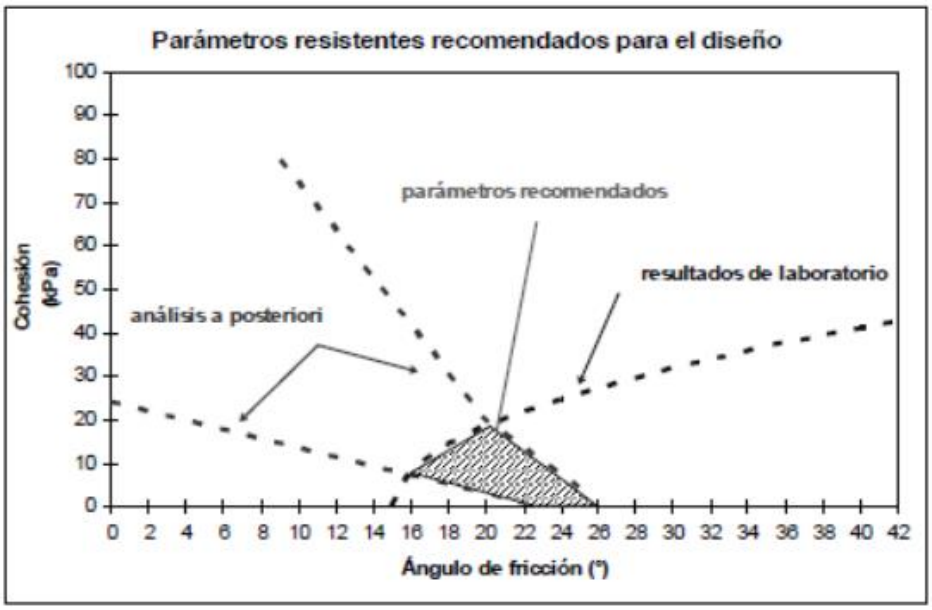
0000043

FIGURA 04. **ENVOLVENTE DE ROTURA BI-LINEAL PARA RESIDUOS**



Fuente: Kavanzanjian et al. (1995)

FIGURA 05. **DIAGRAMA CON ZONA RECOMENDADA PARA DISEÑO**



Fuente: Palma (1995)

0000044

En el caso de la densidad conseguida por la consultoría del 2017 se tiene en cuenta una tabla de valores para residuos sólidos urbanos que nos indican unos valores con base en los grados de compactación que tuvo, o, a la frescura que los RSU, más la cobertura utilizada, también dependiente del manejo de lixiviados y biogás en la zona (Tabla 05), el dato indicado por la consultoría para la densidad es de 11KN/m3, con respecto a la tabla utilizada se puede considerar como uno de los valores más altos a utilizar para la densidad esto supondría que estamos en una condición optima con grados de compactación altos y uso de materiales de cobertura (suelos), ideas que se obtuvieron sin estudios realizados in situ que avalen unas consideraciones u observaciones coherentes para permitir elegir un dato más o menos realista dependiendo de la situación actual de los cubetos, como por ejemplo el valor reportado mes a mes por la topografía.

TABLA 05. ***VALORES DE DENSIDAD PARA RSU***

Fuente	Densidad (ton/m3)	Observaciones
Sowers, 1971	0,12-0,3 0,6	Sin compactar Compactados
Bruner y Keller,1971	0,3-1,0	Según grado compactación
Rao, 1974	0,15-0,2 0,35-0,6	Sin compactación Compactación débil
Bratley et al., 1976	0,16 0,7-1,31	Sin compactación Según equipo de compactación
Watts & Charles, 1990	0,59-0,63 0,8	Compactados en capas de 2 m, sin y con material de cobertura respectivamente. Compactados en capas de 0,6 m, incluyendo material de cobertura (Reino Unido).
Arroyo et al., 1990	1,0	Compactados
Oweiss y Khera, 1990	0,28-0,31 0,47-0,63 0,86-0,93	Sin compactar Moderadamente compactado Buena compactación
Manassero et al., 1990	0,5-1,0	Compactación común (Bélgica)
Sánchez - Alciturri et al., 1993	0,2 0,8-1	Sin compactar Compactados
Kavazanjian et al., 1995	0,86-1,02	Aunque mencionan que en la práctica los valores más utilizados están entre 0,29-0,75
Palma J.H., 1995	1,2 1	Cuerpo del Vertedero (RSU+ Cobertura) RSU. Vertedero Controlado Meruelo, España
Kavazanjian et al., 2001	0,6-0,7 1,4-2,0	RSU frescos, después de la colocación inicial RSU degradados con un alto % de suelo como material de cobertura (USA)
Gourc et al., 2001	0,7	Capa superiores RSU frescos (no degradado) (Francia)
Grupo Geotecnia PUCV ,2002-2006	1,2	Compactados. Relleno Sanitario Loma Los Colorados, Chile
Grupo Geotecnia PUCV, 2008	0,55	Sin compactación, ni sistema de manejo de lixiviados y biogás. Vertedero Viñales, Constitución, Chile
Geotecnia Ambiental LTDA., 2010	1,2	Compactados. Relleno Sanitario Santa Marta, Chile
SIGA, 2012	1,2	Compactados. Relleno Sanitario, Valdivia, Chile

Fuente: Consultoría 2017, pág. 164, Anexo19, Factibilidad

3.3.3.2 OBSERVACIONES A DATOS BASE.

Para definir los parámetros de resistencia de los RSU, se debe tener en cuenta ciertos factores, como son los tipos de residuos que entran al relleno, las condiciones climáticas del lugar, la obtención de muestras representativas, el grado de compactación, el material de cobertura diaria y la gestión de los lixiviados y el biogás, así como, la edad de los mismos. Para la selección de estos parámetros, también, se debe ser muy conservador al momento de seleccionarlos debido a su alta variación ya que es un material heterogéneo, teniendo en cuenta que con el tiempo los parámetros podrían cambiar debido a los procesos de descomposición de los residuos sólidos urbanos RSU.

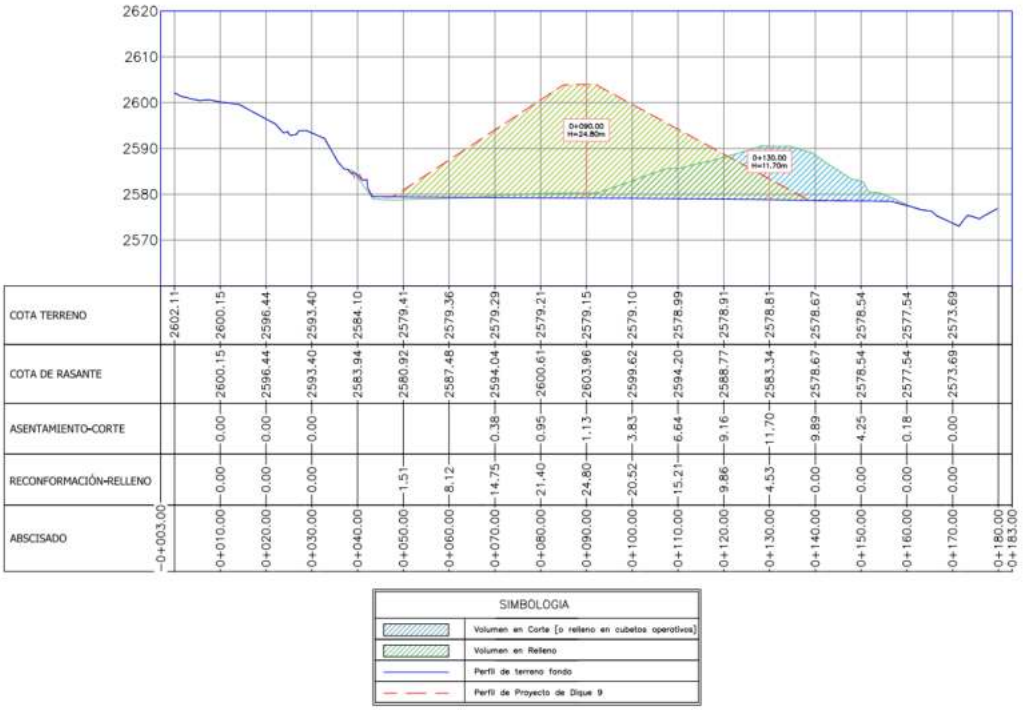
Teniendo en cuenta esta información lo más indicado es realizar ensayos in situ que nos puedan ayudar a caracterizar los residuos sólidos urbanos RSU, no solo por los datos obtenidos en la consultoría de 2017, sino por los cambios que pudo haber tenido en los 5 años que han transcurrido, que pueden ser grandes debido a los asentamientos propios de los cubetos.

3.3.4 DIQUE DE SOPORTE CONSULTORÍA 2017.

La consultoría 2017 nos presenta un levantamiento topográfico del área y unos diseños para el dique del cubeto 11 y el domo final, en los que no se especifican cotas de cimentación, las dimensiones que se muestran no tienen un sustento técnico con base a datos específicos del sitio, siendo estas variables las más importantes.

Los datos relacionados en la figura 06, nos muestran que la altura del dique es de 24.8m, el ancho de la estructura en la pata es de 90.00m, y en la corona el ancho es de 10.00m, no se identifica la cimentación y sus dimensiones.

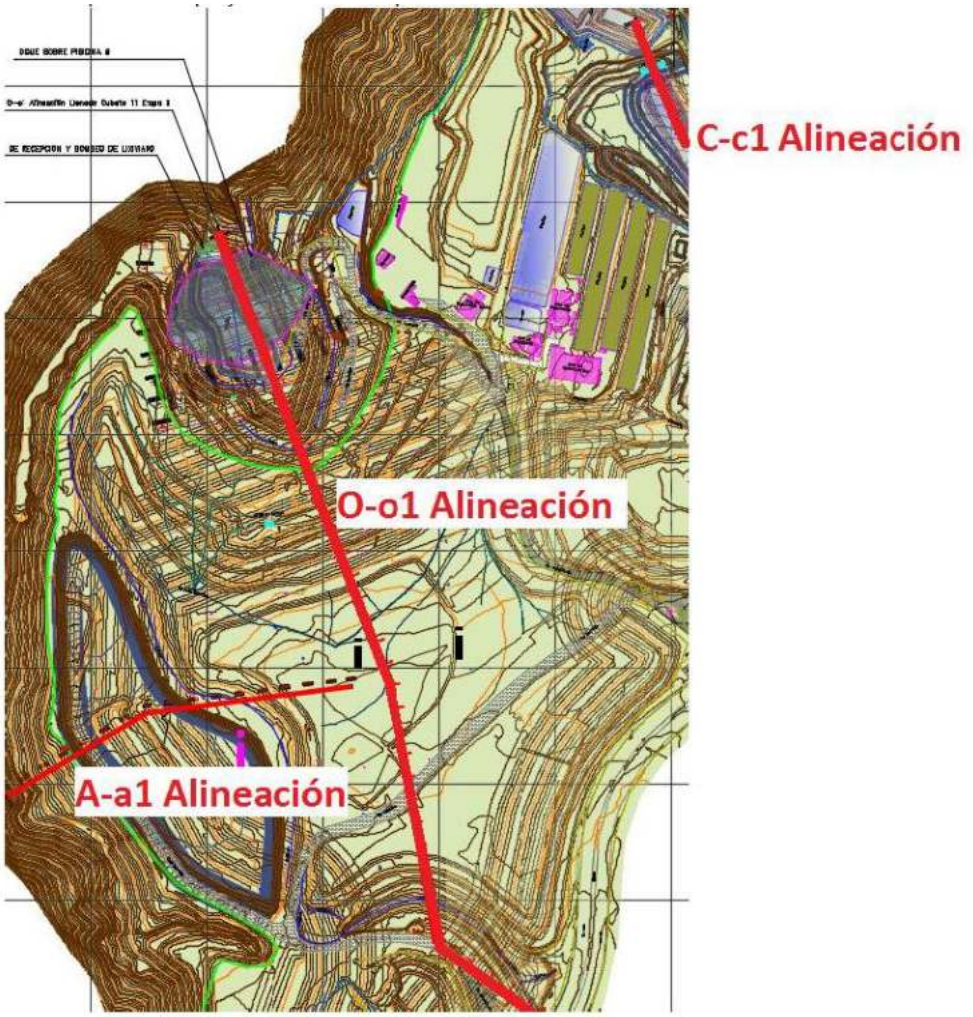
FIGURA 06. **DIAGRAMA CON ZONA RECOMENDADA PARA DISEÑO**



Fuente: Consultoría 2017, LÁMINA M001 12/06

En la Figura 07, nos muestra el área donde se implantará y ejecutará el dique, situado en la laguna 9 para el máximo aprovechamiento del área para el cubeto 11; Se puede apreciar también la alineación O-o1 correspondiente al área a utilizar para el cubeto, la Figura 08 nos muestra el perfil de esta alineación O-o1, el área con el numero 2 pertenece al dique, la numero 1 pertenece a los residuos sólidos urbanos que se van a disponer en el cubeto, y el numero 3 representa el área del suelo natural que se tiene en el área, como se puede observar en esta alineación no se encuentra un cimiento que permita la estabilización y el sostenimiento de este dique, tampoco se encuentran datos que fundamenten el no uso de una cimentación para esta estructura.

FIGURA 07. **ÁREA DEL DIQUE CUBETO 11**

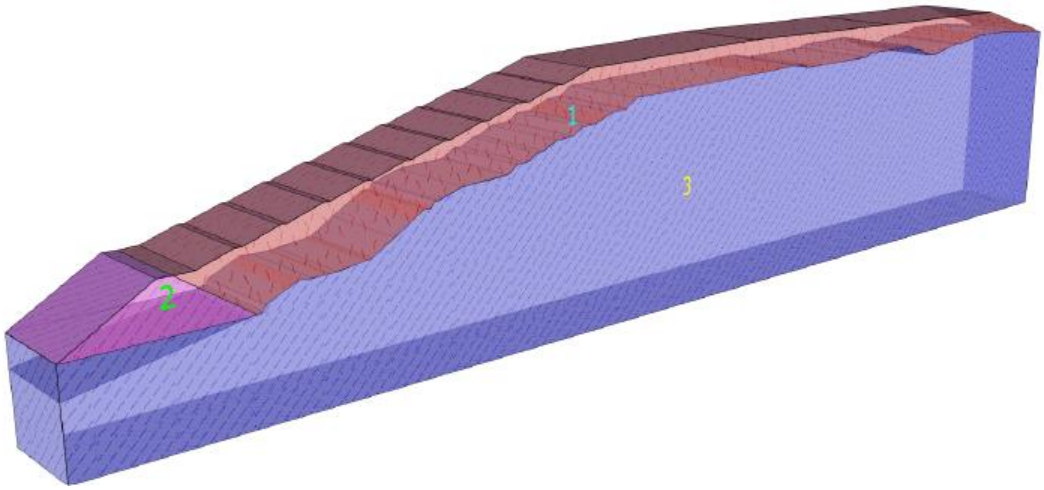


Fuente: Consultoría 2017, pág. 165, Anexo19, Factibilidad

Esto nos permite indicar que la estructura se encuentra incompleta, y, es absolutamente necesario, realizar las adecuaciones del diseño con base a estudios in situ muy específicos en el área del dique,

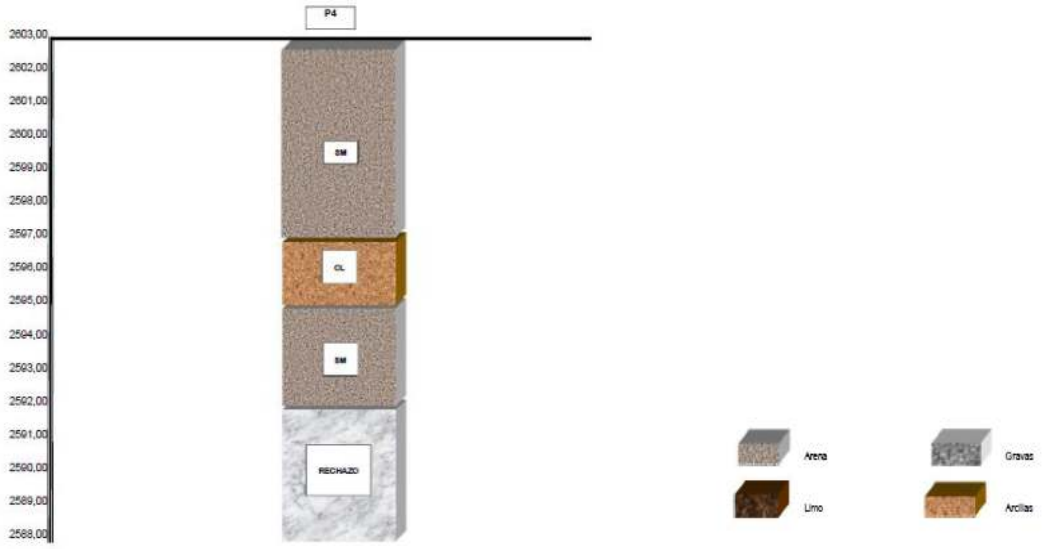
que nos permitan tener una idea clara del subsuelo y proceder a establecer las dimensiones reales ajustadas a los resultados obtenidos en campo.

FIGURA 08. **ALINEACIÓN O-O1**



Fuente: Consultoría 2017, pág. 166, Anexo19, Factibilidad

FIGURA 09. **COLUMNA CON COTAS EN LA PERFORACIÓN #4**



Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada de la Consultoría 2017

La imagen superior, nos muestra la perforación #4 del estudio 2017; que se utiliza como base para realizar la caracterización geotecnia, sin embargo, observando las cotas del sondeo se encuentra por encima del nivel de terreno donde se construirá el dique del cubeto 11, indicando que los datos a

utilizar para esta estructura son imprecisos y debido a la diferencia de cota entre la perforación y el dique el suelo puede ser completamente diferente presentando otras propiedades (Figura 09).

3.3.5 CONDICION SISMICA

Para hallar la demanda sísmica horizontal se utiliza una ecuación (Figura 10), que depende del factor Z que representa la aceleración máxima en roca esperada, y de las fuerzas actuantes Fa o coeficiente de amplificación de suelo en zona en periodo corto estos datos se multiplican para darnos el valor de la aceleración máxima del terreno.

FIGURA 10. **COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL**

$$k_h = 0.6(a_{max})/g$$

Dónde:

$$a_{max} = ZF_a$$

Fuente: NEC-SE-GC- Geotecnia y Cimentaciones.

En el caso del relleno El Inga, el factor Z tiene un valor de 0.4 según la Tabla 06, que responde al nivel de peligro sísmico de categoría Alto.

TABLA 06. ***VALORES DE Z EN FUNCION DE LA ZONA SISMICA.***

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones.

Para el valor de Fa se utiliza la Tabla 07, para hallar el valor de Fa tenemos en cuenta dos componentes, el tipo de perfil del subsuelo y el factor Z, tenemos el valor de Z para el perfil de subsuelo se utiliza la Tabla 08, que depende de otros factores o características del suelo.

TABLA 07. ***VALORES DE COEFICIENTE FA***

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones.

TABLA 08. ***CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO***

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	Vs ≥ 1500 m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s >Vs ≥ 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	o 760 m/s > Vs≥ 360 m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	N ≥ 50.0
		Su ≥ 100 KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > Vs ≥ 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > N ≥ 15.0
		100 kPa > Su≥ 50 kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	Vs < 180 m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20
		w≥ 40%
		Su < 50 kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: NEC-SE-DS- Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.

En este caso los datos especificados por la CONSULTORIA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS

APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017 se presentan en la Tabla 09, para los datos relacionados, el perfil de suelo corresponde a los tipos C y D, dándonos un valor para Fa de 1.2 en los dos casos.

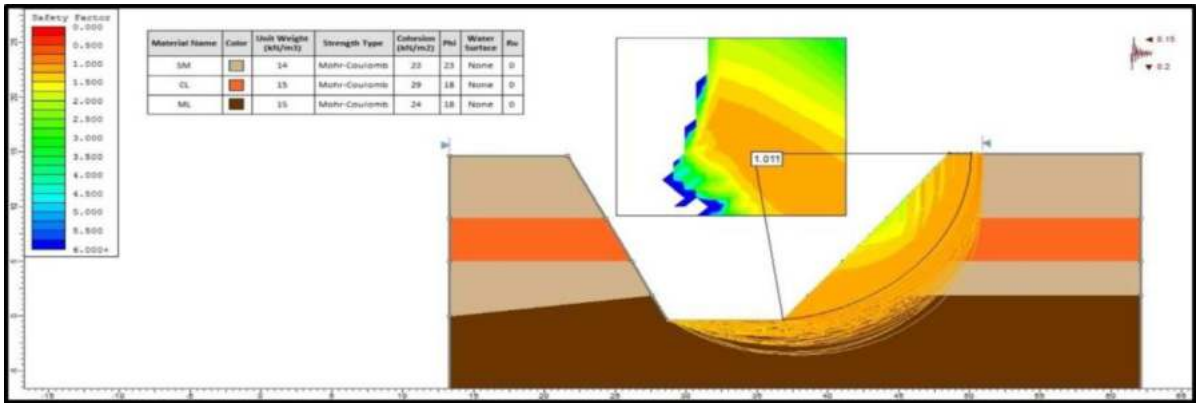
TABLA 09. ***CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO***

PERFORACION	P1	P2	P3	P4	ESPECIFICACIONES	
PERFIL TIPO					PERFIL TIPO C	PERFIL TIPO D
Vs (cm/s)	400	190	200	250	760 m/s >Vs≥ 360 m/s	360 m/s > Vs ≥ 180 m/s
Su (Kpa)	200	60	70	100	N ≥ 50.0 Su≥ 100 KPa	100 Kpa > Su ≥ 50 Kpa
Peligro sísmico	Alta (V)	Alta (V)	Alta (V)	Alta (V)		50 > N ≥ 15
Factor Zona sísmica Z	0.40	0.40	0.40	0.40		
Tipo de Suelo	C	D	D	D		
Fa	1.2	1.2	1.2	1.2		
Fd	1.11	1.19	1.19	1.19		
Fs	1.11	1.28	1.28	1.28		

Fuente: Consultoría 2017, pág. 24, Anexo13, Informe Mecánica de Suelos

Utilizando la ecuación de la Figura 10 encontramos el coeficiente de aceleración horizontal que da un resultado de 0.29, sin embargo, en la tabla podemos encontrar un error en el que define la perforación #4 (P4) como un perfil de suelo tipo D, este dato es erróneo ya que según los valores indicados pertenece al tipo C, esta perforación es la que se utiliza para realizar el modelamiento del dique del cubeto 11, por lo tanto los resultados que tengamos a continuación se verán afectados por este cambio de tipo de suelo.

FIGURA 11. **ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN PARA PERFORACIÓN 2 Y 3.**



Fuente: Consultoría 2017, pág. 25, Anexo13, Informe Mecánica de Suelos

El valor de Vs no fue sacado mediante ensayos de campo, sino mediante correlaciones con el valor de N, siendo un dato poco certero, debido al grado de error que pueden tener estos cálculos, ya que dependen de muchas características específicas de los suelos donde se desarrollaron estas correlaciones. Los datos utilizados para realizar la estabilidad de la perforación Kh, tiene un valor de 0.15 presentando un factor de reducción del 55% siendo el dato acertado de 0.29. Esto puede apreciarse en la figura respectiva.

3.3.5.1 ESTABILIDAD DE TALUD.

Para la estabilidad de los taludes, especialmente la alineación O-o1 que abarca el área a estudiar para el cubeto 11 y el domo final, se utilizan los parámetros dados por la perforación #4 (Tabla 10), y los deducidos en la Tabla 09, donde encontramos datos erróneos el tipo de perfil de suelo utilizado para obtener los datos de Fa (Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto), Fd (Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca), y Fs (Comportamiento no lineal de los suelos), en el caso de Fd y Fs los datos cambian sus valores.

TABLA 10. ***RESULTADOS PARA ESTABILIDAD DE ALINEACIONES***

			Factores de seguridad	
Perfil	Kh.	Ru	Estático	Dinámico
O-o1	0.29	0.5	2.67	1.05
C-c1	0.29	0.3	2.53	1.07

Fuente: Consultoría 2017, pág. 167, Anexo19, Factibilidad

Los datos obtenidos para este perfil son Kh o coeficiente de aceleración horizontal explicada anteriormente, Ru o presión de poros en el talud, donde se fija un dato de 0.5 (valor que teniendo en cuenta las condiciones de campo en ese entonces (datos indeterminados a esta época, e imposibles de establecer de manera acertada) un factor de seguridad dinámico de 1.05 que pertenece a la relación de Taludes – condición pseudo estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño (Tabla 11)

TABLA 11. ***FACTORES DE SEGURIDAD POR CORTES MINIMOS***

Condición **	**Fscorte Mínimo**	
	Diseño	**Construcción**
Carga Muerta+Carga Viva Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta+ Carga Viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta+ Carga Viva Nominal + Sismo de diseño Pseudo estático	1.1	1.00 *
Taludes - condición estática y Agua Subterranea Normal	1.5	1.25
Taludes - condición pseudo estática con agua Subterranea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1.00 *

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-GC-Geotecnia y Cimentaciones

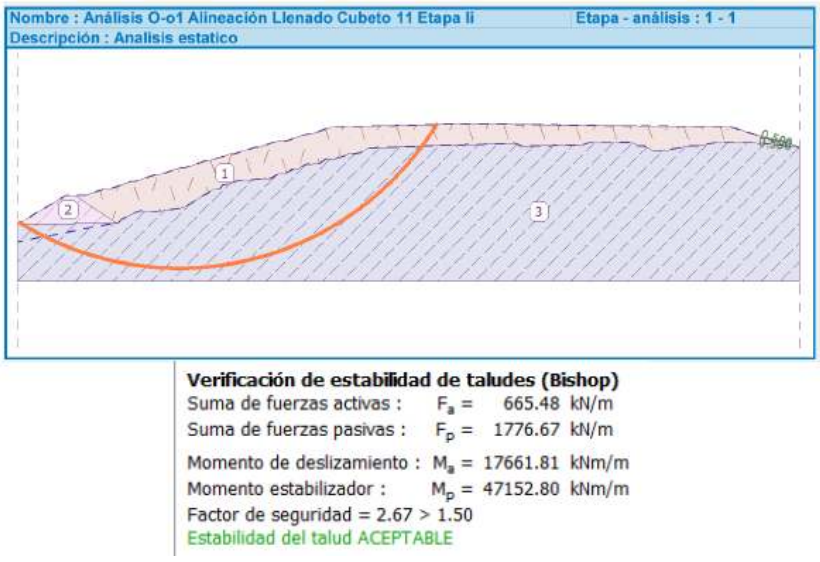
Según la (Tabla 12) el valor del factor de seguridad estático es de 1.60 y el de condición pseudo estática es 1.05, teniendo en cuenta la condición de falla más inmediata en el dique que sería un deslizamiento.

TABLA 12. ***FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS MINIMOS.***

CONDICIÓN	CONSTRUCCIÓN	ESTÁTICO	SISMO	PSEUDO ESTÁTICO
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento: el que resulte más crítico de:				
Momento Resistente/Momento Actuante	≥ 3.00	≥ 3.00	Diseño	≥ 2.00
Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	≤1/6	≤1/6	Diseño	≤1/4
Capacidad Portante	Ver Tabla 6			
Estabilidad general del sistema:				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-GC-Geotecnia y Cimentaciones.

FIGURA 12. **ESTABILIDAD DE DIQUE EN CUBETO 11 ESTÁTICAMENTE**



Fuente: Consultoría 2017, pág. 168, Anexo19, Factibilidad

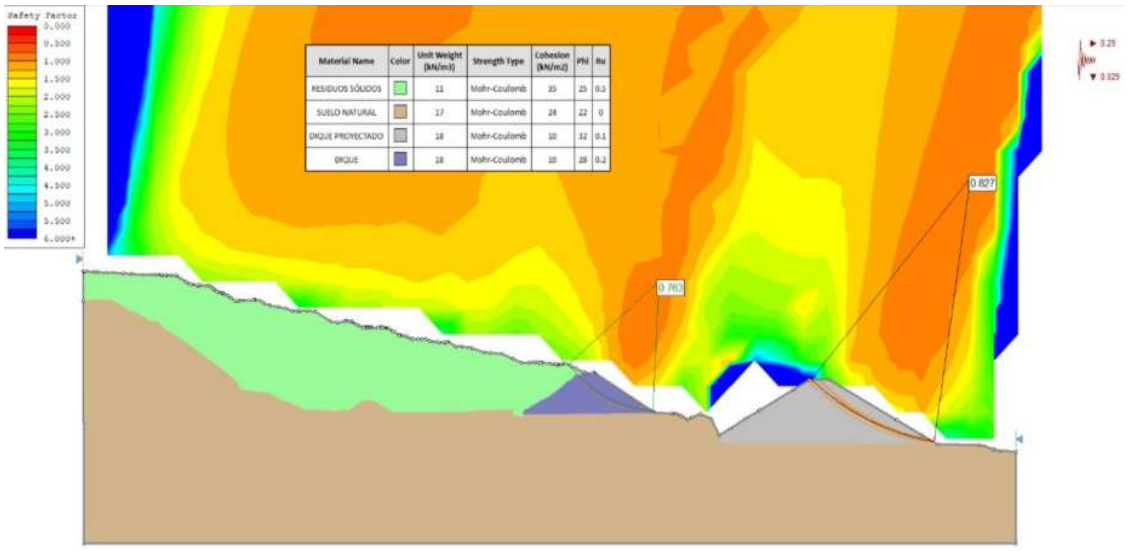
De acuerdo a las modelaciones realizadas en la consultoría se cumple con las condiciones de análisis estático, sin implementar las fuerzas sísmicas dando un Factor de seguridad sobre los 2.50 (Figura 12), indicando que cumple con mucha diferencia en condiciones estáticas. Y para la condición pseudo estática el resultado es de 1.05, cumpliendo con las condiciones de estabilidad en los taludes.

3.3.6 SIMULACIÓN A CONDICIONES ACTUALES

Conforme lo indicado, las condiciones de borde, únicas, que se tenía en el tiempo en que se desarrolló la consultoría 2017, no son replicables. Las condiciones de la fecha del estudio, no pueden ser extrapoladas al proyecto actual. Sin embargo, Se realiza como un ejercicio práctico obligatorio, la modelación del dique en el cubeto 11, utilizando la topografía y datos de borde actuales y los datos obtenidos por la consultoría de 2017, y (Figura 13), verificándose que se encuentra muy por debajo de la condición aceptable de estabilidad, y esto, solo realizando la modelación, sin el llenado del cubeto 11, que, por obvias razones tampoco ha cumplido con los parámetros mínimos de estabilidad de taludes.

Este análisis, preliminar, nos muestra con claridad la importancia de actualizar los datos y complementarlos, de manera obligatoria e ineludible, para poder ejecutar el proyecto de manera absolutamente técnica y fundamentada.

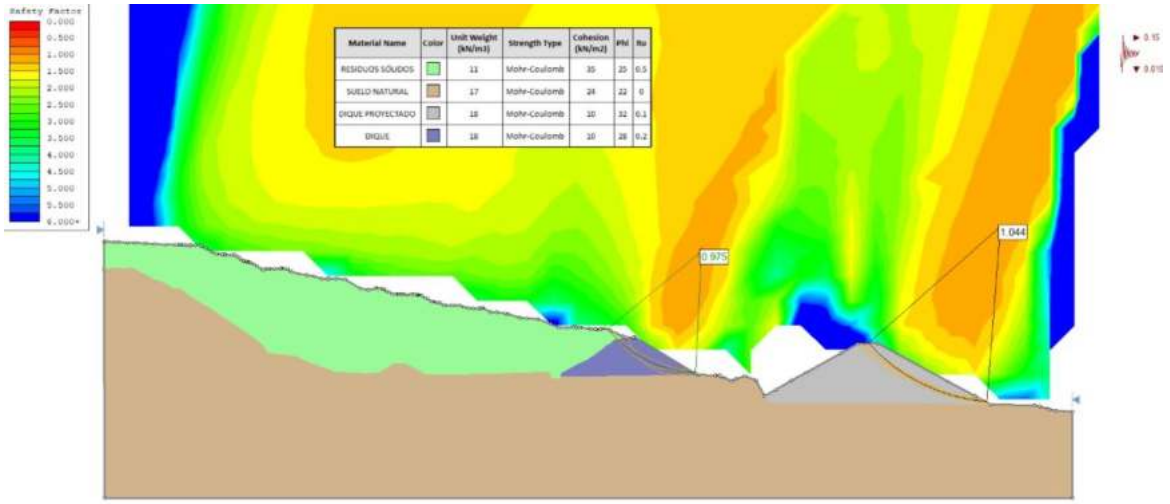
FIGURA 13. **ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.29.**



Fuente: Elaboración Propia, El Consultor, en base a datos de la Consultoría 2017

Los factores de seguridad para el dique del cubeto 11 en condiciones pseudo estáticas, utilizando Kh o coeficiente de aceleración horizontal de 0.29, nos arroja unos resultados del factor de seguridad de 0.827 que está por debajo de las condiciones de estabilidad que permite la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción. Aparte, se realiza la estabilidad del dique utilizando los valores utilizados en la consultoría de 2017 utilizando Kh o coeficiente de aceleración horizontal de 0.15.

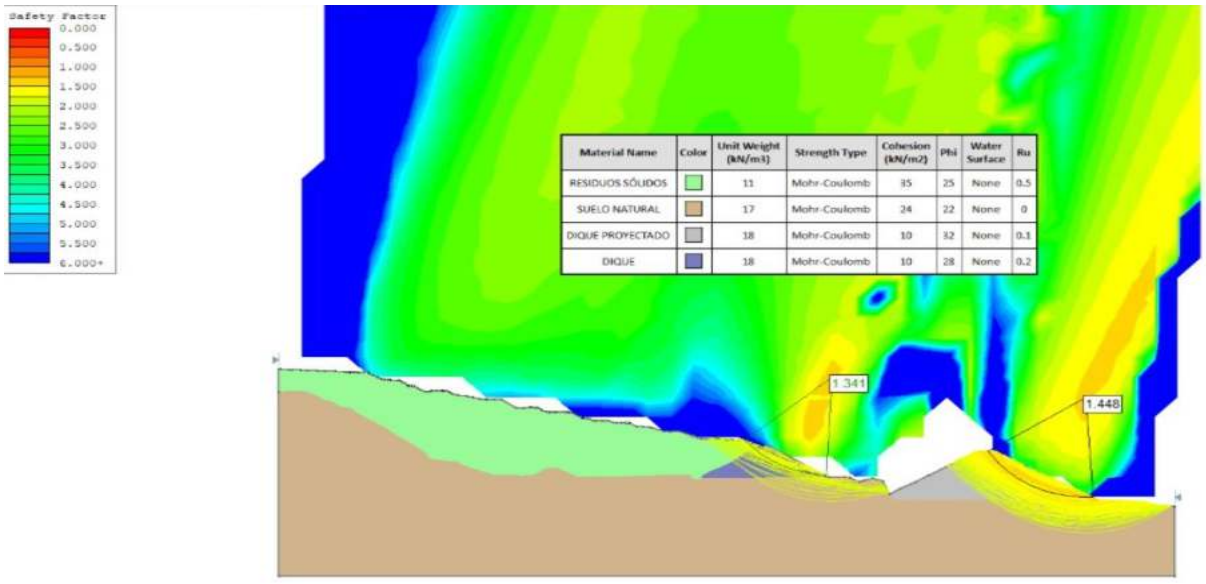
FIGURA 14. **ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.15.**



Fuente: Elaboración Propia, El Consultor, en base a datos de la Consultoría 2017

Por último, se realiza la modelación bajo la condición estática, arrojando resultados de 1.448 en las zonas de situación más crítica; los datos obtenidos nos indican que tampoco cumple con las condiciones de estabilidad sugeridas por la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cabe recalcar que esta simulación, considera el cubeto sin carga, los datos para el dique son condiciones colocadas a nivel de prefactibilidad de alternativas teniendo en cuenta parámetros óptimos de diseño y experiencia del consultor, los cuales serán ajustados con resultados de laboratorio.

FIGURA 15. **ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.15.**



Fuente: Elaboración Propia, El Consultor, en base a datos de la Consultoría 2017

0000055

3.4 ANÁLISIS DEL COMPONENTE AMBIENTAL, CONSULTORÍA DEL 2017.

3.4.1 INTRODUCCION.

El componente ambiental debe ser el documento que exponga las condiciones SSA (salud, seguridad y ambiente), que respaldan la correcta ejecución del proyecto en los demás componentes. Es un documento que sirve de apoyo, base y respaldo de una ejecución ambientalmente sostenible y que generé el menor impacto posible en sus actividades.

Para esta correcta implementación se debe incluir al menos.

- Revisión de legislación ambiental vigente.
- Análisis de impactos ambientales / riesgos laborales
- Plan de manejo ambiental.

De acuerdo a la información presentada en los anexos correspondientes del estudio realizado en el 2017 podemos evidenciar que no existe un documento específico para las actividades ambientales. No obstante, los términos de referencia, página 5, del Proceso LCC-EMGIRS-01-2017, con objeto de Contratación: "CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO", mencionan lo siguiente:

El diseño integral de los nuevos sitios de disposición final de los RSU que se determinarán en el RSQ, se realizará en base a los siguientes aspectos como mínimo:

- *[…] Estudio Ambiental aplicado a los vertederos sanitarios de esta consultoría.*

No obstante, de esta aclaración, en el desglose de entregables a presentar, detallados posteriormente para las diferentes etapas (prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo), no consta, ni se hace referencia a ningún entregable específico para el componente ambiental, por lo que, la consultoría 2017, no los presenta.

3.4.2 REVISIÓN DEL ANEXO 22, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, CONSULTORÍA 2017

Si bien en la consultoría del 2017 no se menciona la estructura del plan de manejo ambiental específico, Se presenta el anexo 22 (mismo que no se encuentra dentro del formato y logos de la consultoría) con el PMA aplicable, resumido a breves rasgos.

El plan está dividido en:

3.4.2.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN

- Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos
- Plan de manejo de desechos.

- Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental
- Plan de relaciones comunitarias
- Plan de contingencias
- Plan de salud y seguridad ocupacional
- Plan de monitoreo y seguimiento

3.4.2.2 FASE DE OPERACIÓN

- Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos
- Plan de manejo de desechos.
- Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental
- Plan de relaciones comunitarias
- Plan de contingencias
- Plan de salud y seguridad ocupacional
- Plan de monitoreo y seguimiento
- Plan de rehabilitación de áreas afectadas

Las fases en las que fue elaborado el PMA son las adecuadas para el 2017 cumple con los 8 planes normales que manejan los PMA, en la actualidad el plan de salud y seguridad ya no se lo incluye en los planes de manejo ambiental.

Existen mejoras que se implementarán en el PMA nuevo y actualizado sin embargo analizaremos las que en el PMA del 2017 requieren alguna aclaración o mejora posible.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Del análisis de los entregables (los disponibles), y, en la realidad contractual que en el Proceso LCC-EMGIRS-01-2017, con objeto de Contratación: "CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO" existía un Administrador de Contrato, y se dispone de un Acta de Entrega Definitiva, que, en su momento, evaluaron a detalle la información presentada y la avalaron; para ese instante, condiciones y realidad; Se concluye que los entregables, estaban de acuerdo a lo solicitado en los términos de referencia analizados.

2. Las características del relleno sanitario, al momento de ejecutar la consultoría 2017, no se corresponden a las actuales junio 2022, Las características de operacionales, de saturación de la masa, de manejo de lixiviado, de manejo de gas, de disposición, entre otras; no pueden ser corroboradas.

3. Se tiene aspectos relevantes e interpretaciones, de tipo técnico, que no se han considerado en el diseño final del estudio realizado en la CONSULTORIA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017, Consideraciones que, al haber fallecido el consultor responsable, no son analizables, en el contexto en el que el Consultor 2017 las consideró; Es imperativo realizar un nuevo estudio (actual y complementario), recopilando nuevos datos de suelo, y características de la masa de residuos; que permitan conocer las características completas en el área de estudio para así, proceder a realizar un nuevo diseño y estudio de estabilidad del dique de soporte del cubeto 11, considerando los factores (nuevos y reales, operativos) que puedan causar un efecto adverso en la estructura del mismo.

4. Es necesario, tal como lo indican los términos de referencia del proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA." y su informe motivado, complementar los estudios y actualizarlos (en base a resultados de monitoreos actualizados, en las condiciones actuales de operación del Relleno Sanitario El Inga) en consideración de los requerimientos actuales del proyecto, así:

TABLA 13. ***COMPONENTES NECESARIOS, CONSULTORÍA 2022***

COMPONENTE	RECOMENDACIÓN
VIAL	El componente vial, no fue expresamente solicitado en la consultoría 2017, y por tanto no fue desarrollado en específico. Se disponía, entonces de vías de acceso, mismas que para la actual consultoría serán modificadas, no representando un componente restrictivo.

0000058

ELÉCTRICO	El componente eléctrico, no fue un componente solicitado expresamente como entregable en la consultoría 2017, y al no tener requerimientos específicos, no fue desarrollado. Sin embargo, este componente, es un componente elemental y su no incorporación, impediría el normal desenvolvimiento del proyecto. Se desarrollará el componente de manera completa y amplia en esta consultoría.
HIDRÁULICO	El cubeto 11 no dispone de un sistema de bombeo, diseñado en la consultoría 2017; para evacuar el lixiviado recolectado en el tanque de reserva planteado, es un elemento necesario y se implementará.
ESTABILIDAD	La consultoría 2017, no especifica los rubros de conformación del dique, de manera expresa. Considerando la magnitud e importancia de la obra se requiere.
ESTRUCTURAL	El componente estructural, fue un componente específicamente solicitado en la consultoría 2017. Dentro de la información presentada en el proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA.", tanto dentro del proceso, como posteriormente, durante la ejecución del mismo; no se dispone de los planos estructurales del tanque de almacenamiento de lixiviados para el cubeto 11.

Fuente: Elaborado por el Consultor, en base a los requerimientos del proceso: CPC-EMGIRS-001-2022

5. Paralelamente, se establecen las siguientes recomendaciones, para el componente ambiental.

TABLA 14. ***RECOMENDACIONES COMPONENETE AMBIENTAL.***

DOCUMENTO	CAPITULO DOCUMENTO	MEJORA
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*ALCANCE*	*1. Se debió incluir un componente ambiental en los estudios del 2017, tal como se lo está manejando en el del 2022.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas	*PROYECCIONES*	*2. El CPP tomado en cuenta para el estudio del 2017, considera que no existe cambio en todo el tiempo del estudio sino toma solo el ultimo valor, debió irse aumentando de acuerdo a*

DOCUMENTO	CAPITULO DOCUMENTO	MEJORA
aprovechables para la disposición final de RSU		*una tasa anual promedio para valores más reales.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*PROYECCIONES*	*3. Se debe actualizar la caracterización de desechos del 2013, ya el tiempo de la misma para el estudio del 2017 tenía 4 años para esta actualización del 2022 alrededor de 9 años* *Esta consultoría sobre caracterización es una urgencia que servirá para algunos propósitos a la ciudad sobre todo de planificación.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*4. En el manual de operaciones debe incluirse como un capítulo entero las actividades concernientes a monitoreo ambiental y los procedimientos de seguridad y salud ocupacional que deben ejecutarse para un buen desempeño del relleno sanitario.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*5. A parte de la lista de materiales peligrosos se debe socializar los elementos no permitidos con todos los grupos de transportistas.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*6. Cuando se permita el ingreso de materiales peligros, especiales, o diferentes a los residuos sólidos domésticos, debe existir autorización escrita, cumplimiento estricto de requerimientos previos y aprobación de los entes de control para evitar problemas administrativos y ambientales.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*7. Adicional de la teoría sobre el manejo de coberturas, se debe aterrizar más a la realidad del relleno sanitario de Quito, donde el clima, bancos de tierra, procesos administrativos para adquisiciones entre otras provocan que los tiempos no siempre sean los óptimos.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños	*MANUAL DE OPERACIONES*	*8. Debería existir un capítulo de riesgos laborales para poder incluir:*

DOCUMENTO	CAPITULO DOCUMENTO	MEJORA
definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU		*equipos de protección personal, brigadas, emergencias y todo tipo de eventos que afecten directamente al personal.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*9. En movimiento de tierras se debe implantar controles que, si existen, pero deben aplicarse y ejecutarse durante todo el proceso constructivo y operativos.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*10. Debe colocarse en todas las actividades del manual de operaciones cuáles serán los medios de verificación para evidenciar su cumplimiento, los que deben coincidir con el plan de manejo ambiental.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*11. Revisar bibliografía y condiciones de aplicación actual del permanganato para mejorar su efectividad.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*12. Revisar bibliografía y condiciones de aplicación y dosificación de químicos para control de vectores incluyendo el manejo responsable de los químicos usados en transporte, almacenamiento, uso (EPP, Emergencias) y disposición final.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*13. Se debe incluir mayor información en el método de control de este tipo de vector (roedores), incluyendo porcentaje de trampas por área específica.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*MANUAL DE OPERACIONES*	*14. Se debe incluir mayor información en cuanto a incendios como parte de un sinnúmero de emergencias que pueden pasar en la operación del relleno sanitario. O en su defecto puede mencionarse el plan de emergencia para poder tener más detalles de cómo*

DOCUMENTO	CAPITULO DOCUMENTO	MEJORA
		actuar antes, durante y después de toda emergencia.
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*SEGURIDAD LABORAL*	*15. Recomendamos incluir la matriz de riesgos laborales para las actividades constructivos.*
Consultoría para el estudio de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos de ingeniería para la determinación de zonas óptimas aprovechables para la disposición final de RSU	*Componente Ambiental*	*16. Desarrollar el componente ambiental incluyendo matriz de aspectos e impactos ambientales posibles en la ejecución del proyecto.*
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	*FASE CONTRUCCIÓN Y OPERACIÓN*	*17. Generación de polvo. Se debe incluir hidratación de vías para minimizar polvos y control en el transporte tanto de tapado de volquetas como procedimiento de carga y descarga.*
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	*FASE CONTRUCCIÓN Y OPERACIÓN*	*18. Situación de emergencia. Se debe establecer MEDEVAC para poder tener canales de atención en caso de emergencias.*
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	*FASE CONTRUCCIÓN Y OPERACIÓN*	*19. Salud ocupacional. Se debe exigir los certificados laborales en los que se indica exámenes ocupacionales de cada trabajador.*
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	*FASE CONTRUCCIÓN Y OPERACIÓN*	*20. Monitorios debe haber una cantidad mínima de monitoreo a realizarse porque queda muy subjetivo el usar los mismos anteriores.*

Fuente: Elaborado por el Consultor, en base a los requerimientos del proceso: *CPC-EMGIRS-001-2022*

CAP02. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Este capítulo se desarrolla y presenta en base al informe de análisis de alternativas presentado, establecido y seleccionado conjuntamente con la Administración del contrato. En función de los resultados del diagnóstico, y en cumplimiento de los solicitado en los términos de referencia que indican que: "*Presentar dos alternativas técnicas, de las cuales una deberá ser la actualización de los estudios realizados en el año 2017. Estas alternativas deben contener el análisis técnico, económico y operativo de cada una de ellas*[1]". en se desarrolla y presenta un análisis de las alternativas más viables desde el punto de vista técnico económico ambiental y social para el proyecto.

Se procede a describir las alternativas posibles, estableciendo su congruencia con la normatividad vigente, la factibilidad técnica y económica, en concordancia con las buenas prácticas de Ingeniería, así:

1. Actualización de los diseños; considerando el dique planteado, a condiciones actuales del relleno sanitario.

2. Actualización de los diseños; considerando un dique nuevo de acuerdo a las condiciones actuales del relleno sanitario.

3. Actualización de diseños; considerando un muro en tierra armada, a las condiciones actuales del relleno. Esta se ha considerado una alternativa viable, y será analizada, en vista que, como se pudo establecer en la etapa de evaluación de la consultoría, capítulo 1, con las características actuales de la masa de residuos, la alternativa 1, se descarta de inmediato, por inestable e incompleta, y en general no constituye una alternativa realmente ejecutable.

Es necesario mencionar que se analizan las alternativas viables, dejando de lado alternativas inaplicables o con un alto margen de riesgo de inestabilidad, así por ejemplo entre otras:

- Elevar el dique del cubeto 6. Esta alternativa no ha entrado en análisis en vista del alto riesgo que conlleva, y la baja vida útil que proporcionaría.
- Reforzar el dique del cubeto 6 y elevarlo. Igualmente esta alternativa, no ha entrado a un análisis más detallado por su baja vida útil resultante y alto riesgo de inestabilidad.
- Muro en hormigón. Requeriría hormigones masivos, armados de estructuras, encofrados y tiempos de implementación elevados, representando cargas importantes para el suelo de fundación, incrementando el tiempo de construcción y el riesgo de falla, mientras más alto sea el muro.
- Encajonamiento del Río El Inga. No cumpliría la normativa ambiental, representaría un riesgo de grandes dimensiones para el cuerpo receptor agua.

A continuación, se procede a desarrollar cada una de las alternativas, describiendo las ventajas y desventajas en su implementación, posteriormente se cotejarán y evaluarán las mismas, para seleccionar la alternativa más conveniente.

[1] Términos de Referencia del proceso, página 2, objetivos específicos.

2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se procede a la descripción de cada una de las alternativas, su viabilidad técnica ambiental, económico-financiera y social. Se analizará las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas planteadas, debidamente priorizadas. Se tomará en cuenta los siguientes factores:

- Factibilidad técnica y económica.
- Posibles efectos ambientales.
- Impactos en la Construcción y Operación.
- Cumplimiento de normativa ambiental.
- Factores estéticos y de paisajismo.
- Factores de riesgo.
- Impacto social –necesidades de la ciudad-

Para tal efecto se ha desarrollado una ficha individualizada para cada alternativa, considerando los factores antes señalados, que posteriormente serán valorados, generando una matriz de evaluación, que permitirá escoger con mayor criterio la alternativa más viable.

TABLA 15. ***ALTERNATIVA 1***

ALTERNATIVA 1:	Actualización de los diseños; considerando el dique planteado, a condiciones actuales del relleno sanitario.

a. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La alternativa plantea:

i. Mantener el dique, tal como se planteó y conceptualizó en la consultoría 2017

ii. Evaluar la estabilidad del sistema planteado, considerando las características actuales de carga y estado de la masa de residuos.

iii. Revisar el funcionamiento hidráulico del sistema de drenaje de biogás y lixiviado propuesto por la consultoría 2017, mejorarlo o cambiarlo.

iv. Incorporar los elementos faltantes necesarios: Sistema de almacenamiento de lixiviados, vías de circulación y operación, sistema de bombeo y su correspondiente sistema eléctrico y de iluminación.

b. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.

- Presenta inconvenientes desde el punto de vista técnico-geológico y geotécnico, en vista que no se justificaron plenamente los parámetros de diseño, y el dique presenta deficiencias a las condiciones actuales operacionales y de la masa de residuos.
- Los parámetros de diseño escogidos, no pueden ser verificados en la actualidad. Sin embargo, tal como se indica en el capítulo de evaluación de la consultoría 2017, para los parámetros actuales es inaplicable. Esta observación elimina por completo la aplicabilidad de esta posibilidad, sin embargo, se continuará la evaluación con la finalidad de crear conclusiones válidas.
- Revisado el factor de seguridad mínimo del dique planteado en la consultoría 2017, a condiciones actuales, no cumple.
- No es factible implementar una reserva de lixiviado frente al dique -intradós-, pues sería de una capacidad muy baja de almacenamiento, y pondría en riesgo la estabilidad del dique, en caso de profundizar el tanque de reserva.
- Costo moderado, pues requiere movimiento de masas, construcción de drenaje y sistema de impermeabilización con geomembrana y geotextil de acuerdo a lo planteado por la consultoría.

- El presupuesto de la consultoría 2017, ha sido actualizado, como un ejercicio válido para comparación de alternativas.

c. POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES.

- Afectación al suelo, en sitio donde se efectuará la excavación para obtener el material, con el que se conformará el dique.
- Afectación a la vegetación, en el sitio donde se extraerá el suelo para la conformación del dique.
- Esta alternativa presenta posibles efectos de contaminación de cuerpos receptores (suelo, agua y aire), por una falla estructural del dique de soporte.

d. IMPACTOS EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.

- Polvo, en menor proporción, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto.
- Ruido, en menor proporción, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto.

e. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL.

El mantener el proyecto en las condiciones actuales:

- Se contrapone al artículo 73, inciso primero de la Constitución de la República del Ecuador, determina que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la destrucción de las especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.
- Se contrapone al artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador. […] "*la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados*".
- Se contrapone al artículo 395 numeral 2 y 4 de la Constitución de la República del Ecuador. *[…] "reconoce los principios ambientales […] y, en caso de duda […] en materia ambiental, estas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza"*
- Entre las principales, por orden jerárquico, prevalecen las nacionales sobre las zonales o distritales.

f. FACTORES ESTÉTICOS Y DE PAISAJISMO.

- El proyecto generará impactos visuales por posibles derrames de lixiviados, al no tener un almacenamiento dimensionado de manera adecuada.
- El proyecto no se incorporará al entorno, y causará un impacto difícil de mimetizar, no obstante, esta es una constante en un proyecto de relleno sanitario, que crece conformando bermas y taludes, y específicamente en el relleno de Quito, donde se pueden ver estos taludes y bermas desde la vía E35. Sin embargo, el implementar cortinas de árboles o similares mitigará el efecto.
- Se considera que la alternativa planteada no variaría las condiciones actuales respecto al impacto visual del proyecto.

g. FACTORES DE RIESGO.

- El dique que soporta los taludes y bermas formados, no es estable, presentando un factor de seguridad por debajo del equilibrio límite, en consideración de las condiciones actuales de la masa de residuos.

h. IMPACTO SOCIAL

- La ciudad se vería afectada seriamente al no contar con un sitio para disponer sus residuos, generando una emergencia sanitaria a nivel regional.
- La población cercana se vería directamente afectada, en caso de inestabilidad del dique y desplazamiento de masas, viendo incrementado de manera exponencial el número de roedores y moscas, afectaciones al agua de riego usada -Río Inga-.

i. VENTAJAS

- Evita movimientos mayores de masa de suelos para conformar el dique.
- No plantea movimientos mayores de residuos, se evita generar olores y vectores
- Es relativamente rápida (6 meses) de implementar y de costo moderado.
- El sistema de drenaje de lixiviados superior propuesto, captaría los lixiviados que se generen sobre los mismos.
- La situación actual relleno sanitario, en cota, permite la evacuación a gravedad del lixiviado captado –por drenes sub superficiales proyectados-, hacia un almacenamiento (aunque la consultoría no la define)

j. DESVENTAJAS

- El no cumplir con el factor de seguridad a condiciones actuales de operación, es una limitante que invalida la alternativa por completo.
- El desarrollo actual del relleno sanitario, y las condiciones prevalentes de la masa de residuos, no permite que la alternativa sea implementada. No obstante, podría pasar a fase constructiva, siempre y cuando se implementen medidas de deslixiviación y desgasificación.
- Los lixiviados que generan los residuos bajo la red de captación y drenaje propuesta, tendrían garantía de ser captados; Los lixiviados no captados, se infiltrarían en el suelo contaminándolo.

Elaboró: El Consultor

2.1 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 1

Se actualiza el presupuesto, conforme lo solicitado en los términos de referencia del proceso, como un mero formalismo, en vista que la alternativa es inaplicable. El presupuesto desarrollado para esta etapa, se anexa para verificación.

TABLA 16. ***ALTERNATIVA 2***

ALTERNATIVA 2:	Actualización de los diseños; considerando un dique nuevo de acuerdo a las condiciones actuales del relleno sanitario.

a. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La alternativa plantea:

i. Diseñar un nuevo dique, con todos los elementos que requiere, para soportar los residuos sólidos a disponer en plataformas.

ii. Evaluar la estabilidad del sistema planteado, considerando las características actuales de carga y estado de la masa de residuos.

iii. Diseñar un sistema de drenaje de biogás y lixiviado, funcional, que permita evacuar con seguridad los subproductos generados.

iv. Diseñar los elementos necesarios: Sistema de almacenamiento de lixiviados, vías de circulación y operación, sistema de bombeo y su correspondiente sistema eléctrico y de iluminación.

b. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.

- Realizados los estudios de suelos, análisis geológico, geofísico y geotécnico -en el sitio-, modelaciones y cálculos correspondientes; la alternativa es estable y factible.
- Las condiciones actuales de saturación de masa, no permiten colocar residuos, sin realizar procedimientos previos de deslixiviación y desgasificación.
- Se plantea un almacenamiento de lixiviado con la capacidad suficiente para almacenarlo de manera segura.
- Costo moderado-alto, pues requiere movimiento de masas, en dos zonas (dique y tanque de almacenamiento tipo cisterna), construcción de drenaje y sistema de impermeabilización con una barrera geológica en geosintético GLC -bentonítico- geomembrana y geotextil.
- El presupuesto en etapa de factibilidad se anticipa más alto que la primera alternativa, obviamente porque se implementarán elementos necesarios que la consultoría 2017 no los consideró (tanque de almacenamiento, sistema de bombeo, sistema eléctrico, sistema vial, excavaciones escalonadas para establecer un sitio de almacenamiento.

c. POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES.

- Afectación al suelo, en sitio donde se efectuará la excavación para construir el tanque de almacenamiento tipo cisterna.
- Afectación al suelo, en sitio donde se efectuará la excavación para obtener el material, con el que se conformará el dique.
- Afectación a la vegetación, en el sitio donde se extraerá el suelo para colocar el tanque de almacenamiento tipo cisterna.
- Afectación a la vegetación, en el sitio donde se extraerá el suelo para la conformación del dique.

d. IMPACTOS EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.

- Polvo, en proporción moderada, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto. Esta afectación puede ser mitigada por la aplicación de agua para hidratación y control de polvo.
- Ruido, en menor proporción, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto.

e. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL.

- La alternativa cumple la normativa ambiental vigente.

f. FACTORES ESTÉTICOS Y DE PAISAJISMO.

- El proyecto contará con una especialista en arquitectura y paisajismo. Esta incorporación, muy importante en este proyecto y alternativa, creará una diferencia importante, respecto al proyecto anterior. El proyecto no se incorporará al entorno, y causará un impacto difícil de mimetizar, no obstante, esta es una constante en un proyecto de relleno sanitario, que crece conformando bermas y taludes, y específicamente en el relleno de Quito, donde se pueden ver estos taludes y bermas desde la vía E35. Sin embargo, el implementar cortinas de árboles o similares mitigará el efecto.
- Se considera que la alternativa planteada no variaría las condiciones actuales respecto al impacto visual ya generado por la implantación del relleno sanitario en el predio.

g. FACTORES DE RIESGO.

- El principal riesgo consiste que el cubeto reciba agua lluvia –únicamente la que cae sobre el espejo del cubeto-. Ciertamente, esto puede atenuarse, minimizase y eliminarse, con una adecuada operación y un sistema de drenaje planificado.

h. IMPACTO SOCIAL

- La ciudad se vería beneficiada, al contar con un sitio para disponer sus residuos sólidos con seguridad y técnica.
- La población cercana se vería directamente beneficiada, por la generación de un espacio de trabajo.

i. VENTAJAS

- El sistema es conocido, y ampliamente usado en rellenos sanitarios. Con correctos controles de construcción y de monitoreo, se puede disminuir riesgos de inestabilidad en la etapa operativa.
- Los movimientos de masas, son relativamente bajos, si bien es cierto que se tiene que adecuar un sitio en relleno (dique), y otro en corte (tanque de almacenamiento tipo cisterna)
- No se plantean movimientos mayores de residuos, con lo que se evita generar olores y vectores. Las plataformas y drenes se construirían de manera secuencial de abajo hacia arriba (operación correcta de un relleno sanitario bien manejado).
- El sistema de drenaje de lixiviados superior propuesto, captaría los lixiviados que se generen sobre los mismos.
- La situación actual relleno sanitario, en cota, permite la evacuación a gravedad del lixiviado captado –por drenes sub superficiales proyectados-, hacia un almacenamiento que se establece en esta consultoría.

j. DESVENTAJAS

- Su tiempo de implementación es mediano -9meses- Esto no sería un inconveniente, sin embargo, en las condiciones actuales de operación y requerimientos de espacio, se constituye en un tiempo largo.

- El espacio limitado para ingreso y salida de maquinaria con material de relleno o de excavación, constituye un limitante importante en esta alternativa del proyecto. Esto obedece a una realidad física de la topografía, y no se lo puede evitar.

Elaboró: El Consultor

2.2 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 2

El presupuesto desarrollado para esta etapa, se anexa para verificación.

2.3 SOPORTES DE ALTERNATIVA 2

Los soportes de la alternativa 2, se incluyen en los capítulos de Ingenierías más adelante. Incluyendo, planos, cálculos, y demás soportes.

TABLA 17. ***ALTERNATIVA 3***

ALTERNATIVA 3:	Actualización de diseños; considerando un muro en tierra armada, a las condiciones actuales del relleno.

a. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La alternativa plantea:

v. Diseñar un nuevo muro en tierra armada, con todos los elementos que requiere, para soportar los residuos sólidos a disponer en plataformas.

vi. Evaluar la estabilidad del sistema planteado, considerando las características actuales de carga y estado de la masa de residuos.

vii. Diseñar un sistema de drenaje de biogás y lixiviado, funcional, que permita evacuar con seguridad los subproductos generados.

viii. Diseñar los elementos necesarios: Sistema de almacenamiento de lixiviados, vías de circulación y operación, sistema de bombeo y su correspondiente sistema eléctrico y de iluminación.

b. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.

- Realizados los estudios de suelos, análisis geológico, geofísico y geotécnico -en el sitio-, modelaciones y cálculos correspondientes; la alternativa es estable y factible, con varias consideraciones y observaciones que se verán más adelante.
- El muro en tierra armada, requiere rigurosidad técnica en su ejecución al máximo. Y es muy susceptible a condiciones de humedecimiento.
- Las condiciones actuales de saturación de masa, no permiten colocar residuos, sin realizar procedimientos previos de deslixiviación y desgasificación. Esta realidad es necesario se analice en cualquier alternativa a plantear.
- Se plantea un almacenamiento de lixiviado con la capacidad suficiente para almacenarlo de manera segura; en general será el mismo sistema que en la alternativa 2
- Costo moderado-alto, pues requiere movimiento de masas, en dos zonas (muero y tanque de almacenamiento tipo cisterna), construcción de drenaje y sistema de impermeabilización con una barrera geológica en geosintético GLC -bentonítico- geomembrana y geotextil.
- El presupuesto en etapa de factibilidad se anticipa más alto que la primera alternativa, obviamente porque se implementarán elementos necesarios que la consultoría 2017 no los consideró (tanque de almacenamiento, sistema de bombeo, sistema eléctrico, sistema vial,

0000073

excavaciones escalonadas para establecer un sitio de almacenamiento. Con respecto a la segunda alternativa, no presenta una variación mayor en costo.

c. POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES.

- Afectación al suelo, en sitio donde se efectuará la excavación para construir el tanque de almacenamiento tipo cisterna.
- Afectación al suelo, en sitio donde se efectuará la excavación para obtener el material, con el que se conformará el muro.
- Afectación a la vegetación, en el sitio donde se extraerá el suelo para colocar el tanque de almacenamiento tipo cisterna.
- Afectación a la vegetación, en el sitio donde se extraerá el suelo para la conformación del muro.

d. IMPACTOS EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.

- Polvo, en proporción moderada, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto. Esta afectación puede ser mitigada por la aplicación de agua para hidratación y control de polvo.
- Ruido, en menor proporción, en vista que los trabajos se ejecutarán en el extremo noroeste del proyecto.

e. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA AMBIENTAL.

- La alternativa cumple la normativa ambiental vigente.

f. FACTORES ESTÉTICOS Y DE PAISAJISMO.

- El proyecto contará con una especialista en arquitectura y paisajismo. Esta incorporación, muy importante en este proyecto y alternativa definitiva, creará una diferencia importante, respecto al proyecto anterior 2017. No obstante, El proyecto no se incorporará al entorno, y causará un impacto difícil de mimetizar, esta es una constante en un proyecto de relleno sanitario, que crece conformando bermas y taludes, y específicamente en el relleno de Quito, donde se pueden ver estos taludes y bermas desde la vía E35. El implementar cortinas de árboles o similares mitigará el efecto.

- Se considera que la alternativa planteada no variaría las condiciones actuales respecto al impacto visual ya generado por la implantación del relleno sanitario en el predio.

g. FACTORES DE RIESGO.

- Riesgo que se tenga infiltraciones que sigan las líneas del geotextil del muro, humedeciéndolo de manera rápida, lo cual lo desestabilizaría de manera súbita.
- En condiciones de humedecimiento constante el muro puede colapsar.
- Riesgo que el cubeto reciba agua lluvia –únicamente la que cae sobre el espejo del cubeto-. Ciertamente, esto puede atenuarse, minimizase y eliminarse, con una adecuada operación y un sistema de drenaje planificado.

h. IMPACTO SOCIAL

- La ciudad se vería beneficiada, al contar con un sitio para disponer sus residuos sólidos.
- La población cercana se vería directamente beneficiada, por la generación de un espacio de trabajo.

i. VENTAJAS

- Tiene un volumen menor de movimiento de tierras, si se lo compara con la alternativa 2, el terraplén a conformar es de menor dimensión, pero de mucha mayor exigencia técnica constructiva, requiriendo un control extendido del proceso de formado y relleno. Los movimientos de masas, son relativamente bajos, si bien es cierto que se tiene que adecuar un sitio en relleno (muro en tierra armada), y otro en corte (tanque de almacenamiento tipo cisterna)
- Requiere de un espacio relativamente corto para su implantación, en comparación con un dique convencional.
- No se plantean movimientos mayores de residuos, con lo que se evita generar olores y vectores. Las plataformas y drenes se construirían de manera secuencial de abajo hacia arriba (operación correcta de un relleno sanitario bien manejado).
- El sistema de drenaje de lixiviados superior propuesto, captaría los lixiviados que se generen sobre los mismos.
- La situación actual relleno sanitario, en cota, permite la evacuación a gravedad del lixiviado captado –por drenes sub superficiales proyectados-, hacia un almacenamiento que se establece en esta consultoría.

j. DESVENTAJAS

- El sistema de muro armado, no es de uso extendido en rellenos sanitarios.
- El sistema de muro armado conlleva el compactar capas de material con la ayuda de geosintéticos. Estos geosintéticos, generan un camino rápido a seguir por los lixiviados y humedad, en caso de una falla en el sistema de impermeabilización; de producirse, se tendría un humedecimiento rápido siguiendo el geotextil, lo cual provocaría una pérdida rápida de las características del muro, pudiendo llegar a colapsarlo.
- El muro armado, es ampliamente usado en vías con buenos resultados. Soportando carga vertical. En el caso del relleno sanitario, la carga a soportar es lateral, creando una gran diferencia en el uso de un muro armado, esto podría solventarse con un diseño riguroso que contemple estas cargas.
- Generalmente el muro armado tiene un soporte en su trasdós, este soporte no lo tendría en su fase inicial, sino únicamente cuando concluya la fase operativa de llenado de la zona.
- Requiere, comúnmente, de drenajes a diferentes alturas. Al usar el muro armado en el proyecto de relleno sanitario, estos serían no solo innecesarios, sino riesgosos en extremo, generando líneas de menor presión por donde se evacuarían posibles fugas.
- Su tiempo de implementación es mediano -8meses- Esto no sería un inconveniente, sin embargo, en las condiciones actuales de operación y requerimientos de espacio, se constituye en un tiempo largo.
- El espacio limitado para ingreso y salida de maquinaria con material de relleno o de excavación, constituye un limitante importante en esta alternativa del proyecto. Esto obedece a una realidad física de la topografía, y no se lo puede evitar.

Elaboró: El Consultor

2.4 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 3

El presupuesto desarrollado para esta etapa, se anexa para verificación.

2.5 SOPORTES DE ALTERNATIVA 3

Los soportes de la alternativa 3, se incluyen a continuación:

3 ALTERNATIVA 3 - DISEÑO DE MURO EN TIERRA ARMADA

Los Geosintéticos complementan las falencias que presentan los materiales térreos, permitiendo obtener excelentes ventajas técnicas y económicas en la construcción de muros en suelo reforzado, taludes reforzados, terraplenes sobre suelos blandos y sistemas de subdrenaje etc.

Los suelos al igual que el concreto presentan una buena resistencia a la compresión, pero son deficientes cuando se trata de asumir esfuerzos de tracción, por tal motivo cuando los suelos son combinados con elementos que sean capaces de absorber esfuerzos de tracción como son los Geosintéticos se puede lograr estructuras de suelo reforzadas. Para el análisis de materiales a emplear para la propuesta del muro armado se utilizó el software Geosoft V4, con el fin de establecer las condiciones óptimas que garanticen la estabilidad del muro de acuerdo con las propiedades de los materiales a emplear.

3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño de estructuras reforzadas considera 4 etapas, son las siguientes por:

1. **La estabilidad interna**: Establece los espesores de capa, longitud de refuerzo para la resistencia del diseño con base en las especificaciones técnicas del geosintético en consideración.
2. **La estabilidad externa:** Por medio de un análisis de equilibrio limite se obtiene el factor de seguridad al deslizamiento, volteo y capacidad portante, se compara con los factores de seguridad establecidos.
3. **La estabilidad global:** Se refiere al análisis de estabilidad al construir un muro armado sobre un talud o a media ladera, para la cual se modifica el estado de esfuerzos inicial debido al peso propio de la estructura.
4. **Protección y drenaje:** Establece el tipo de fachada del muro y las condiciones de drenaje y subdrenaje.

La metodología de diseño permite establecer el tipo de geotextil a colocar en la interfaz subrasante capa granular, la cual tiene como función la separación de suelos adyacentes con propiedades y características diferentes y la estabilización de la subrasante durante el periodo de vida útil de la estructura.

En el caso del diseño por separación, se comparan las resistencias del Geotextil con el valor requerido en el diseño para una misma propiedad, obteniendo un factor de seguridad global FSg.

$$FSg = \frac{Resistencia\ Admisible}{Resistencia\ Requerida} \rightarrow \mathbf{FSg} > \mathbf{1}$$

Donde:

0000077

Resistencia Admisible: Resistencia última del ensayo de laboratorio que simula las condiciones reales del proyecto sobre los factores de reducción.

Resistencia Requerida: Valor obtenido de una metodología de diseño que simula las condiciones reales del proyecto.

Para los casos en que se determine el factor de seguridad global como parámetro de diseño, se calcula entonces la resistencia requerida (diseño) en función de las especificaciones del Geotextil que se vaya a utilizar.

$$\boldsymbol{Resistencia\ Requerida} = \frac{\boldsymbol{Resistencia}}{\boldsymbol{FSg}}$$

Colchón Drenante: Son dos capas de geotextil confinando un material drenante sobre todo el área.

Cimiento: Superficie de una excavación que sirve como base para brindar solidez y apoyo a estructuras de construcción.

Alzado o Cuerpo del Muro: Parte del muro que se levanta a partir de los cimientos y tiene una altura y un grosor determinados en función de la carga a soportar.

Corona: Parte más alta de un terraplén, generalmente son alargadas y planas, toda vez que sean definidas con exactitud las dimensiones de la estructura.

3.1.2 DISEÑO DE REFUERZO CON GEOTEXTILES

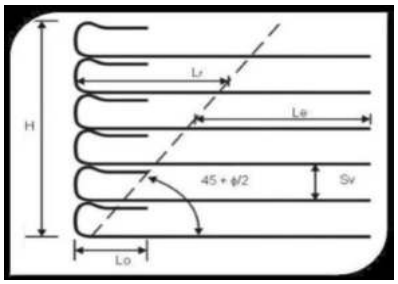
3.1.2.1 MODELAMIENTO GEOSOFT

3.1.2.2 ESTABILIDAD INTERNA

El chequeo de la estabilidad interna de este tipo de muros se basa en establecer la separación vertical y longitudes de empotramiento del geotextil, más allá de la superficie de ranking, en condición estática y pseudoestática.

Los resultados arrojados por el programa están determinados en las siguientes variables:

FIGURA 16. **ESQUEMA DE MEDIDAS LONGITUDINALES MURO ARMADO**



Fuente: Pavco Wavin

0000078

Dónde:

Sv: Espesor de capa.
Le: Longitud de empotramiento.
Lr: Longitud de refuerzo.
Lo: Longitud del doblez del geotextil.
L: Longitud de la base del muro: L = Le + Lr, pero se recomienda mínimo el 80% de la altura del muro = L a usar.
Lt: Longitud total de capa: Lt = Sv + L a usar + Lo.

3.1.2.3 ESTABILIDAD EXTERNA

Se empleó el programa Geosoft Pavco V4.0 del Departamento de Ingeniería de Geosistemas Pavco. Teniendo en cuenta las cargas a las que se expondrá muro y las propiedades establecidas del suelo de fundación, con base en lo anterior se determinó la base del muro.

3.1.2.4 ESTABILIDAD GLOBAL

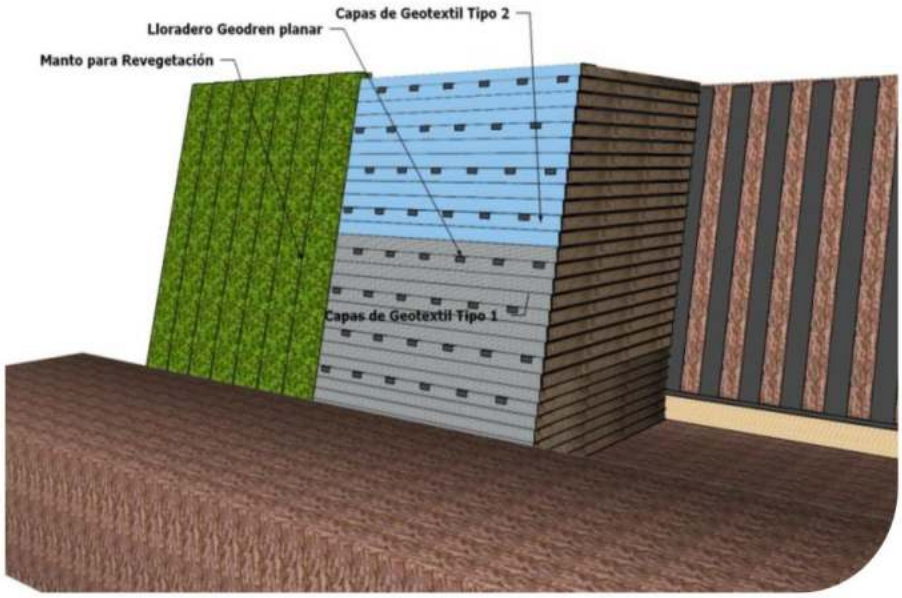
Se empleó el software de equilibrio límite Slide de la casa Rocscience para evaluar la estabilidad de taludes, en este realizo modelamiento del muro en suelo reforzado, luego se ingresaron las características de los Geosintético arrojadas por el software Geosoft y su interacción con el material de relleno.

3.1.2.5 PROTECCIÓN Y DRENAJE

Para que el muro reforzado trabaje bajo los parámetros propuestos de diseño, bajo condición sin presión hidrostática, se añadirá un adecuado sistema de drenaje.

Para la protección del muro de la radiación ultravioleta o erosión en el tiempo, la facha se debe cubrir con elementos rígidos o flexibles que den un toque arquitectónico y visualmente agradable. Para el presente diseño se propone elementos flexibles.

FIGURA 17. **SISTEMA DE PROTECCIÓN Y DRENAJE**



Fuente: Pavco Wavin

3.1.3 PARAMETROS DE ENTRADA DE LOS DISEÑOS

3.1.3.1 PROPIEDADES DE LOS SUELOS

En la siguiente tabla, se presentan los parámetros geomecánicos de los materiales establecidos a partir de la información recopilada en la fase de campo.

TABLA 18. ***PROPIEDADES MECÁNICAS PARA MATERIALES EN MURO ARMADO***

PROPIEDAD	UNIDAD	MATERIAL DEL RELLENO	SUELOS DE FUNDACIÓN	CONFINAR (RESIDUOS SOLIDOS)	DESPLANTE
Cohesión	kPa	8.00	15.00	24.00	30.00
Angulo de Fricción	grad	38.00	29.70	30.00	37.60
Peso Unitario	kN/m3	15.00	17.25	10.50	17.20

Fuente: Elaboración propia

El material de relleno para los muros en suelo reforzado debe cumplir con las especificaciones técnicas para la construcción NEVI-12 del Ministerio de transporte y obras públicas en la construcción de rellenos estructurales y/o terraplenes en suelos adecuados, las propiedades más importantes para los

materiales de relleno se presentan en el capítulo de diseño de estructura del presente documento, en la tabla de requisitos de materiales para diseño según la NEVI-12 Capitulo 306-3.03.

La compactación del material se hace en espesores máximos de 25 centímetros compactados al 95% del ensayo Proctor modificado; el recibo de capas por parte de la interventoría se hará para cada capa de máximo 25 centímetros de espesor extendida y compactada mediante ensayos de densidad de campo, se debe realizar como mínimo un ensayo de densidad de campo para cada 100 metros lineales de capa o por cada jornada de trabajo, siguiendo las especificaciones técnicas de frecuencia de verificación de los materiales.

3.1.3.2 SOBRECARGAS

El muro armado trabaja por gravedad y su peso propio lo hace estable, además encuentra el equilibrio límite de las fuerzas presentes en el sistema. Al incluir en el muro un material con resistencia a la tensión dentro de la masa de suelo, debe soportar una serie de empujes y cargas externas, lo que pueden generar esfuerzos sobre la estructura en el suelo reforzado.

Para el muro armado se tuvieron en cuenta las sobrecargas expresadas en la FIGURA 18 considerando el paso de maquinaria pesada sobre una capa de rodadura en la corona del dique:

FIGURA 18. **SOBRECARGAS EN MURO ARMADO**

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 PROPIEDADES HIDRÁULICAS Y FÍSICAS DE LOS GEOSINTÉTICOS PROPUESTOS

A continuación, se aprecian las propiedades descritas por el fabricante haciendo referencia a los materiales sintéticos T2400, TR4000, TR5000HF Y TR7000HF.

3.1.4.1 GEOTEXTIL T2400

TABLA 19. ***PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G T2400***

PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	T2400
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm(Tamiz)	0.300 (50)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	5.3×10^{-2}
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.55
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m²	1506

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	T2400
Espesor	ASTM D5199	mm	1.0
Resistencia UV @ 500 hr	ASTM D4355	%	>70
Rollo Ancho	Medido	m	3.85
Rollo Largo	Medido	m	120
Rollo Área	Calculado	m²	462
Polimero	Fábrica	-	PP

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.2 GEOTEXTIL TR4000

TABLA 20. ***PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR4000***

PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	TR4000
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm(Tamiz)	0.300 (50)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	8.1×10^{-2}
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.62
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m²	1720

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	TR4000
Espesor	ASTM D5199	mm	1.3
Resistencia UV @ 500 hr	ASTM D4355	%	>70
Rollo Ancho	Medido	m	3.85
Rollo Largo	Medido	m	100
Rollo Área	Calculado	m²	385
Polimero	Fábrica	-	PP

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.3 GEOTEXTIL TR5000 HF

TABLA 21. ***PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR5000 HF***

PROPIDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	TR5000 HF
Tasa de Flujo en el Plano	ASTM D4716[3]	l/h-m	11.26
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm (Tamiz)	0.425 (40)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	12.0 x 10^{-2}
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.97
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m²	2430
PROPIEDADES FÍSICAS	**NORMA**	**UNIDAD**	**TR5000 HF**
Espesor	ASTM D5199	mm	1.20
Resistencia UV (%Retenido@500 hr)	ASTM D4355	%	>70
Rollo ancho	Medido	m	3.85
Rollo largo	Medido	m	100
Rollo área	Calculado	m²	385

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.4 GEOTEXTIL TR7000 HF

TABLA 22. ***PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR7000 HF***

PROPIDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	TR7000 HF
Tasa de Flujo en el Plano	ASTM D4716[3]	l/h-m	13.09
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm (Tamiz)	0.300 (60)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	4.70 x 10^{-2}
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.36
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m²	1024
PROPIEDADES FÍSICAS	**NORMA**	**UNIDAD**	**TR7000 HF**
Espesor	ASTM D5199	mm	1.50
Resistencia UV (%Retenido@500 hr)	ASTM D4355	%	>70
Rollo ancho	Medido	m	3.85
Rollo largo	Medido	m	80
Rollo área	Calculado	m²	308

Fuente: Pavco Wavin

0000083

3.1.4.5 GEOMALLA GUX-74

TABLA 23. ***PROPIEDADES MECANICAS GUX-74***

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	GEOMALLA GUX-74
Resistencia máxima de diseño a largo plazo para 120 años de vida de diseño [2]	GRI GG4-05	kN/m	74.40
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	175
Resistencia a la tensión @2% deformación	ASTM D6637	kN/m	48.5
Resistencia a la tensión @5% deformación	ASTM D6637	kN/m	95
Resistencia en las uniones	ASTM D7737	kN/m	166.3
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg-cm	9.075.000

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.6 GEOMALLA GUX-49

TABLA 24. ***PROPIEDADES MECANICAS GUX-49***

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	GEOMALLA GUX-49
Resistencia máxima de diseño a largo plazo para 120 años de vida de diseño [2]	GRI GG4-05	kN/m	49.30
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	116
Resistencia a la tensión @2% deformación	ASTM D6637	kN/m	34.2
Resistencia a la tensión @5% deformación	ASTM D6637	kN/m	68.4
Resistencia en las uniones	ASTM D7737	kN/m	110.2
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg-cm	2.800.000

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.7 GEOMALLA GUX-37

TABLA 25. ***PROPIEDADES MECANICAS GUX-37***

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	GEOMALLA GUX-37
Resistencia máxima de diseño a largo plazo para 120 años de vida de diseño [2]	GRI GG4-05	kN/m	37.00
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	87
Resistencia a la tensión @2% deformación	ASTM D6637	kN/m	24.7
Resistencia a la tensión @5% deformación	ASTM D6637	kN/m	47.5
Resistencia en las uniones	ASTM D7737	kN/m	82.7
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg-cm	1.000.000

Fuente: Pavco Wavin

3.1.4.8 GEOMALLA GUX-25

TABLA 26. ***PROPIEDADES MECANICAS GUX-25***

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	GEOMALLA GUX-25
Resistencia máxima de diseño a largo plazo para 120 años de vida de diseño [2]	GRI GG4-05	kN/m	24.60
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	59
Resistencia a la tensión @2% deformación	ASTM D6637	kN/m	16.2
Resistencia a la tensión @5% deformación	ASTM D6637	kN/m	30.4
Resistencia en las uniones	ASTM D7737	kN/m	56.1
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg-cm	400.000

Fuente: Pavco Wavin

3.2 PROCESO CONSTRUTIVO Y DESCRIPCION DE OBRAS

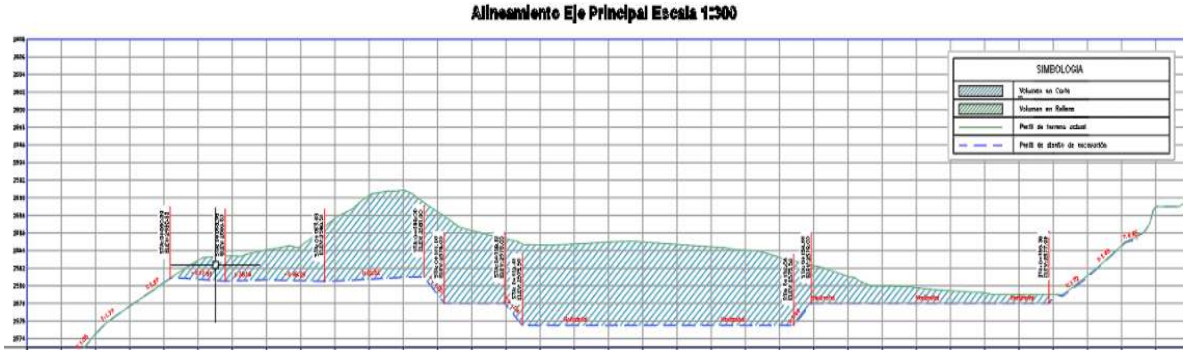
El diseño de la estructura reforzada considera 4 etapas distribuidas de las siguiente manera; las dos primeras analizan las estabilidades internas y externas del muro que van determinadas por las especificaciones técnicas del geosintético en consideración, los espesores de capa que conformarán el muro cuantificándose un análisis de equilibrio limite obteniendo un factor de seguridad por deslizamiento, volteo y capacidad portante, las dos últimas como lo son la estabilidad global, de protección y drenaje determinaran la fachada del muro condiciones de drenaje y subdrenaje.

Como se estableció en los planos referente a la alternativa de contención el muro armado se diseñó con base a el cumplimiento de la estabilidad en las diferentes variables, y a partir de ahí se generó la geometría, cimiento, volumen y obras necesarias. El volumen total del muro armado será de 43517.15 m³ partiendo desde la base (cimentación) hasta la cota de la corona.

3.2.1 ADECUACIÓN DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN DEL MURO

La construcción de esta alternativa de cierre del cubeto 11 se realizará partiendo de la eliminación de la laguna 9 y el retiro del dique de dicha laguna, que se encuentra actualmente en el área. Este volumen se retirará a partir de la cota 2590.9 m.s.n.m hasta la cota 2575,5 m.s.n.m excavando un volumen de 34944.10 m3.

FIGURA 19. **PERFIL DE ÁREA DE EXCAVACIÓN MURO DE CONTENCIÓN**



Fuente: Elaboración propia.

Para efectuar tal operación se requiere de maquinaria adecuada dispuesta por el constructor realizando un proceso directo de arranque, cargue y descargue en un área de depósito final (ZODME).

Al igual que en la segunda alternativa y teniendo en cuenta que esta obra se desarrollara en el área donde también está proyectado el dique se recomienda adecuar la vía de acceso hasta el sector de labores, de esta manera se requiere la maquinaria propuesta a continuación:

TABLA 27. ***MAQUINARIA PARA LABORES DE ADECUACIÓN.***

MAQUINARIA	CANTIDAD	CAPACIDAD
Bulldozer	1	D6
Motoniveladora	1	140m-140k
Retroexcavadora de oruga	2	1 m³ de cargue
Retroexcavadora de llantas	1	1 m³ de cargue

0000086

Volquetas	4	14m³

Fuente: El estudio

3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE COLCHON DRENANTE - SUBDRENANTE

El colchón drenante está compuesto por un medio filtrante de dos capas Geotextil NT-2000, un material granular con un espesor 0.50 metros en función de que se filtre los fluidos, retenga los materiales finos y evitar la contaminación del colchón.

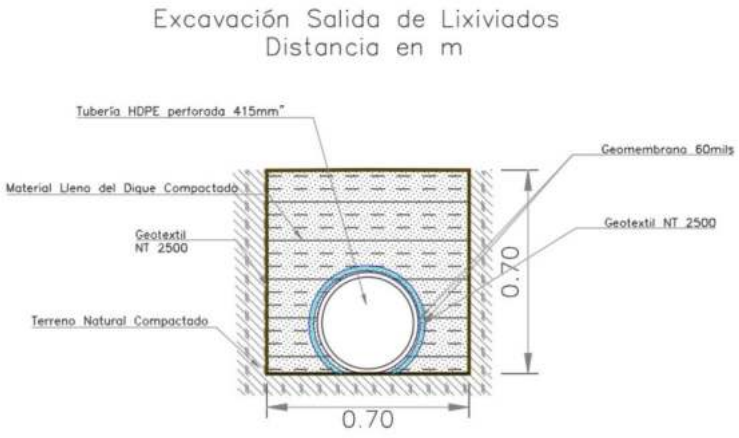
La instalación que se realice para la tubería de drenaje será intracapas en la primera etapa y para la segunda etapa se realiza excavación, acorde al espacio requerido para su montaje, esta se unirá a los pozos duales en el fondo del cubeto en la cota 2580,66 msnm hasta llegar a un manhol por fuera del área de llenado a una cota de 2579,77 msnm.

En el sistema general de drenaje se contará con lloraderos serán distribuidos en un sistema 3 bolillos con una separación horizontal de 4 metros y vertical de 2 metros, evite aumento de presiones hidrostáticas excesivas en el muro.

Filtro francés: En función de captar y evacuar las aguas que se generen por filtración se construirá un filtro francés el cual ira conectado desde el colchón drenante en piedra lastre desde el punto (Este: 515627,681; Norte: 9967681,146 y elevación: 2576).

La sección de este filtro estará definida por la siguiente figura y alineada como lo presenta la siguiente tabla del eje de excavación.

FIGURA 20. **FILTRO DRENANTE**



Fuente: Elaboración propia.

0000087

TABLA 28. ***EJE DEL FILTRO***

ALINEAMIENTO EJE DEL FILTRO			
PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
P.EJE-01	515627,681	9967681,146	2576,00
P.EJE-02	515620,539	9967701,548	2575,72
P.EJE-03	515617,794	9967715,907	2575,50
P.EJE-04	515618,984	9967730,921	2575,00

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y DRENAJE

Para impedir excesos de presión de poros y empujes laterales en los muros de contención se recomienda:

Es necesario instalar en la zona de cimentación del muro, un colchón drenante con material tipo filtro y envuelto en un geotextil no tejido, el espesor del sistema de drenaje en la cimentación del muro debe ser de 0.5 metros, al finalizar la construcción del colchón drenante se debe proporcionar una superficie plana y compactada para la construcción del muro.

El material con el que se construya el colchón drenante debe estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco (3") y el tamiz de diecinueve milímetros (3/4") con un porcentaje máximo de finos del 1%. No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmento de un solo tamaño, las partículas podrán ser redondeadas, angulares o la combinación de ellas.

Instalar mechones de geodrén planar de una longitud mínima de un 80% del ancho del muro o la longitud de la capa de geotextil, con una separación vertical de 1.5 metros y una separación horizontal de 2 metros. Deberá instalarse de forma que drene en dirección a la cara frontal del muro.

Es necesario instalar en la espalda de los diques (contra los residuos sólidos) una geomembrana HPDE 60 mils y geodrén planar de 1 metro de ancho, colocado de manera alternada, para permitir el aislamiento del muro y la evacuación de agua infiltrada o lixiviados complementariamente en la base del muro (incluidos los escalones) se deberá instalar geodrén vial con tubería de 100 milímetros de diámetro.

Fachadas flexibles: Se implementará una protección con manto de control de erosión permanente TRM, una vez finalizada la construcción del muro en suelo reforzado y alcanzada la cota final de la estructura se instala un manto de control de erosión permanente TRM sobre toda la fachada expuesta de la estructura,

Tendrá como funciones: mejorar las condiciones de crecimiento de la vegetación, evitar que el material orgánico preinstalado se desgaste o desprende a causa de la erosión y protegerán el Geotextil. Este manto debe quedar anclado en la parte superior bajo una zanja de anclaje o coronación.

3.2.3 CIMIENTO MURO ARMADO

La excavación para la cimentación del muro armado no debe superar los 40 metros por lo tanto las excavaciones para suelo de fundación no deben ser tan profundas teniendo en cuenta que con esta estructura se reducen los esfuerzos de tracción y el geotextil aplicado es muy favorable reduciendo también esfuerzos que puedan generar desplazamientos.

Las excavaciones antes de la primera capa no deberán ser superior de 0.6 metros, esta excavación debe ser rellena de material granular seleccionado de 40 a 80 centímetros que posteriormente será compactado y nivelado, este funcionará como colchón drenante y a su vez como cimentación de la estructura. En cuanto al área de cimentación para el muro armado es de 1526.25 m2, esta cimentación parte desde la cota 2575.5 msnm con una profundidad de desplante promedio de 2.5 metros.

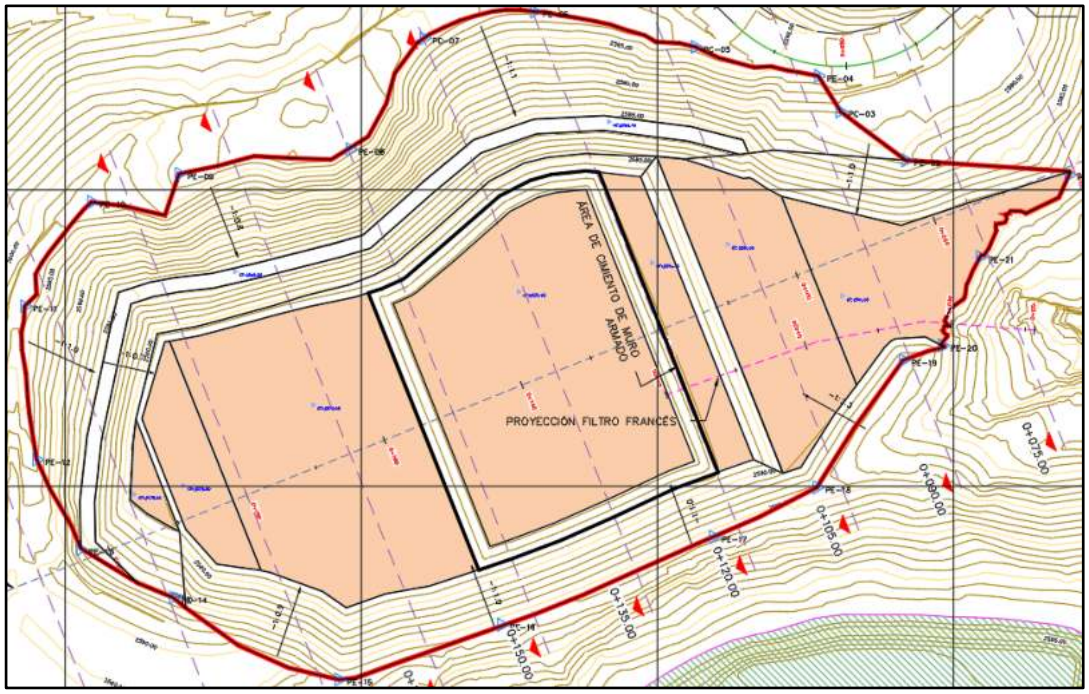
TABLA 29. ***POLÍGONO DE EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN DEL MURO***

POLÍGONO DE CIMENTACIÓN DEL MURO ARMADO			
ÁREA: 1526.255 LONGITUD: 155.184			
PUNTO	**ESTE**	**NORTE**	**ELEVACIÓN**
P.CI-01	X=515597.645	Y=9967672.094	2.578.000
P.CI-02	X=515638.190	Y=9967688.191	2.578.000
P.CI-03	X=515640.270	Y=9967682.483	2.578.000
P.CI-04	X=515644.193	Y=9967674.092	2.578.000
P.CI-05	X=515647.341	Y=9967666.941	2.578.000
P.CI-06	X=515649.784	Y=9967660.441	2.578.000
P.CI-07	X=515651.346	Y=9967655.859	2.578.000
P.CI-08	X=515613.943	Y=9967640.925	2.578.000
P.CI-09	X=515613.411	Y=9967642.664	2.578.000
P.CI-10	X=515612.126	Y=9967645.547	2.578.000
P.CI-11	X=515611.764	Y=9967646.066	2.578.000
P.CI-12	X=515600.865	Y=9967658.647	2.578.000
P.CI-13	X=515598.739	Y=9967662.845	2.578.000
P.CI-14	X=515597.956	Y=9967665.618	2.578.000
P.CI-15	X=515597.469	Y=9967670.318	2.578.000
P.CI-16	X=515597.645	Y=9967672.094	2.578.000

Fuente: Elaboración propia.

0000089

FIGURA 21. **VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL MURO.**



Fuente: Elaboración propia.

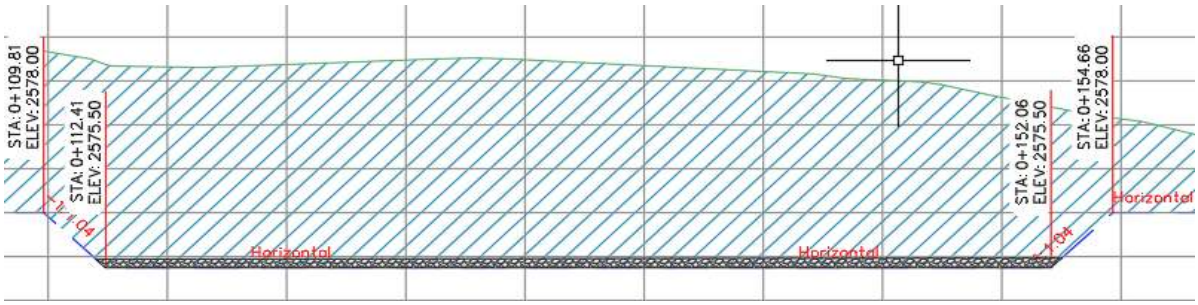
Luego de la delimitación y retiro del material de excavación se realiza el siguiente procedimiento.

Adecuación de subrasante: Se compacta la subrasante después de la nivelación por medio de estación topográfica, la nivelación es realizada con maquinaria pesada (bulldozer) y culminará con una compactación, labor realizada con vibrocompactador preferiblemente de 12 toneladas teniendo en cuenta las dimensiones del área.

Geotextil: La instalación del geotextil el cual evita también posibles erosiones y cumple función de drenaje. El geotextil se instalará en el terreno afirmado donde se llevará a cabo el levantamiento de las capas que conformaran el muro. Una vez se instale la primera capa de geotextil la cual comprenderá un área de 1159.65 m² se depositará como base material granular que luego será cubierto de otra capa de geotextil de 1258.44 m² y así proceder la conformación de las capas compactadas de material seleccionado. De esta manera se recomienda utilizar geotextil (NT-2400).

Lastre: Una vez instalado el primer tendido de geotextil se depositará y se instalará material de peña (Lastre $\geqslant$16 in $\leqslant$ 32 in, su tamaño no deberá superar los 80 cms de espesor como tampoco debe ser menor a 40 cm, este material generalmente se utiliza para este tipo de cimentaciones, esta implementación brinda resistencia a la acción de las cargas ya sean estáticas o dinámicas.

FIGURA 22. **PERFIL EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL MURO**



Fuente: Elaboración propia.

La maquinaria necesaria para la construcción de la cimentación del muro será sugerida en la siguiente tabla:

TABLA 30. ***MAQUINARIA NECESARIA PARA LABORES DE CORTE, EXCAVACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTO***

MAQUINARIA	CANTIDAD	CAPACIDAD	FUNCIÓN
Bulldozer	1	D6	Nivelación, arrastre de material, escarificación
Retroexcavadora de llantas	1	1 m³ de cargue	Cargue de material, escarificación, Varios
Retroexcavadora de oruga	2	1 m³ de cargue	Arranque de material, cargue de material
Volquetas	4	14m³	Transporte y descargue de material
Vibrocompactador	1	12 Ton	Compactación de material

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DEL MURO

Este material cumple una función fundamental en la estructura se instala de forma perpendicular de la línea del talud.

Para esta estructura se tuvieron en cuenta diferentes consideraciones con el fin de generar su geometría como son: la topografía, los estudios de suelos, la caracterización del material de relleno, las cargas, las consideraciones sísmicas y geosintético a utilizar, estas nos permiten generar un elemento apropiado con medidas y dimensiones definidas que logren soportar las tensiones a las que estará sometido.

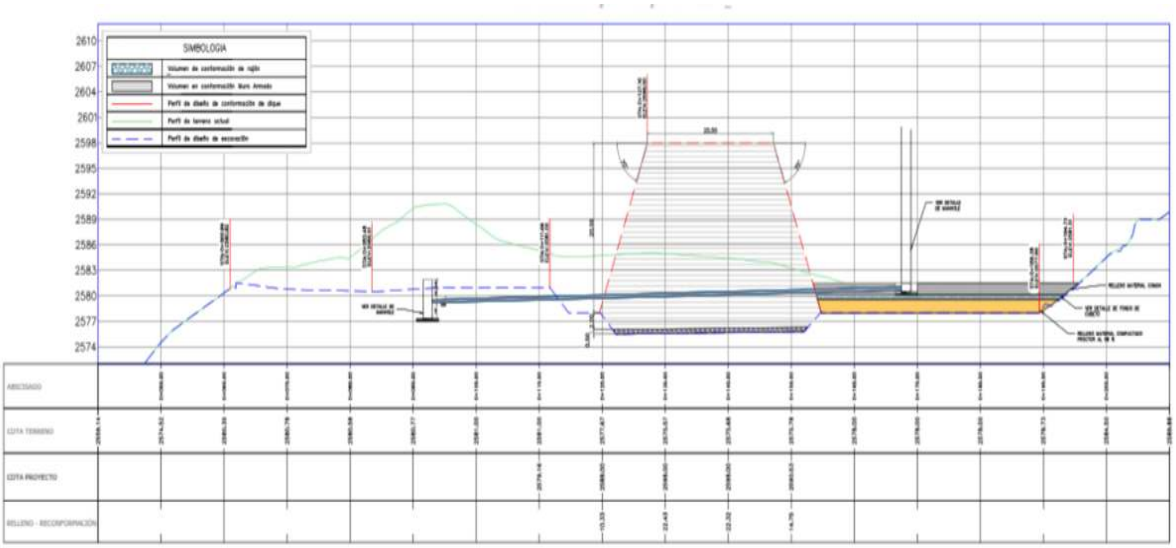
Mediante la caracterización del material a utilizar para el relleno del muro y los materiales que estarán en el área de trabajo, se implementó la herramienta GeoSoft, para hallar los geosintético más efectivos

para el proyecto, a partir de estos resultados se modela en el programa Slide6.0 en condición estática y dinámica, buscando el cumplimiento de las condiciones de factor de seguridad.

Para la geometría inicial se tiene en cuenta lo siguiente:

- La base del muro debe ser como mínimo el 80% de la altura del muro.
- Para que se considere un muro reforzado la pendiente máxima no debe estar por debajo de los 70°
- El rango de espesor de las capas se encuentra entre 0.3 y 0.6m

FIGURA 23. **DISEÑO GEOMÉTRICO MURO ARMADO**

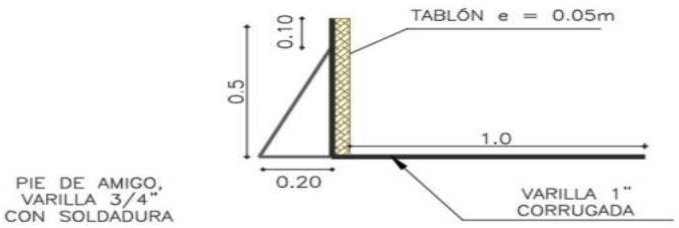


Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.1 INSTALACIÓN DE GEOTEXTILES

La instalación de geotextiles se implementan estas capas con objetivo, de garantizar la estabilidad y aumentar la capacidad portante del material que conforma el muro armado, esto quiere decir que la aplicación de estos materiales se encarga de mantener la integridad y el buen funcionamiento de dos suelos adyacentes con propiedades y características diferentes, también como complementos para ayudar a la distribución de esfuerzos hacia el suelo. En ese orden de ideas se planea la implementación de geotextiles y geomallas, en el proceso montaje de este material se utiliza una formaleta compuesta por tablones reforzado por una L de metal a lo largo de toda la línea de talud capa a capa.

FIGURA 24. **FORMALETA**



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 25. **INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL**

Fuente: Pavco Wavin

FIGURA 26. **FORMALETA PARA CONFORMACIÓN DE GEOTEXTIL POR CAPAS DE TIERRA**

Fuente: Pavco Wavin

FIGURA 27. **INSTALACIÓN GEOMALLA**

0000093

Fuente: Pavco Wavin

3.2.4.2 INSTALACION DE MATERIALES

Para la construcción del cuerpo general del muro se seleccionó material establecido de la cantera el cual cumple con los siguientes parámetros:

TABLA 31. ***PROPIEDADES DE MATERIAL COMPUESTO***

Característica	Resultado de ensayo	Cumple
Zona de aplicación	Capas del muro	
Materia orgánica	0,30%	No
Tamiz 40	0	Si
Tamiz 10	0	Si
Tamiz 200	23,40%	Si
Limite liquido	37%	Si
Índice de plasticidad	9%	Si
Índice de colapso	0,06	Si
Expansión	0,07	Si
CBR	31%	Si
Sales solubles	0,4	No
Permeabilidad	2.0 EXP -04	Baja

Fuente: Elaboración Propia.

Los taludes el muro armado estarán definidos a medida que se avance la construcción de las capas de 0.4 metros como se estableció anteriormente. El proceso constructivo de los taludes del muro estará determinado a la exactitud con la cual se construyan las capas, teniendo en cuenta que una vez realizada la capa no habrá posibilidad de perfilamiento y detalles finales como se hace en la construcción de un terraplén.

En total se construirán 55 capas de 40 centímetros de espesor alcanzando una altura de 22 metros, con una relación de 0.5H: 1V tanto en el talud interno como en el talud externo del muro armado.

La construcción de este muro armado se llevará a cabo de la siguiente manera:

Explotación de material de préstamo de la cantera establecida (Arranque, cargue, transporte y descargue).

Tendido del material en toda el área de la capa.

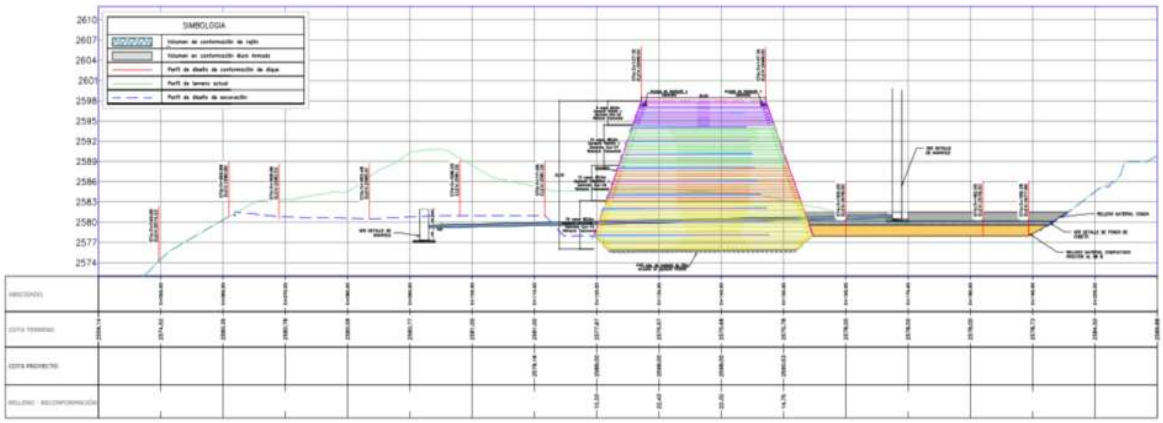
Humectación homogénea de la totalidad del material tendido.

Compactación

Correcciones: En caso de presentarse desniveles y abombamientos en el terreno que afecten los siguientes niveles se deberá hacer una operación extra que puede consistir en escarificar, renivelar o en el peor de los casos retiro y cambio de material).

Inspección y control de construcción: Se realizarán ensayos de densidades en campo donde el porcentaje de compactación de ser igual o mayor al 95% con base al resultado del ensayo de Proctor modificado.

FIGURA 28. **CONFORMACIÓN GENERAL DEL MURO ARMADO**



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4.3 CONFORMACIÓN DE CAPAS CON MATERIAL TERREO

Las capas que se construyan con este material se dispondrán sobre el geotextil debidamente tendido sobre toda el área demarcada.

Las construcciones de estas capas estarán aprobadas siempre y cuando cumpla con el 95% de compactación con base al ensayo de densidad máxima para el ensayo Proctor modificado, la humedad de estas capas estarán determinadas por el resultado que se obtenga en laboratorio en donde se recomienda este un 3 % por encima de la humedad óptima.

FIGURA 29. **COMPACTACIÓN DE CAPAS DE MURO**

Fuente: Pavco Wavin

Para la compactación de estas capas se hará con un compactador que se ajuste a las dimensiones del área el cual será a criterio del constructor y el fiscalizador, también se requiere la homogeneidad de las capas en donde la diferencia del espesor de estas no sea tan diferencial.

3.2.5 CONSTRUCCIÓN DE LA CORONA

La corona del muro armado estará definida por la última capa de construcción, esta capa como las demás tendrá un espesor de 40 centímetros y una longitud de 89 metros, pero con una diferencia de cumplir con un 98% de compactación.

En la corona se debe guardar una pendiente mínima del 2 % con una conducción debida de escorrentías. La cota máxima de la corona del muro estará en la cota 2597.

3.3 CONTROL Y CALIDAD DE LA OBRA

Con el fin de llevar el control se realizarán ensayos en cada capa y estar definido como se expresa en la siguiente tabla:

TABLA 32. ***ENSAYOS PARA EL CONTROL Y CALIDAD DE LA OBRA***

CARACTERISTICA	SUELO SELECCIONADO	PERIODICIDAD
Contenido de materia orgánica	≤0,2%	Diario
Granulometría	≤0,2%	Diario
Cernido tamiz 0,4	≤15%	Diario
Cernido tamiz 2	≤80%	Diario
Cernido tamiz 200	≤25%	Diario
Limite liquido	≤30%	Diario
índice de plasticidad	<10%	Diario
índice de colapso	≤1%	Semanal
CBR	≤3%	Semanal
Sales solubles	≤0.2%	Semanal

Fuente: Nevi – 12

A criterio del fiscalizador la variación de en la frecuencia de estos ensayos estará determinado por la homogeneidad de los materiales de construcción, en caso tal de presentarse variabilidad de estos materiales se debe presentar el resultado de los ensayos establecidos en la anterior tabla. Además del control y aprobación de los materiales con los que se construye la obra el fiscalizador deberá tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Verificar el buen funcionamiento de la maquinaria empleada.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo acordados.
- Vigilar el cumplimiento del cronograma y programa de trabajo.
- Irregularidades: En caso de presentarse irregularidades diagnosticadas por el fiscalizador el constructor deberá hacer corrección como se le determine.

3.3.1 INSTRUMENTACIÓN MURO ARMADO

3.3.1.1 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Posterior a la construcción del muro armado, se propone la construcción obras que serán complemento para garantizar la funcionalidad general y el monitoreo geotécnico del mismo.

Estas obras corresponden al manejo de lixiviados, manejos aguas lluvias, sistema de impermeabilización sintética y manejo de deformaciones en el muro armado.

3.3.1.2 MANJOLES

Los manjoles que se instalarán en el fondo del vaso servirán como herramienta de inspección y control de los lixiviados que se generen desde el fondo del cubeto, estos manjoles se construirán en el fondo del vaso con la finalidad de recibir, conducir y luego evacuar por medio de tuberías conectadas en la parte inferior con pendientes, con el fin de que se evacuen por gravedad o por bombeo cuando se requiera en caso tal, que la relación de presión de poros (Ru) aumente en la masa de residuos.

Se proyectó la instalación de dos manjoles gemelos que estarán ubicados en el fondo del vaso que será la base de la primera etapa de llenado, estratégicamente estos manjoles en el fondo de la nueva proyección se instalan con el fin de captar los lixiviados en la cavidad que se genera entre los residuos antiguos y el muro armado. Estos manjoles están referenciados por los siguientes puntos:

TABLA 33. ***PUNTOS DE INSTALACIÓN DE MANJOLES GEMELOS Y MANJOL SALIDA LIXIVIADOS DEL MURO ARMADO***

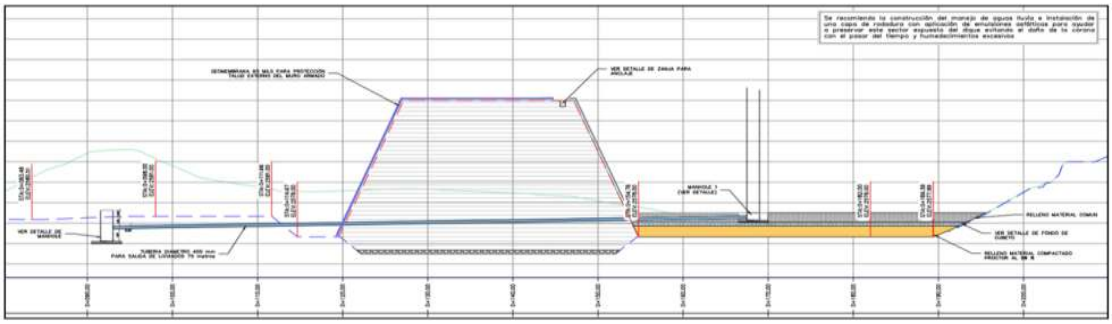
0000097

INCLINÓMETROS	COORDENADAS		COTA (msnm)
	ESTE(m)	NORTE(m)	
MANJOL-01	515643.221	9967619.515	2580.0
MANJOL-02	515632.490	9967615.232	2580.0
MANJOL-03	515608.695	9967705.988	2577.0

Fuente: Elaboración Propia.

El Manjol 3 estará por fuera del cubeto, se encargará de regular la conducción de los lixiviados provenientes de los manjoles 1 y 2. Los manjoles como instrumento de monitoreo y evacuación de lixiviados quedaran un metro por encima de la superficie. (Ver FIGURA 30).

FIGURA 30. **MANJOLES CONTROL DE LIXIVIADOS**



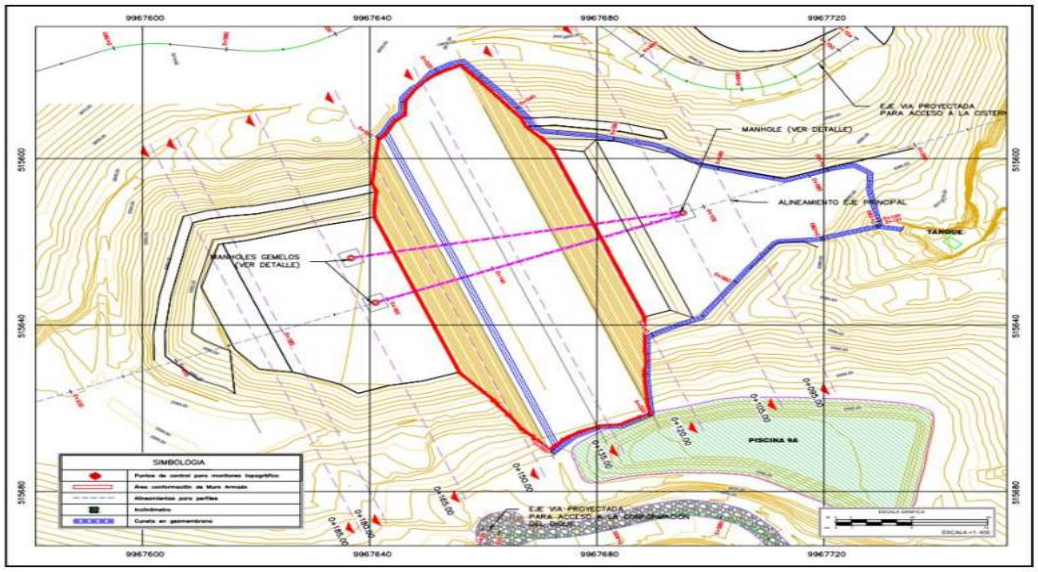
Fuente: Elaboración Propia.

La adecuación del fondo para la instalación de los manjoles parte de la cota 2578, luego se realiza un relleno de material adecuado preferiblemente de las mismas características del núcleo del muro con un espesor de 1.6 metros alcanzando la cota 2579.6 en donde se construirá la caja base del Manjol.

3.3.1.3 TUBERÍA SALIDA DE LIXIVIADOS

La salida y control de lixiviados del fondo del cubeto está definida como se explicó anteriormente con los manjoles, la conducción de estos lixiviados se establece por dos tubos de 74.5 m, tubería HDPE lisa de 400 mm, que se conectaran de los manjoles 1 y 2 hacia el Manjol 3 que esta por fuera del muro armado. A partir de la cota 2580.86 se conectará la salida de los lixiviados desde los manjoles gemelos hasta la cota 2579.0 donde se encuentra la base del Manjol 3, conduciendo por gravedad los lixiviados desde el fondo del vaso al Manjol exterior con una pendiente de 2 %

FIGURA 31. **TUBERIA DE LIXIVIADOS**



Fuente: Elaboración Propia.

Excavación para instalación de tubería transversal al muro: Para efectuar esta operación se deben hacer dos trincheras lineales de 70 centímetros de ancho X 70 centímetros de alto la cual es una sección adecuada para posicionar esta tubería que tiene 12 pulgadas de diámetro. Estas trincheras estarán definidas desde los siguientes puntos y elevación.

TABLA 34. ***PUNTOS EXCAVACIÓN DE LIXIVIADOS***

TRINCHERA	PUNTOS	COORDENADAS		COTA (msnm)
		ESTE(m)	NORTE(m)	
Trinchera 1	Punto Inicial	515641.772	9967623.117	2581.1
	Punto Final	515611.057	9967700.221	2579.2
Trinchera 2	Punto Inicial	515631.761	9967619.332	2581.1
	Punto Final	515609.999	9967699.718	2579.2

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.4 IMPERMEABILIZACIÓN SINTÉTICA

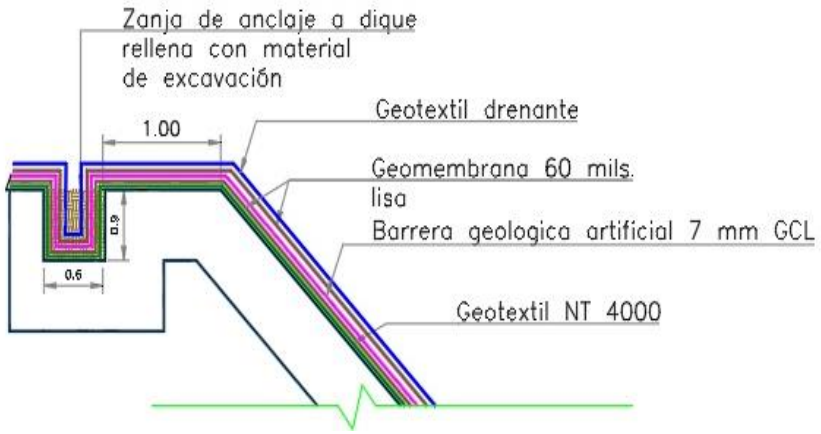
La impermeabilización del talud interior se llevará a cabo con geomembrana, geotextil no tejido y tipo drenante, en resumen, esta impermeabilización se instalará en el talud interno y consta primeramente de una capa de geotextil NT-4000, superpuesto una barrera geológica artificial de 7 mm, luego una capa de geomembrana de 60 mills cubrirá un área de 2741 m² culminando con una capa de geotextil tipo drenante, estos materiales estarán anclados en la corona. Como tal la geomembrana cumple la función impermeabilizante evitando filtración directa de lixiviado, por otra parte, el geotextil cumple la función de separar los estratos y debido a su textura reduce también la superficie de falla que se podría generar por el contacto directo de la geomembrana con los residuos.

Anclaje de geomembrana y geotextil: A una distancia de un metro del hombro (Talud interno) se realizará una excavación de las siguientes dimensiones:

- **Ancho:** 60 centímetros **Profundidad:** 60 centímetros

El anclaje se realizará depositando sobre la zanja material de construcción de terraplén.

FIGURA 32. **ANCLAJE DE GEOMEMBRANA Y GEOTEXTIL**

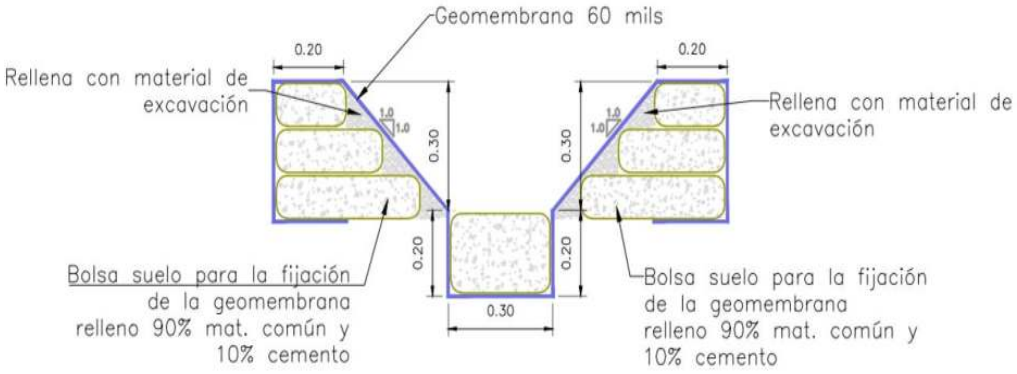


Fuente: Pavco Wavin.

3.3.1.5 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

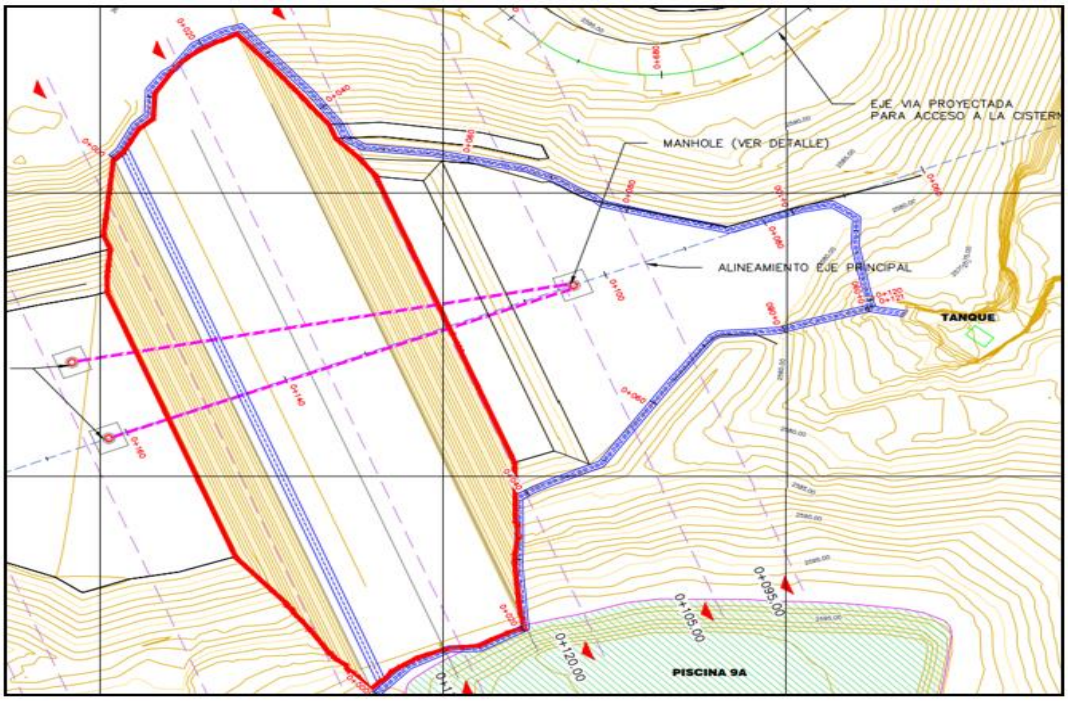
Se construirán cunetas laterales en la corona del muro armado con el fin de llevar a cabo un plan de manejo de aguas lluvias a dos aguas, estas descolarán las aguas a las cunetas perimetrales del sistema general de escorrentías. En este orden de ideas el canal de corona interceptara las aguas del nivel superior del muro que serán provenientes del primer talud del cubeto en proyección.

FIGURA 33. **DISEÑO DE CANAL DE AGUAS LLUVIAS**



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 34. **CANALES DE AGUAS LLUVIAS**



Fuente: Elaboración Propia.

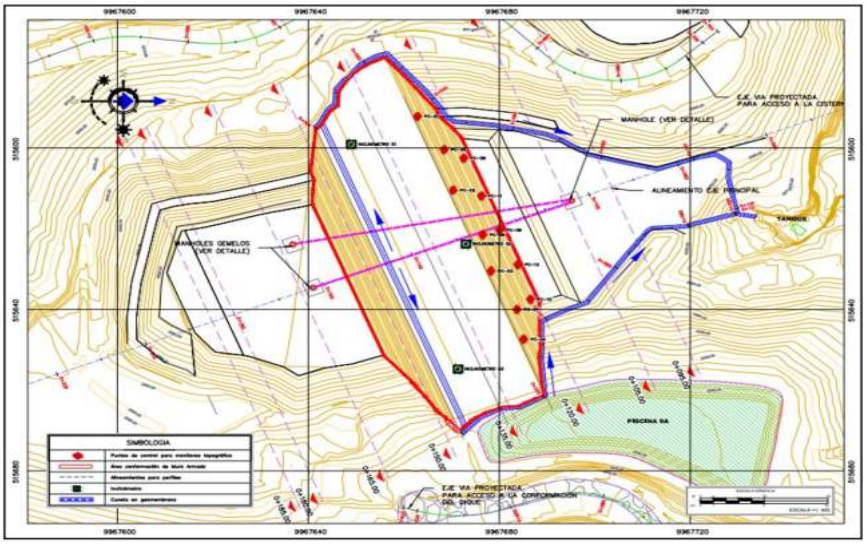
3.3.1.6 INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL MURO ARMADO

El monitoreo de las deformaciones que se dan en los taludes conformados para la contención del cubeto es de gran importancia, ya que dan a conocer el comportamiento de masa de residuos, los tipos de movimientos que presenta, asentamientos y la influencia de la presión o empuje ejercido por los residuos, todo lo anterior representa una alternativa para establecer la condición de seguridad.

Se plantea la construcción de doce (12) puntos de control topográfico, a través de la medición periódica se logrará establecer con claridad las deformaciones y asentamientos presentados en la parte exterior del muro y así poder generar recomendaciones que ayuden a salvaguardar la estabilidad de este determinando los riesgos geotécnicos.

De acuerdo con lo anterior se plantean los puntos de control mostrados en la FIGURA 35.

FIGURA 35. **DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL MURO ARMADO**



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 35. ***REFERENCIA DE PUNTOS DE CONTROL***

INCLINÓMETROS	COORDENADAS		COTA (msnm)
	ESTE(m)	NORTE(m)	
PC - 01	515592.2	9967662.84	2595.58
PC - 02	515610.5	9967670.34	2595.12
PC - 03	515630.52	9967678.25	2595.32
PC - 04	515647.43	9967685.09	2595.1
PC - 05	515600.44	9967668.42	2590.01
PC - 06	515621.53	9967676.54	2590.73
PC - 07	515640.04	9967683.7	2591.29
PC - 08	515602.54	9967672.53	2582

PC - 09	515620.37	9967680.06	2581
PC - 10	515637.54	9967686.5	2582
PC - 11	515611.91	9967676.27	2582
PC - 12	515628.9	9967683.87	2580

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.7 INCLINÓMETROS

En este proyecto se designa la intención de colocar inclinómetros que son instrumentos de medición de deformaciones generadas internamente con respecto a la superficie del terreno. Se contempla la instalación de tres (3) inclinómetros en la corona del muro armado, con el fin de monitorear las deformaciones que pueda presentar el mismo, para tomar un curso de acción anticipado de cualquier imprevisto que pueda ocurrir, siendo este instrumento vital en temas de deformaciones internas, la instalación de estos inclinómetros cubre la profundidad total del muro armado, y traspasa el suelo de cimentación alrededor

de 3 metros. Son instalados en el área que cubre el núcleo para permitir el paso por la capa de rajón que se encuentra por debajo de la estructura. La ubicación se muestra en la FIGURA 35.

La ubicación establecida para los inclinómetros es la siguiente:

TABLA 36. ***UBICACIÓN DE INCLINÓMETROS EN EL MURO ARMADO***

INCLINÓMETROS	COORDENADAS		COTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
	ESTE(m)	NORTE(m)		
INC-01	515599.09	9967648.98	2598	33
INC-02	515654.77	9967671.3	2598	33
INC-03	515623.77	9967672.95	2598	33

Fuente: Elaboración Propia.

3.4 MODELACION GEOTÉCNICA PARA TIERRA ARMADA

3.4.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

3.4.1.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MURO

Los resultados arrojados por las hojas de cálculo, desarrolladas por el departamento de ingeniería de Geosistemas Pavco con la metodología expuesta, se presentan a continuación:

3.4.1.2 ESTABILIDAD INTERNA MURO ARMADO H=22 M

3.4.1.2.1 PARÁMETROS CALCULADOS Y RESULTADOS H=22 M

De acuerdo con el análisis de estabilidad interna se tiene la siguiente distribución de capas para el Muro H= 22 m.

TABLA 37. ***PARÁMETROS CALCULADOS ESTABILIDAD INTERNA MURO ARMADO GEOTEXTIL***

Capa i	Z [m]	Sv diseño [m]	Geosintético	Li [m]	La [m]	Le [m]	Lt [m]	Tmax [kN/m]	Sv Calculado [m]	Verificar Sv	Le (est) mínimo	Verificar Le
1	0.4	0.40	T2400	35	2.67	32.33	36.40	7.55	0.88	OK	0.2	OK
2	0.8	0.40	T2400	35	2.62	32.38	36.40	8.29	0.8	OK	0.19	OK
3	1.2	0.40	T2400	35	2.57	32.43	36.40	9.03	0.73	OK	0.18	OK
4	1.6	0.40	T2400	35	2.52	32.48	36.40	9.77	0.68	OK	0.17	OK
5	2	0.40	T2400	35	2.48	32.52	36.40	10.51	0.63	OK	0.17	OK
6	2.4	0.40	T2400	35	2.43	32.57	36.40	11.26	0.59	OK	0.16	OK
7	2.8	0.40	T2400	35	2.38	32.62	36.40	12	0.55	OK	0.16	OK
8	3.2	0.40	T2400	35	2.33	32.67	36.40	12.74	0.52	OK	0.16	OK
9	3.6	0.40	T2400	35	2.28	32.72	36.40	13.48	0.49	OK	0.15	OK
10	4	0.40	TR4000	35	2.23	32.77	36.40	14.23	0.78	OK	0.15	OK
11	4.4	0.40	TR4000	35	2.18	32.82	36.40	14.97	0.74	OK	0.15	OK
12	4.8	0.40	TR4000	35	2.13	32.87	36.40	15.71	0.7	OK	0.15	OK
13	5.2	0.40	TR4000	35	2.08	32.92	36.40	16.45	0.67	OK	0.15	OK
14	5.6	0.40	TR4000	35	2.03	32.97	36.40	17.19	0.64	OK	0.14	OK
15	6	0.40	TR4000	35	1.98	33.02	36.40	17.94	0.62	OK	0.14	OK
16	6.4	0.40	TR4000	35	1.93	33.07	36.40	18.68	0.59	OK	0.14	OK
17	6.8	0.40	TR4000	35	1.88	33.12	36.40	19.42	0.57	OK	0.14	OK
18	7.2	0.40	TR4000	35	1.83	33.17	36.40	20.16	0.55	OK	0.14	OK
19	7.6	0.40	TR4000	35	1.78	33.22	36.40	20.91	0.53	OK	0.14	OK
20	8	0.40	TR4000	35	1.73	33.27	36.40	21.65	0.51	OK	0.14	OK
21	8.4	0.40	TR4000	35	1.68	33.32	36.40	22.39	0.49	OK	0.14	OK
22	8.8	0.40	TR4000	35	1.63	33.37	36.40	23.13	0.48	OK	0.14	OK
23	9.2	0.40	TR4000	35	1.58	33.42	36.40	23.87	0.46	OK	0.14	OK
24	9.6	0.40	TR5000 HF	35	1.53	33.47	36.40	24.62	0.45	OK	0.14	OK
25	10	0.40	TR5000 HF	35	1.49	33.51	36.40	25.36	0.59	OK	0.13	OK

26	10.4	0.40	TR5000 HF	35	1.44	33.56	36.40	26.1	0.57	OK	0.13	OK
27	10.8	0.40	TR5000 HF	35	1.39	33.61	36.40	26.84	0.55	OK	0.13	OK
28	11.2	0.40	TR5000 HF	35	1.34	33.66	36.40	27.58	0.54	OK	0.13	OK
29	11.6	0.40	TR5000 HF	35	1.29	33.71	36.40	28.33	0.53	OK	0.13	OK
30	12	0.40	TR5000 HF	35	1.24	33.76	36.40	29.07	0.51	OK	0.13	OK
31	12.4	0.40	TR5000 HF	35	1.19	33.81	36.40	29.81	0.5	OK	0.13	OK
32	12.8	0.40	TR5000 HF	35	1.14	33.86	36.40	30.55	0.49	OK	0.13	OK
33	13.2	0.40	TR5000 HF	35	1.09	33.91	36.40	31.3	0.48	OK	0.13	OK
34	13.6	0.40	TR5000 HF	35	1.04	33.96	36.40	32.04	0.46	OK	0.13	OK
35	14	0.40	TR5000 HF	35	0.99	34.01	36.40	32.78	0.45	OK	0.13	OK
36	14.4	0.40	TR5000 HF	35	0.94	34.06	36.40	33.52	0.44	OK	0.13	OK
37	14.8	0.40	TR7000 HF	35	0.89	34.11	36.40	34.26	0.43	OK	0.13	OK
38	15.2	0.40	TR7000 HF	35	0.84	34.16	36.40	35.01	0.66	OK	0.13	OK
39	15.6	0.40	TR7000 HF	35	0.79	34.21	36.40	35.75	0.65	OK	0.13	OK
40	16	0.40	TR7000 HF	35	0.74	34.26	36.40	36.49	0.63	OK	0.13	OK
41	16.4	0.40	TR7000 HF	35	0.69	34.31	36.40	37.23	0.62	OK	0.13	OK
42	16.8	0.40	TR7000 HF	35	0.64	34.36	36.40	37.98	0.61	OK	0.13	OK
43	17.2	0.40	TR7000 HF	35	0.59	34.41	36.40	38.72	0.6	OK	0.13	OK
44	17.6	0.40	TR7000 HF	35	0.54	34.46	36.40	39.46	0.59	OK	0.13	OK
45	18	0.40	TR7000 HF	35	0.5	34.5	36.40	40.2	0.58	OK	0.13	OK
46	18.4	0.40	TR7000 HF	35	0.45	34.55	36.40	40.94	0.57	OK	0.13	OK
47	18.8	0.40	TR7000 HF	35	0.4	34.6	36.40	41.69	0.56	OK	0.13	OK
48	19.2	0.40	TR7000 HF	35	0.35	34.65	36.40	42.43	0.55	OK	0.13	OK
49	19.6	0.40	TR7000 HF	35	0.3	34.7	36.40	43.17	0.54	OK	0.13	OK
50	20	0.40	TR7000 HF	35	0.25	34.75	36.40	43.91	0.53	OK	0.13	OK
51	20.4	0.40	TR7000 HF	35	0.2	34.8	36.40	44.66	0.52	OK	0.13	OK
52	20.8	0.40	TR7000 HF	35	0.15	34.85	36.40	45.4	0.51	OK	0.13	OK
53	21.2	0.40	TR7000 HF	35	0.1	34.9	36.40	46.14	0.5	OK	0.13	OK
54	21.6	0.40	TR7000 HF	35	0.05	34.95	36.40	46.88	0.49	OK	0.13	OK
55	22	0.40	TR7000 HF	35	0	35	36.40	47.62	0.49	OK	0.13	OK

Fuente: Geosoft v4.0

TABLA 38. ***PARÁMETROS CALCULADOS ESTABILIDAD INTERNA MURO ARMADO GEOMALLA***

Capa i	Z [m]	Sv diseño [m]	Geosintético	Li [m]	La [m]	Le [m]	Lt [m]	Tmax [kN/m]	Sv Calculado [m]	Verificar Sv	Le (est) mínimo	Verificar Le
1	0.4	0.40	GUX-25	35	2.67	32.33	36.40	7.55	1.29	OK	0.2	OK
2	0.8	0.40	GUX-25	35	2.62	32.38	36.40	8.29	1.18	OK	0.19	OK
3	1.2	0.40	GUX-25	35	2.57	32.43	36.40	9.03	1.08	OK	0.18	OK
4	1.6	0.40	GUX-25	35	2.52	32.48	36.40	9.77	1	OK	0.17	OK
5	2	0.40	GUX-25	35	2.48	32.52	36.40	10.51	0.93	OK	0.17	OK
6	2.4	0.40	GUX-25	35	2.43	32.57	36.40	11.26	0.87	OK	0.16	OK
7	2.8	0.40	GUX-25	35	2.38	32.62	36.40	12	0.81	OK	0.16	OK
8	3.2	0.40	GUX-25	35	2.33	32.67	36.40	12.74	0.77	OK	0.16	OK
9	3.6	0.40	GUX-25	35	2.28	32.72	36.40	13.48	0.72	OK	0.15	OK
10	4	0.40	GUX-37	35	2.23	32.77	36.40	14.23	1.01	OK	0.15	OK
11	4.4	0.40	GUX-37	35	2.18	32.82	36.40	14.97	0.96	OK	0.15	OK
12	4.8	0.40	GUX-37	35	2.13	32.87	36.40	15.71	0.92	OK	0.15	OK
13	5.2	0.40	GUX-37	35	2.08	32.92	36.40	16.45	0.87	OK	0.15	OK
14	5.6	0.40	GUX-37	35	2.03	32.97	36.40	17.19	0.84	OK	0.14	OK
15	6	0.40	GUX-37	35	1.98	33.02	36.40	17.94	0.8	OK	0.14	OK
16	6.4	0.40	GUX-37	35	1.93	33.07	36.40	18.68	0.77	OK	0.14	OK
17	6.8	0.40	GUX-37	35	1.88	33.12	36.40	19.42	0.74	OK	0.14	OK
18	7.2	0.40	GUX-37	35	1.83	33.17	36.40	20.16	0.71	OK	0.14	OK
19	7.6	0.40	GUX-37	35	1.78	33.22	36.40	20.91	0.69	OK	0.14	OK
20	8	0.40	GUX-37	35	1.73	33.27	36.40	21.65	0.66	OK	0.14	OK
21	8.4	0.40	GUX-37	35	1.68	33.32	36.40	22.39	0.64	OK	0.14	OK
22	8.8	0.40	GUX-37	35	1.63	33.37	36.40	23.13	0.62	OK	0.14	OK
23	9.2	0.40	GUX-37	35	1.58	33.42	36.40	23.87	0.6	OK	0.14	OK
24	9.6	0.40	GUX-37	35	1.53	33.47	36.40	24.62	0.58	OK	0.14	OK
25	10	0.40	GUX-49	35	1.49	33.51	36.40	25.36	0.76	OK	0.13	OK
26	10.4	0.40	GUX-49	35	1.44	33.56	36.40	26.1	0.73	OK	0.13	OK
27	10.8	0.40	GUX-49	35	1.39	33.61	36.40	26.84	0.71	OK	0.13	OK
28	11.2	0.40	GUX-49	35	1.34	33.66	36.40	27.58	0.7	OK	0.13	OK
29	11.6	0.40	GUX-49	35	1.29	33.71	36.40	28.33	0.68	OK	0.13	OK
30	12	0.40	GUX-49	35	1.24	33.76	36.40	29.07	0.66	OK	0.13	OK
31	12.4	0.40	GUX-49	35	1.19	33.81	36.40	29.81	0.64	OK	0.13	OK

32	12.8	0.40	GUX-49	35	1.14	33.86	36.40	30.55	0.63	OK	0.13	OK
33	13.2	0.40	GUX-49	35	1.09	33.91	36.40	31.3	0.61	OK	0.13	OK
34	13.6	0.40	GUX-49	35	1.04	33.96	36.40	32.04	0.6	OK	0.13	OK
35	14	0.40	GUX-49	35	0.99	34.01	36.40	32.78	0.58	OK	0.13	OK
36	14.4	0.40	GUX-49	35	0.94	34.06	36.40	33.52	0.57	OK	0.13	OK
37	14.8	0.40	GUX-49	35	0.89	34.11	36.40	34.26	0.56	OK	0.13	OK
38	15.2	0.40	GUX-74	35	0.84	34.16	36.40	35.01	0.83	OK	0.13	OK
39	15.6	0.40	GUX-74	35	0.79	34.21	36.40	35.75	0.81	OK	0.13	OK
40	16	0.40	GUX-74	35	0.74	34.26	36.40	36.49	0.79	OK	0.13	OK
41	16.4	0.40	GUX-74	35	0.69	34.31	36.40	37.23	0.78	OK	0.13	OK
42	16.8	0.40	GUX-74	35	0.64	34.36	36.40	37.98	0.76	OK	0.13	OK
43	17.2	0.40	GUX-74	35	0.59	34.41	36.40	38.72	0.75	OK	0.13	OK
44	17.6	0.40	GUX-74	35	0.54	34.46	36.40	39.46	0.73	OK	0.13	OK
45	18	0.40	GUX-74	35	0.5	34.5	36.40	40.2	0.72	OK	0.13	OK
46	18.4	0.40	GUX-74	35	0.45	34.55	36.40	40.94	0.71	OK	0.13	OK
47	18.8	0.40	GUX-74	35	0.4	34.6	36.40	41.69	0.69	OK	0.13	OK
48	19.2	0.40	GUX-74	35	0.35	34.65	36.40	42.43	0.68	OK	0.13	OK
49	19.6	0.40	GUX-74	35	0.3	34.7	36.40	43.17	0.67	OK	0.13	OK
50	20	0.40	GUX-74	35	0.25	34.75	36.40	43.91	0.66	OK	0.13	OK
51	20.4	0.40	GUX-74	35	0.2	34.8	36.40	44.66	0.65	OK	0.13	OK
52	20.8	0.40	GUX-74	35	0.15	34.85	36.40	45.4	0.64	OK	0.13	OK
53	21.2	0.40	GUX-74	35	0.1	34.9	36.40	46.14	0.63	OK	0.13	OK
54	21.6	0.40	GUX-74	35	0.05	34.95	36.40	46.88	0.62	OK	0.13	OK
55	22	0.40	GUX-74	35	0	35	36.40	47.62	0.61	OK	0.13	OK

Fuente: Geosoft v4.0

Con la distribución anterior, deberán disponerse capas de Geotextil Tejido T2400, TR4000, Geotextiles TR5000 HF y TR7000 HF, para las Geomallas se disponen capas de GUX-25, GUX-37, GUX-49, GUX-74 instaladas de acuerdo con la separación calculada, esta distribución se ajustó a las condiciones geométricas y constructivas más apropiadas tal como se muestra en el esquema del muro en suelo reforzado (Planos Muro en Suelo Reforzado), tomando las longitudes mínimas requeridas para soportar los esfuerzos a los que está sometido el muro.

3.4.2 RECOMENDACIONES

Se realizaron las modelaciones de los muros en suelo reforzado con las alturas críticas teniendo en cuenta los parámetros del material de relleno.

- Deben seguirse las especificaciones para el sistema de drenaje, de forma que se impida la presencia de agua en el muro y excesos de presión de poros en la masa de suelo.

- En necesario generar superficies planas donde el muro se va a apoyar con el terreno natural, que eviten la aparición de bulbos o deformaciones en el proceso constructivo del muro.
- Todas las recomendaciones contenidas en este documento al igual que sus anexos se entregan a nivel de prediseño, motivo por el cual, debe ser revisada y avalada por los ingenieros diseñadores o asesores del proyecto en mención, teniendo en cuenta el entorno geotécnico y las condiciones de humedad particulares del mismo.
- Este prediseño se elaboró con base en las metodologías y especificaciones de los Geosintéticos fabricados y comercializados por Geosistemas Pavco, motivo por el cual esta propuesta solo aplica para dichos materiales. En caso de emplear otra marca de Geosintético, se debe realizar una nueva propuesta de prediseño de acuerdo con sus metodologías y especificaciones particulares.

3.5 CAPACIDAD PORTANTE

3.5.1 METODOLOGÍA

Se hace uso del método de cálculo de Terzaghi (1948) para calcular la capacidad portante del suelo, del cual se obtienen los siguientes valores

TABLA 39. ***FACTORES DE CORRECCION***

Calculo de capacidad portante por terzaghi									
SUELO DE CIMENTACION		CAPACIDAD DE CARGA		FACTORES DE FORMA		FACTORES DE PROFUNDIDAD		INCLINACION DE LA CARGA	
C`	0	Nc	17,79	λcs	1	λcd	1,02	λci	0,6
φ	29,7	Nq	29,43	λqs	2,01	λqd	1,01	λqi	0,6
γ	17,25	Ny	14,89	λγs	0,29	λγd	1,01	λγi	0,11
Z	2,5								
NF	100								

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 CARGAS APLICADAS

Para el cálculo se analizan las cargas a ejercer la presión sobre el suelo de cimiento, se tienen en cuenta las cargas de la estructura (Muro armado), los residuos sólidos nuevos, agua en la estructura y las cargas vivas o vehiculares en la zona.

TABLA 40. ***CARGAS MUERTAS DE LA ESTRUCTURA***

Calculo de Cargas Muertas				
ZONA	ALTURA	DENSIDAD	CARGA	CARGA DISTRIBUIDA
MURO ARMADO	22	1,55	661032,57	385,2
RELLENO	22	1,1	31531,5	215,6
AGUA	10	1	168168	98

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 41. ***CARGAS VIVAS DE LA ESTRUCTURA***

Calculo de Cargas Vivas				
ZONA	AREA	MASA	FUERZA	CARGA
VOLQUETA	0,21	42900	420420	200,2
RETROEXCAVAD	2,27	22960,43	225012,21	49,56

Fuente: Elaboración propia.

Se generan los valores de los factores de corrección de la formula, utilizando los parámetros del suelo de cimentación.

Se realiza el cálculo de la carga ultima o capacidad portante del suelo y se obtiene el valor de la carga admisible, que depende del factor de seguridad.

TABLA 42. ***FACTORES DE CORRECCION***

Valor de carga ultima Terzaghi						
c`Ncm	ByNqC	0,5BNm	Qult	Qadm	Cargas V+M	Cumple
0	7318,73	540,29	7859,02	2619,67	919,1	OK

Fuente: Elaboración propia.

Para esta estructura las cargas a soportar están por debajo de la carga admisible del suelo de cimentación generando un factor de seguridad por encima de lo dispuesto por la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción.

3.6 ESTABILIDAD EXTERNA DEL DIQUE

Se maneja el mismo método utilizado en el dique para hallar los momentos de volcamiento y desplazamiento, la ecuación general de Rankine para la corroboración del cumplimiento de los factores de seguridad.

$$Ka = \cos\alpha \frac{cos\alpha - \sqrt{cos^2\alpha - cos^2\phi}}{cos\alpha + \sqrt{cos^2\alpha - cos^2\phi}}$$

$$Pa = \frac{1}{2} Ka\gamma H$$

Los parámetros utilizados para generar los cálculos son los valores de los RSU nuevos, el muro armado y el suelo de fundación, se utiliza el suelo en la peor condición

TABLA 43. ***PARAMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACION***

PARAMETROS			
PROPIEDADES	RESIDUOS	MURO ARMADO	SUELOS DE FUNDACION
ϕ =	30	30	30
γ(Kn/m3) =	11	15	17,3
α =	18		
C(Kpa) =	0	14,7	0
B(m)=		89,8	
H(m)=		20	

Fuente: Elaboración Propia, datos de campo.

Para los parámetros del muro armado se tiene en cuenta los establecidos por WAVIN(PAVCO), que menciona valores típicos para los suelos utilizados en el relleno del muro armado, en el caso del Angulo de fricción se utiliza un rango entre 0.7% y 0.85% del Angulo de fricción y en el caso de la cohesión se toma un valor dependiendo del porcentaje de finos en la mezcla del relleno (Véase TABLA 44).

TABLA 44. ***VALORES DE COHESION EN MURO ARMADO***

Mezclas Utilizadas	Cohesión Suelo (T/m²)	Adherencia Suelo - Geotextil (T/m)	ø Suelo (°)	δ Suelo - Geotextil (°)	Porcentaje de ø (%)
0% Limo - 100% Arena	1.00	1.80	37.0	34.5	93.20%
50% Limo - 50% Arena	3.50	1.50	35.4	30.8	87.00%
60% Limo - 40% Arena	3.70	1.50	33.0	29.9	90.60%
70% Limo - 30% Arena	3.70	1.50	32.0	25.6	80.00%
90% Limo - 10% Arena	3.80	1.60	28.7	21.1	73.50%

Fuente: Elaboración Propia, datos de campo.

Los porcentajes presentados en el material de relleno para arenas es del 24% y para los finos del 76%, ubicándolo en el cuarto rango en la tabla.

3.6.1 POR VOLCAMIENTO

El centroide del muro armado respecto al punto C en el eje X da un valor de 23,6 metros y en el eje Y es de 8,43 metros, con estos datos se generan los valores de los momentos por volcamiento y los momentos resistentes del muro y el suelo de cimentación.

$$F.Svolteo = \frac{£Mr}{£Mo}$$

$$F.Svolteo = \frac{257623.5}{5507.08} = 46.78$$

La estructura del muro armado está cumpliendo, lo dispuesto por la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción, 46.78>3.00

3.6.2 POR DESLIZAMIENTO

Los resultados para el cálculo de las fuerzas que generan una falla por deslizamiento a lo largo de la base del muro:

$$F.Svolteo = \frac{£Fr}{£Fd} = \frac{\Sigma Fvtan(k1\phi 1) + Bk2\phi 2)}{Pacos\alpha}$$

$$F.Svolteo = \frac{3747.98}{826.06} = 4.5$$

El factor de seguridad generado cumple con las condiciones propuestas por la NEC- Norma Ecuatoriana de la Construcción 4.50>1.60.

3.7 ASENTAMIENTOS

Se utiliza el software Settle 3D de la casa Rocscience y este utiliza la metodología de boussinesq, para realizar el modelamiento de los asentamientos totales generados por la estructura.

Para los parámetros utilizados del rajón o piedra lastre y el conglomerado se toman valores sugeridos en tablas basados en ensayos de laboratorio y se relacionan con resultados de SPT en campo, considerando el conglomerado GP como una roca muy dura y el material de rajon o piedra lastre se considera como una roca dura (Véase TABLA 45)

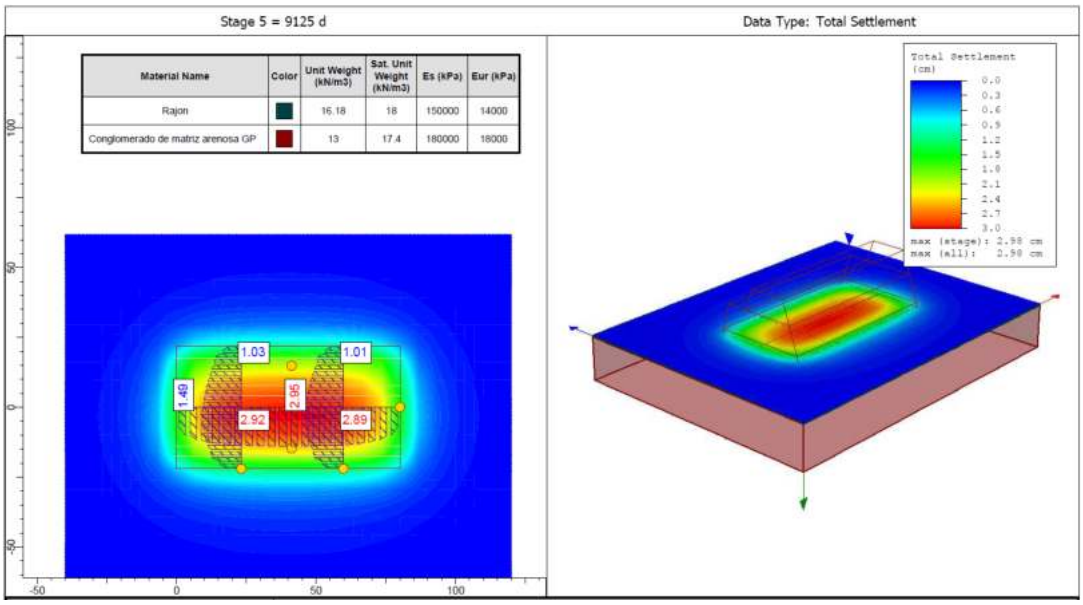
TABLA 45. ***VALORES DE ES TIPICOS EN ROCAS***

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{SPT}, resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m^2)	E (MN/m^2)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 – 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 – 100
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	100 – 500
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	500 – 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	8.000 – 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

Fuente: CTE – Código técnico de la edificación (España).

FIGURA 36. **ASENTAMIENTOS TOTALES EN DIQUE 25 AÑOS**



Fuente: Elaboración propia, Settle 3D.

Se presentan asentamientos totales de 2.98 centímetros, cumpliendo con lo exigido por la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción, no superando los 20 centímetros que nos propone la norma para un total de 25 años.

3.8 ESTABILIDAD DEL MURO ARMADO

3.8.1 MODELACION EN CONDICIONES ESTATICAS Y PSEUDOESTATICAS

Se utiliza el programa Slide6.0, para el proceso de modelación geotécnica, utilizando el método de GLS/Morgenstern-Price.

Se utilizan los perfiles generados en CivilCAD, relacionando las perforaciones para el sistema de estratos en el subsuelo, en el caso del Muro Armado se utiliza la herramienta soporte para la integración del sistema de geosintéticos, en el programa Slide6.0, a su vez estos materiales son generados mediante el programa Geosoft, arrojando la cantidad y los diferentes tipos a utilizar en las capas del muro.

Las propiedades de estos materiales se muestran en el capítulo de diseño de Muro Armado.

TABLA 46. **FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL MURO ARMADO Y LLENADO**

NOMBRE DEL PERFIL	CONDICION DE MODELACION	FS min en condición estática	Cumple/No Cumple	FSmín en condición pseudoestática	Cumple/No Cumple
Muro Armado Sin llenado	Diseño	2.355	Cumple	1.139	Cumple
Muro Armado Con llenado	Diseño	2.1	Cumple	1.082	Cumple

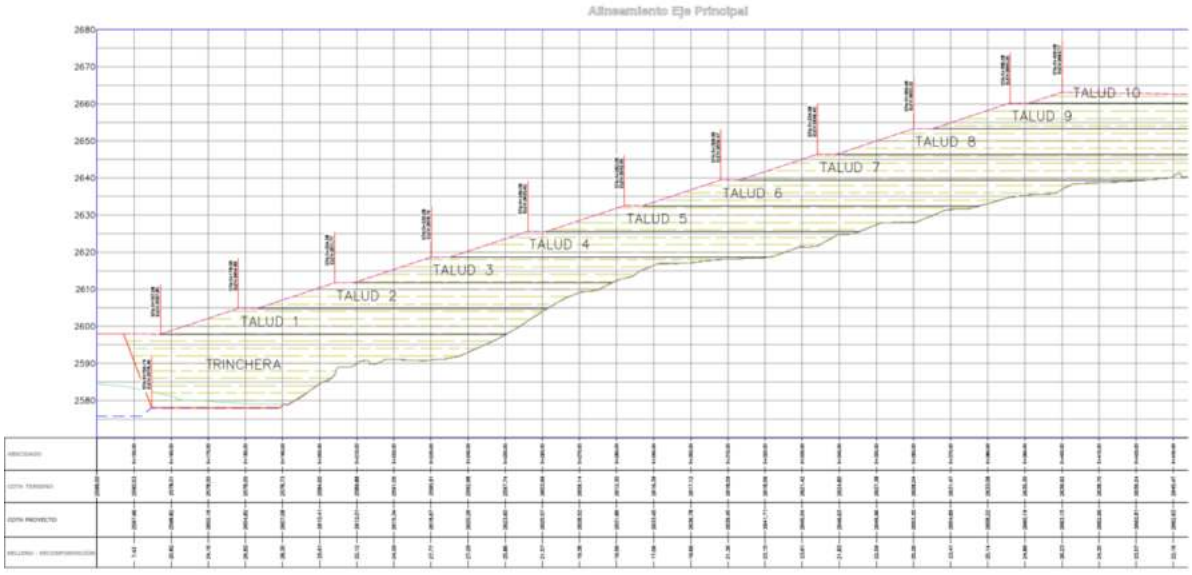
Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Estos valores son realizados bajo los términos del análisis de sensibilidad llevando los coeficientes de RU de los residuos sólidos urbanos arrojados por el programa Slide6.0. Los modelos generados en el programa con los resultados se encuentran indicados más adelante.

3.9 SECUENCIA DE LLENADO ALTERNATIVA 3

El proceso de llenado de los residuos para la alternativa 3 se deberá realizar inicialmente desde la zona comprendida entre el muro de contención nuevo y un sector más elevado de los diques 6 y 7 a nivel de la cota 2597.85 msnm, el llenado se deberá hacer en 10 taludes, como se describe a continuación. (Ver figura correspondiente)

FIGURA 37. **FASES DE LLENADO ALTERNATIVA 3**

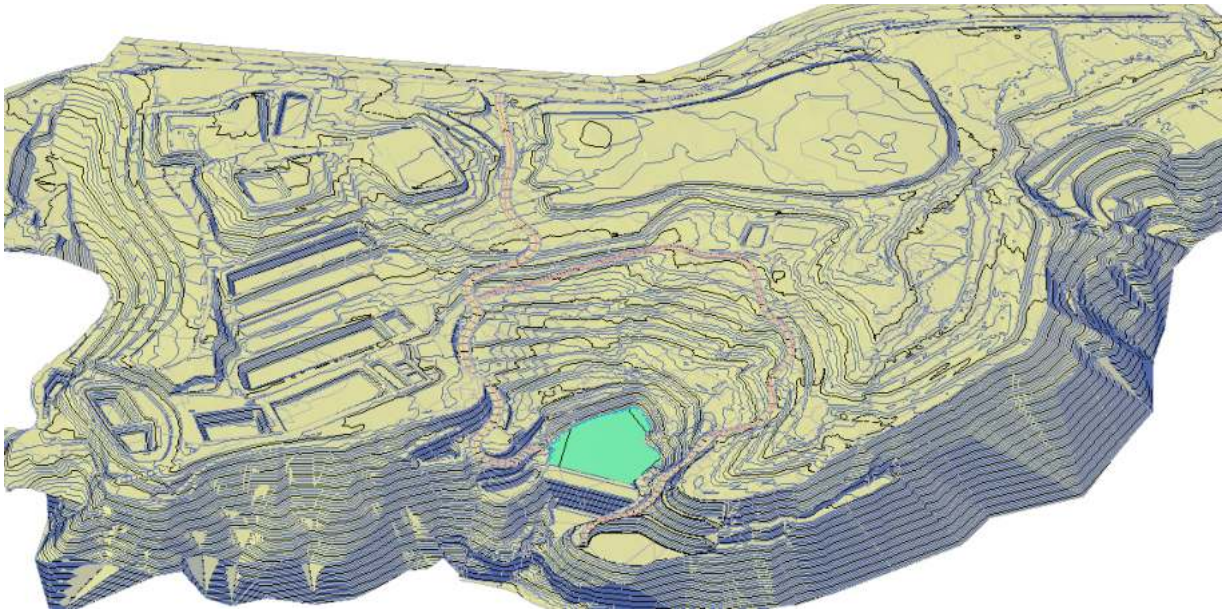


Fuente: Elaboración Propia.

3.9.1.1 TRINCHERA

Se propone iniciar el llenado desde la trinchera en la cota 2578.26 hasta la cota 2597,85 msnm y una altura de llenado de 18.71 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 68.493 m^3. Esta etapa del llenado es la más importantes ya que la compactación deberá alcanzar en su mayor nivel teniendo en cuenta el sector también tendrá los mayores empujes del relleno, así como ayudar a drenar de manera correcta el cubeto.

FIGURA 38. **FASE DE LLENADO TRINCHERA**



Fuente: Elaboración Propia

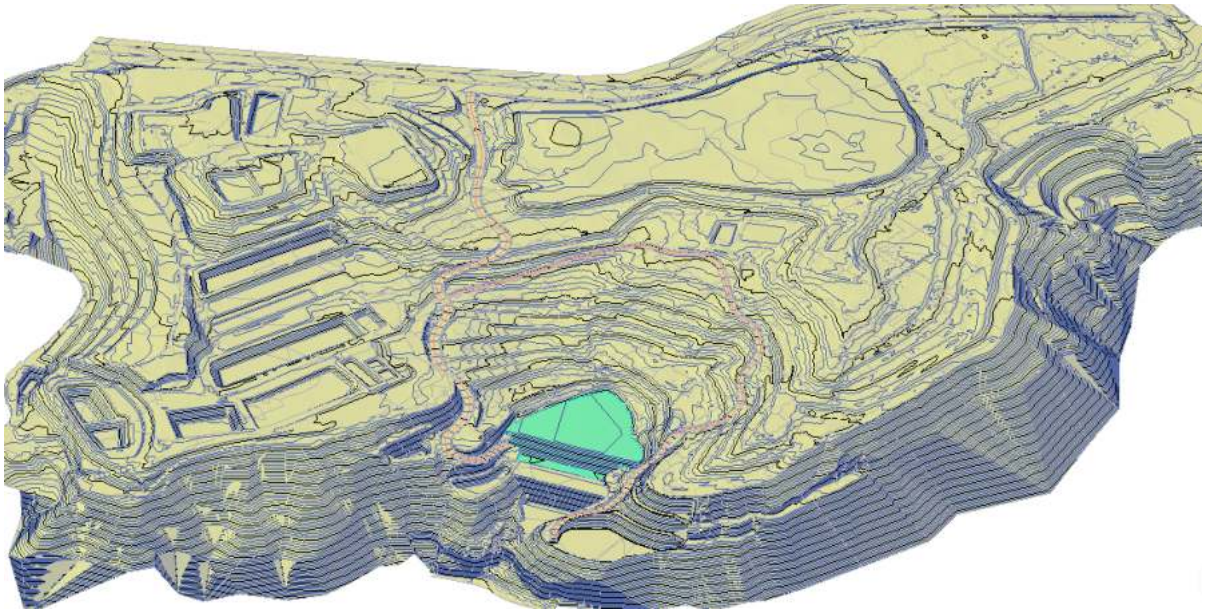
TABLA 47. ***VOLUMEN DE LLENADO TRINCHERA.***

ID	m³	VIDA ÚTIL(DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	68.493	18

3.9.1.2 TALUD 01

El primer talud se propone desde la cota 2597.85 hasta la cota 2604.85 msnm y una altura de llenado de 13.92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 44.893,92 m3. Esta etapa del llenado es la más importantes ya que la compactación deberá alcanzar en su mayor nivel teniendo en cuenta el sector también tendrá los mayores empujes del relleno, así como ayudar a drenar de manera correcta el cubeto.

FIGURA 39. **FASE DE LLENADO TALUD 1**



Fuente: Elaboración Propia

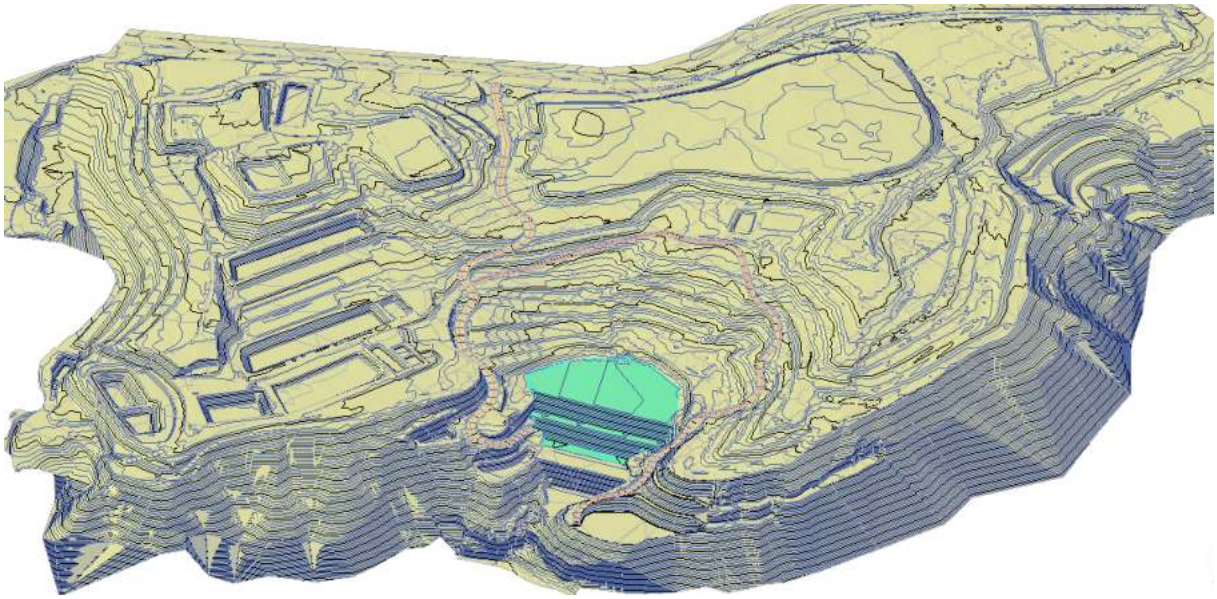
TABLA 48. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 1***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	44.893,92	14

3.9.1.3 TALUD 02

El segundo nivel se propone desde la cota 2604.77 hasta la cota 2611,77 msnm y una altura de llenado de 7 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 46.024,71 m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 14.531,54m^2 se recomienda sea implementación de cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia, así como las aguas de lixiviación.

FIGURA 40. **FASE DE LLENADO TALUD 2**



Fuente: Elaboración Propia

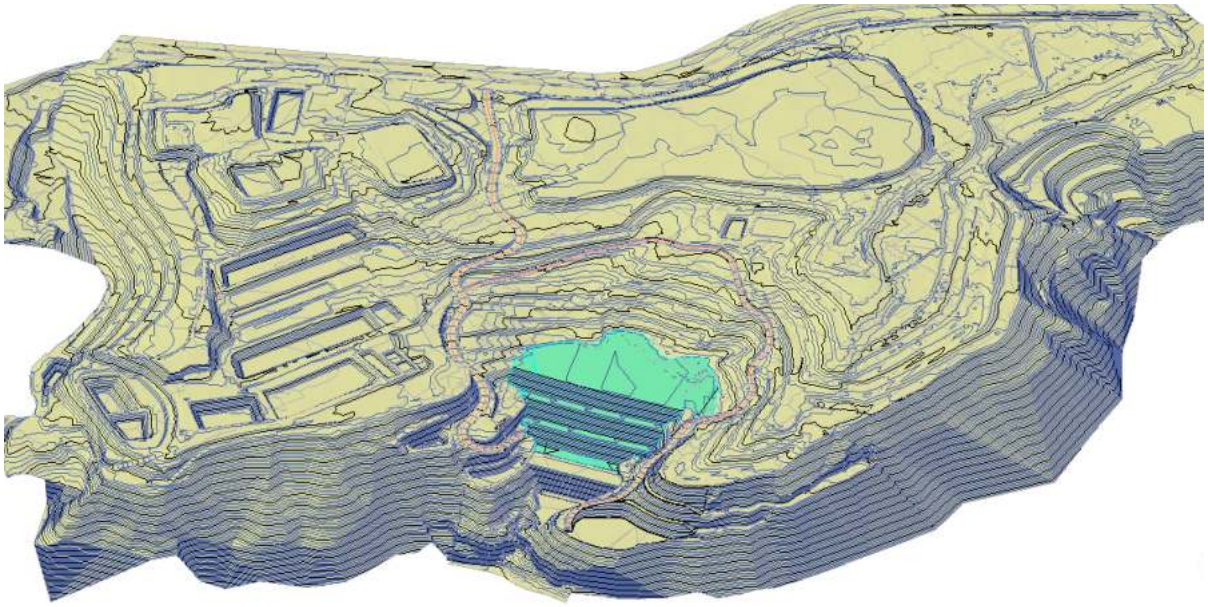
TABLA 49. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 2***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	46.024,71	15

3.9.1.4 TALUD 03

El tercer talud se propone desde la cota 2611.77 hasta la cota 2618.70 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 60.101,4m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 22.636,54m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación.

FIGURA 41. **FASE DE LLENADO TALUD 3**



Fuente: Elaboración Propia

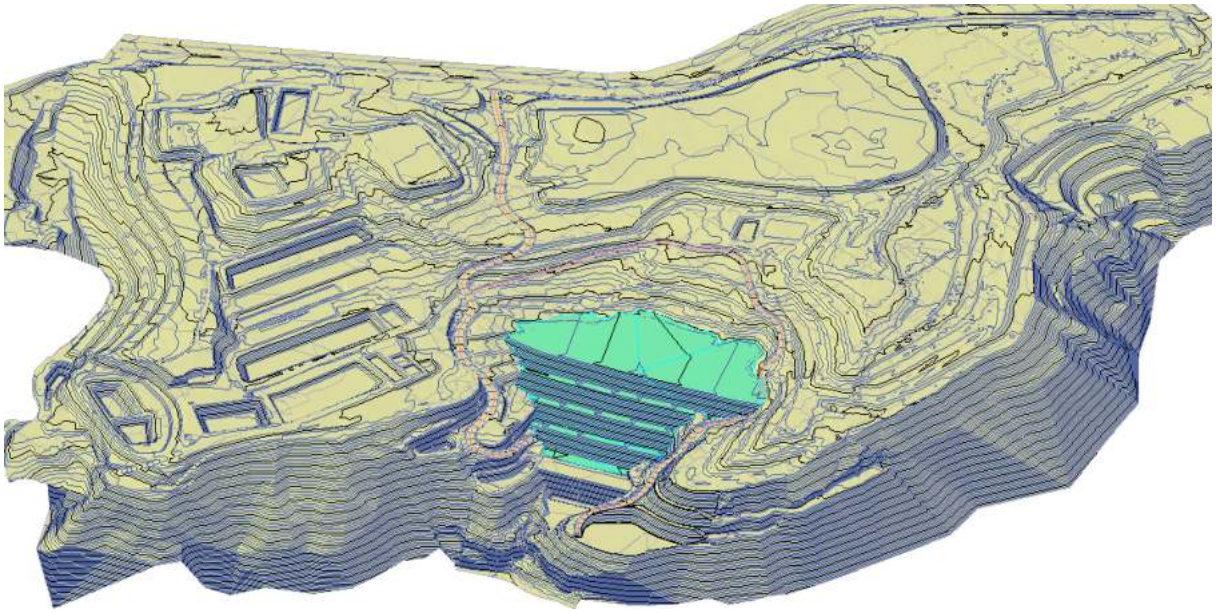
TABLA 50. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 3***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	60.101,4	20

3.9.1.5 TALUD 04

El cuarto talud se propone desde la cota 2618.70 hasta la cota 2625.62 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 99.137,23m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 32.488,41m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación.

FIGURA 42. **FASE DE TALUD 4**



Fuente: Elaboración Propia

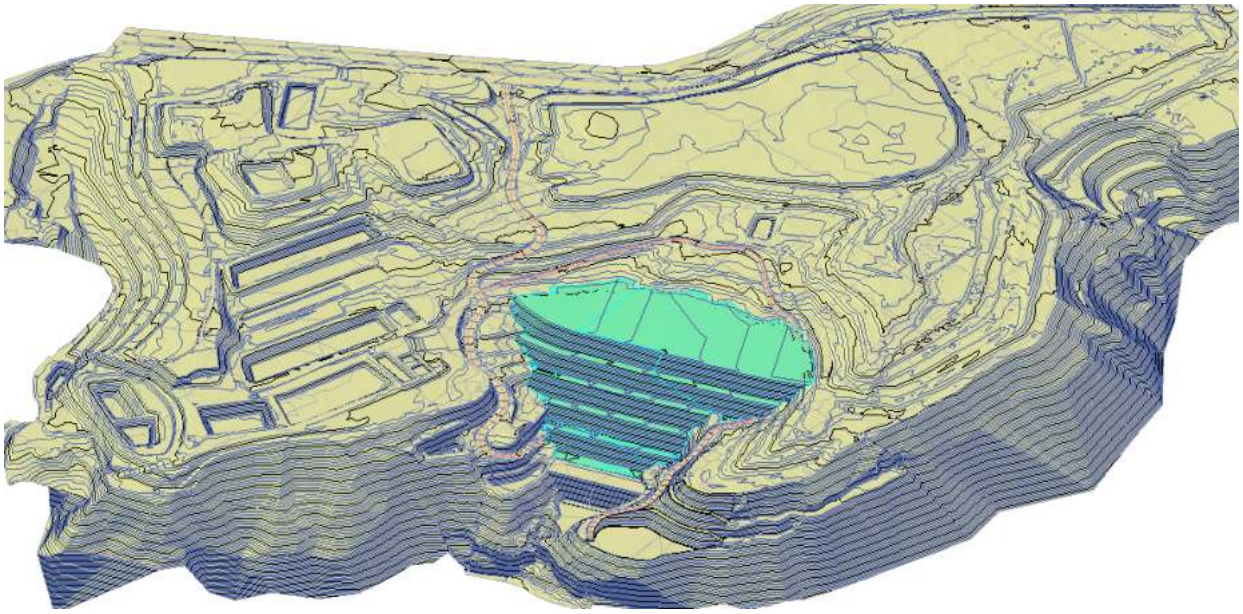
TABLA 51. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 4***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	99.137,23	33

3.9.1.6 TALUD 05

El quinto talud se propone desde la cota 2625.62 hasta la cota 2632.55 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 122.232,07m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 42.433,97 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la segunda etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 43. **FASE DE LLENADO TALUD 5**



Fuente: Elaboración Propia

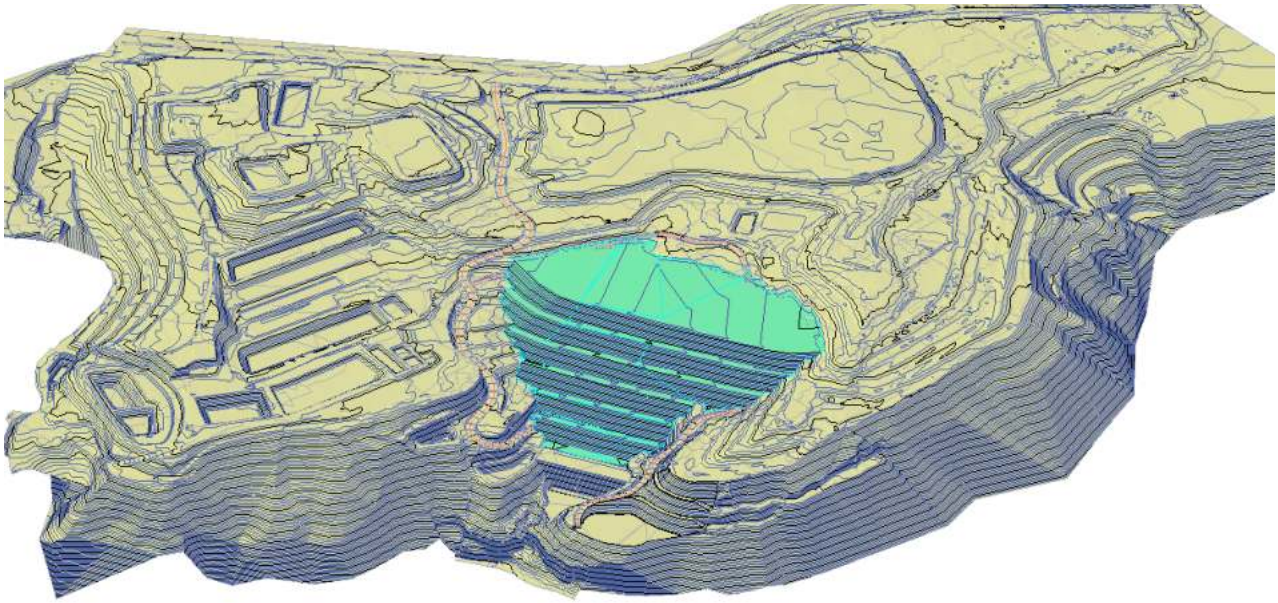
TABLA 52. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 5***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	122.232,07	40

3.9.1.7 TALUD 06

El sexto talud se propone desde la cota 2632.55 hasta la cota 2639.47 msnm y una altura de llenado de 9.85 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 145.567,99m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 54.124,77 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 44. **FASE DE LLENADO TALUD 6**



Fuente: Elaboración Propia

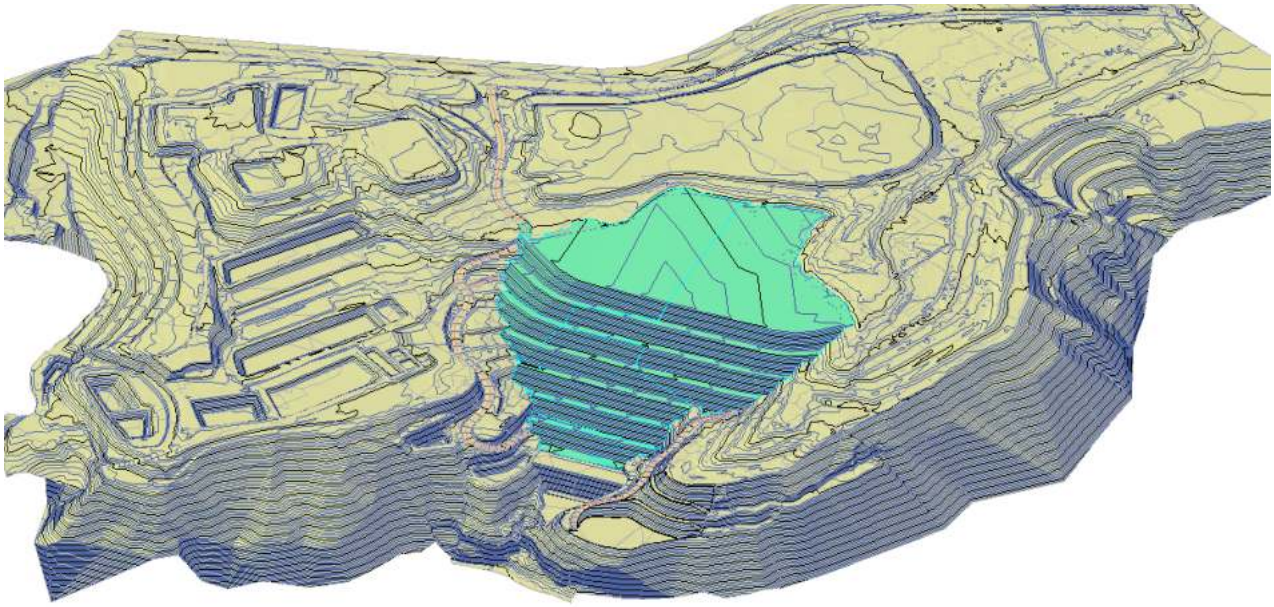
TABLA 53. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 6***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	145.567,99	48

3.9.1.8 TALUD 07

El séptimo talud se propone desde la cota 2639.47 hasta la cota 2646.40 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 198.311,67m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 74.662,16 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 45. **FASE DE LLENADO TALUD 7**



Fuente: Elaboración Propia

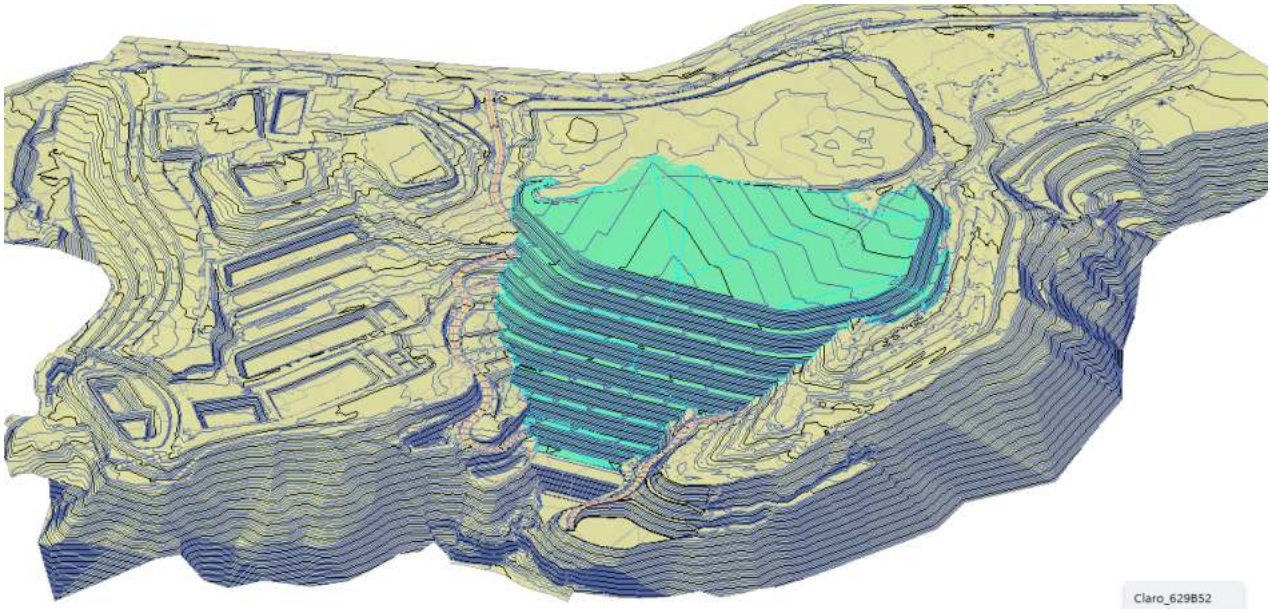
TABLA 54. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 7***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	198.311,67	66

3.9.1.9 TALUD 08

El octavo talud se propone desde la cota 2646.40 hasta la cota 2653.32 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 320.712,08 m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 106.766,94 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 46. **FASE DE LLENADO TALUD 8**



Fuente: Elaboración Propia

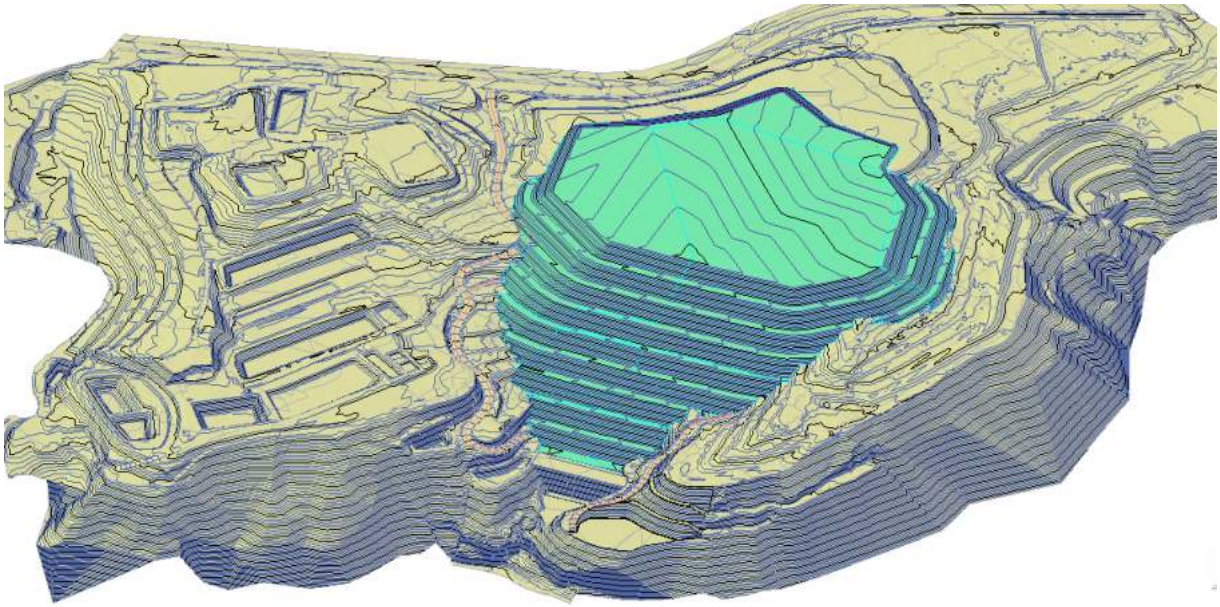
TABLA 55. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 8***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	320.712,08	106

3.9.1.10 TALUD 09

El noveno nivel se propone desde la cota 2653.32 hasta la cota 2660.25 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 432.612,77m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 13.7031,41m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 47. **FASE DE LLENADO TALUD 9**



Fuente: Elaboración Propia

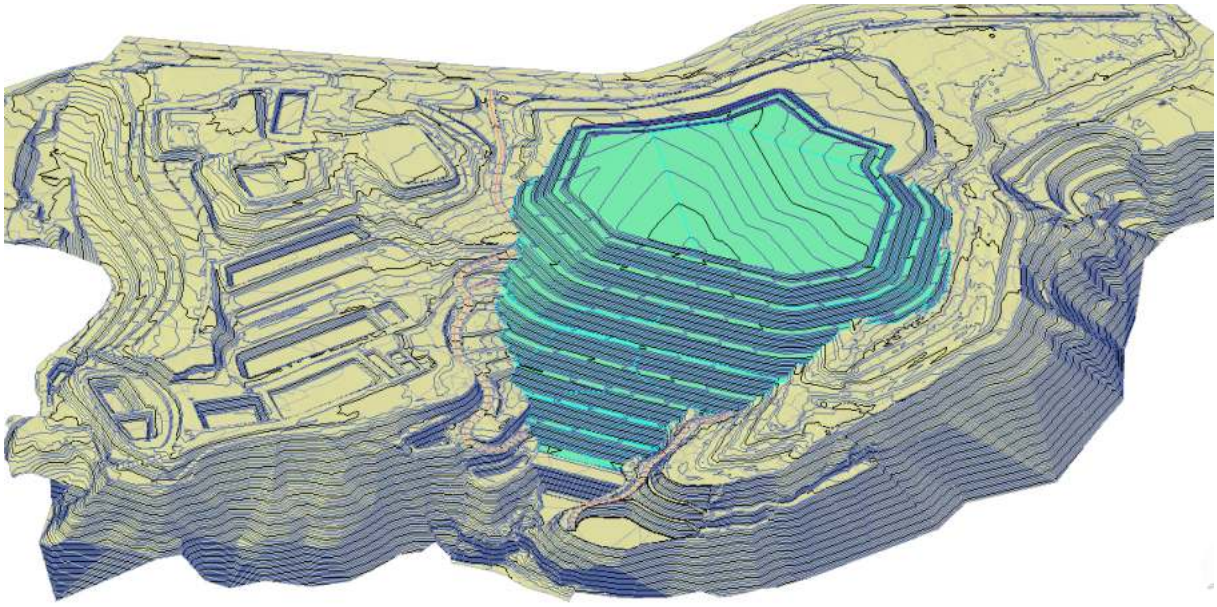
TABLA 56. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 9***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	432.612,77	144

3.9.1.11 TALUD 10

El décimo talud se propone desde la cota 2660.25 hasta la cota 2663.17 msnm y una altura de llenado de 2.92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 158.311,95 m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 13.7031,41 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 48. **FASE DE LLENADO TALUD 10**



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 57. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 10***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	158.311,95	52

TABLA 58. ***VOLUMEN DE LLENADO POR TALUD ALTERNATIVA 3***

NIVEL DE LLENADO	VOLUMEN M³	COTA MÁXIMA DE LLENADO	VIDA ÚTIL (MES)
TRINCHERA	68.493	2597,85	0.6
TALUD 1	44.893,92	2604,77	0.5
TALUD 2	46.024,71	2611,77	0.5
TALUD 3	60.101,4	2618,70	0.7
TALUD 4	99.137,23	2625,62	1.1
TALUD 5	122.232,07	2632,55	1.4
TALUD 6	145.567,99	2639,47	1.6
TALUD 7	198.311,67	2646,40	2.2
TALUD 8	320.712,08	2653,32	3.6
TALUD 9	432.612,77	2660,25	4.8

TALUD 10	158.311,95	2663,17	1.8
LLENO TOTAL	1'696.398.79	2663,17	18,7

*Nota: Se calculo estimando una cobertura del 20% y una tasa de 2400 Ton/Dia

Fuente: Elaboración Propia

3.10 ANEXOS ALTERNATIVA 3

En la carpeta 001 Anexos Alternativas, se encuentra la carpeta 01 Alternativa Muro Armado, conteniendo:

(1) DIS-M- 01 a DIS-M- 22, conteniendo Planos en PDF, para la etapa de diseño.

(2) DIS-M 01 a DIS-M- 22, conteniendo Planos en Civil3D, para la etapa de diseño.

4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

Establecidos los factores más importantes señalados, se analizará las alternativas planteadas debidamente priorizadas.

- Factibilidad técnica y económica. 0 a 5
- Posibles efectos ambientales. 0 a 5
- Impactos en la construcción y Operación. 0 a 3
- Cumplimiento de normativa ambiental. 0 a 3
- Factores estéticos y de paisajismo. 0 a 3
- Factores de riesgo. 0 a 3
- Impacto social. 0 a 3

Para el efecto se ha utilizado una escala de 1 a 3 para calificar los factores considerados, correspondiendo el valor de 3 a la situación más favorable. Por criterio de priorización el factor técnico y económico, así como el ambiental tienen una escala de 1 a 5; En consideración que un mayor puntaje corresponde a condiciones más favorables; como resultado se tiene el siguiente cuadro:

TABLA 59. ***SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS***

FACTOR DE ANÁLISIS	**ALT 1**	**ALT 2**	**ALT 3**
• Factibilidad técnica y económica.	**0**	5	4
• Posibles efectos ambientales.	**0**	4	3
• Impactos en la construcción y Operación.	**2**	2	2
• Cumplimiento de normativa ambiental.	**0**	3	3
• Factores estéticos y de paisajismo.	**2**	3	3
• Factores de riesgo.	**0**	3	1
• Impacto social	**2**	3	2
TOTAL	**06**	**23**	**19**
PUNTAJE MÁXIMO	**25**	**25**	**25**

Elaboró: El Consultor

Al ser puntuadas las alternativas se selecciona la alternativa 2, como la alternativa que obtiene el mayor puntaje, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental, riesgos y social.

5 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Analizadas las alternativas planteadas se puede acotar lo siguiente:

a. La alternativa 1 se descarta de manera tajante, pues conlleva un riesgo de deslizamiento de la masa de residuos sólidos. Esto en las condiciones actuales de la masa de residuos y condiciones actuales de operación.

b. La alternativa 1, tenía una vida útil proyectada, menor a las alternativas 2 y 3, en razón que considera un domo a la cota de 2645 aproximadamente. Dejando la vida útil restante, para el domo general de cierre del relleno; este domo presentado en la consultoría 2017, es inaplicable en las condiciones actuales, en vista que se han implementado piscinas sobre residuos y se ha construido un dren encajonado o box culvert, en la zona sur del relleno, sobre el cual no podrá colocarse residuos, sin generar un riesgo de colapso de dicha estructura.

c. La alternativa 2, presenta las condiciones más favorables desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social; optimizando el uso del espacio del predio, con un factor de seguridad que garantiza la estabilidad de la masa de residuos. Siendo esta la alternativa seleccionada que pasará a etapa de diseño final.

d. La alternativa 2, permite una operación acorde a la realidad climatológica del sitio, generando una optimización de los recursos invertidos en la construcción e incorporándose al entorno de manera favorable. Evitará la escorrentía hacia el interior de la masa, drenando al máximo el agua lluvia. Disminuyendo la producción de lixiviado –almacenado en la masa de residuos y en reservas-. Los taludes y bermas, han sido proyectados con pendientes hacia afuera del cubeto

e. Una menor cantidad de lixiviado en la masa, favorece notablemente la estabilidad de la misma, dado que la principal razón de inestabilidad es precisamente la acumulación de lixiviado al punto de saturación y los problemas que esto acarrea; a saber, incremento de la presión de poro, disminución del factor de seguridad, no permite una adecuada degradación de los residuos –generando una reducción en la producción de biogás- y sobrepresiones. Es necesario y prioritario, implementar acciones encaminadas a disminuir estos factores, previo a colocar residuos.

f. El sitio previsto para el cubeto 11, no constituye el último sitio de aprovechamiento dentro del predio, sin embargo, es necesario mejorar la capacidad de tratamiento de lixiviado, como un requisito fundamental para proceder a la construcción de la alternativa. La capacidad de tratamiento debe superar la producción de lixiviado, en consideración de la curva ascendente/descendente de producción, pues caso contrario el relleno requerirá nuevas piscinas con mayor frecuencia.

g. De ninguna manera la alternativa seleccionada ha considerado futuras sobrecargas en la masa de residuos, sobrepresiones por recirculación de lixiviados o reinyección en la masa de manera directa o indirecta (zanjas o piscinas de infiltración sobre la masa), siendo estas acciones ampliamente no recomendadas; Las condiciones presentes de saturación de masa en el cubeto 6, 7, 8, y la indeterminación de la presión de poro NO permiten colocar residuos, sin antes implementar medidas de monitoreo (inexistentes ahora), de deslixiviación y desgasificación, hasta alcanzar los parámetros recomendados; sin alcanzar los parámetros recomendados, ninguna alternativa será viable.

h. Uno de los mayores desafíos al momento de seleccionar un sitio para disposición final, es la disponibilidad o facilidad de encontrar un sitio adecuado, aislado de poblaciones cercanas, con características de barrera visual, características adecuadas de suelo, de fácil acceso; y, sobre todo, superar el rechazo inicial de la población a su implementación. Por tal motivo, el contar con un sitio ya establecido, representa un avance significativo en el Proyecto. En este sentido, la alternativa planteada es seleccionada –además de las razones planteadas-, por favorecer al máximo el uso coherente del espacio disponible, en la realidad que existen piscinas de almacenamiento sobre residuos, sobre las cuales no se puede proyectar el colocar residuos.

i. Respecto de la alternativa 3, esta se constituye en un valor agregado que presenta el consultor, como una alternativa viable, en razón que lo solicitado en los términos de referencia, es actualizar la alternativa 2017 y presentar una alternativa adicional. La alternativa 3, ha sido analizada y presupuestada, para su valoración y análisis dentro del proceso de selección de alternativas.

j. Las alternativas analizadas, previamente, han sido puestas a consideración de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP, con la finalidad de aprobar la alternativa óptima.

6 ANEXOS

(3) ALT1 Presupuesto Referencial

(4) ALT2 Presupuesto Referencial

(5) ALT3 Presupuesto Referencial

7 ANALISIS DE RODADUVIO -LAVADO DE NEUMÁTICOS-

De acuerdo a los términos de referencia sección 6.2.5 Estudios Viales, se indica lo siguiente:

"*Todos los diseños que el Consultor presente, deberán cumplir con la normativa nacional vigente que sea del caso, con su respectiva señalética vertical y horizontal; además, se diseñará un sistema de limpieza de neumáticos (rodaduvio) antes de la salida a la vía principal*".

Estos sistemas de lavado de neumáticos se conforman de varios componentes a implementar en un área relativamente grande, y comprenden los siguientes elementos.

a) Rampa de entrada.
b) Base metálica, en la que el vehículo ingresa y recibe el lavado.
c) Sistema presurizado con boquillas, que expulsan el agua hacia los neumáticos.
d) Sistema de drenaje y recolección de sedimentos y agua producto del lavado.
e) Sistema de tratamiento del agua recolectada, para su posible recirculación.
f) Sistema electrónico de control de todo el sistema.
g) Elementos complementarios, puertas de control (E/S), caminerías, complementarios.

7.1 CONSIDERACIONES DEL SISTEMA EN UN RELLENO SANITARIO

Es necesario contemplar la realidad operativa de un relleno sanitario, antes de implementar un sistema de este tipo:

7.1.1 LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO.

El predio actual donde se depositan los residuos sólidos, tiene una vida útil corta, alrededor de 1.4 años, cuando se complete el último sitio previsto y disponible. Esta consideración es fundamental, en vista que este período de vida tan corto, significaría la pérdida de inversiones en rampas, caminerías, complementarios -iluminación, canalizaciones, tuberías de abastecimiento de agua, entre otras-, al momento de trasladar el sistema de lavado hacia el nuevo sitio donde se construya el próximo relleno sanitario.

Sumado a la pérdida de elementos fijos en el actual proyecto, se tiene la muy posible pérdida de otros elementos del sistema, por transporte inadecuado o golpes al momento de carga y descarga, esta es una realidad es todo proyecto, independientemente del cuidado que se tenga al momento del manejo; rotura de mangueras del sistema hidráulico, aislamiento, pérdida de componentes, roturas, entre otros.

7.1.2 TRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCIDA.

7.1.2.1 EN VERANO

El agua que se produzca en verano será menor, pues seguramente no se lavarán las llantas, no se tiene lodo ni elementos livianos (plásticos) pegados en las llantas. Luego es de esperar que en verano el volumen de agua a tratar sea bajo relativamente.

7.1.2.2 EN INVIERNO

En invierno la realidad es completamente diferente al caso anterior, por los siguientes motivos:

a) Los vehículos ingresan al relleno y circulan por vías especialmente adecuadas, lastradas
b) Los vehículos ingresan al frente de descarga, circulando sobre una cantidad menor de livianos y una cantidad igualmente menor de lixiviado (lixiviado joven) producido por los residuos descubiertos del frente operativo y el lavado producido por el evento de lluvia.
c) Los vehículos son limpiados manualmente por los trabajadores del frente de descarga previo a su salida, retirando los elementos livianos y lodo de ingreso y maniobra (de existir).
d) Los vehículos ingresan a báscula y se retiran.

7.2 ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO

7.2.1 MANEJO DEL AGUA DE LAVADO

En la alternativa de colocar un sistema de lavado, el vehículo (que ya fue limpiado manualmente en el frente de descarga), ingresaría al sistema de lavado de ruedas, donde, el los neumáticos que tocaron lixiviados, son lavados, generando automáticamente un volumen de agua contaminada con lixiviado.

No es necesario señalar en este informe, que el tratamiento de lixiviado es extremadamente costoso, complejo, y presenta múltiples componentes que son difícil de tratar en plantas de gran tamaño,

sistemas completos y complicados que, incluso después de un tratamiento físico químico y biológico, requieren fases de ajuste antes de una descarga autorizada.

Es precisamente aquí donde falla la conceptualización de un sistema de lavado de neumáticos en un relleno sanitario, en el tratamiento del agua producto del lavado.

Una vez que el agua se contaminó (en mayor o menor proporción), esta no puede ser recirculada para el lavado del próximo vehículo, pues no se garantiza que estaría apta para este trabajo; aún si esto sucediese, es decir que se use el agua del lavado anterior (sin garantizar que no está contaminada por lixiviado en disolución), para el lavado del próximo vehículo, simplemente se acumularía la carga contaminante del primer vehículo con la del siguiente vehículo, así sucesivamente.

El agua producto del lavado, necesariamente, después de un lavado, tendría que ser enviada a la planta de tratamiento del relleno sanitario (no la planta convencional del sistema que solo captura sólidos, y realiza un tratamiento primario/secundario) , donde incrementaría la cantidad de lixiviado a tratar, colapsando la planta y el sistema, pues evidentemente, la planta de tratamiento no contempló este volumen adicional a tratar; y, peor aún, no contempló los elementos que ahora están presentes en el agua enviada (elementos en suspensión, detergentes, y otros).

Por otro lado, sistemas de este tipo, generarían livianos (bolsas y papeles pequeños adheridos a las llantas), que fueron arrastrados fuera de la celda de disposición, extendiendo la contaminación fuera del frente de trabajo y taponando sistemas de bombeo y recirculación, en caso de realizarlo sin considerar las afectaciones indicadas.

7.2.2 TIEMPOS DE ENTRADA Y SALIDA DE VEHÍCULOS

En un proyecto de relleno sanitario, no se puede tener en ningún momento vehículos estancados, o en standby, pues estos tiempos son dinero (en combustible y tiempos de viaje para traslado de un nuevo batch de residuos). Sin duda un inconveniente mayor, sería también el tener vehículos en espera de que se realice un correcto lavado. Ciertamente, mientras menos tiempo permanezca el vehículo en la plataforma de lavado, su limpieza será menor, perdiendo todo sentido implantar el sistema; considerando que los tiempos de lavado mínimos necesarios serían de tres a cinco minutos (dependiendo del tamaño del vehículo -bañera o recolector-), constados desde que el vehículo se encuentra en la entrada a plataforma de lavado listo para ingresar, hasta su salida por la puerta de evacuación, momento en el que puede ingresar otro vehículo.

Son estos los motivos por los que, un sistema de lavado de neumáticos, no es recomendable en un proyecto de relleno sanitario, siendo reemplazado por una limpieza manual cuidadosa en el frente de trabajo.

7.2.3 REQUERIMIENTOS DE ESPACIO

La implantación de un sistema de lavado, requiere un área importante, que básicamente consiste en:

a) Área para rampas de entrada y salida
b) Área para plataforma de lavado
c) Área para planta de tratamiento de agua de lavado

El sitio donde se implanta actualmente la báscula, no dispone de un área con tales características, por lo que necesariamente el vehículo tendría pesarse primero y lavarse después, lo cual no es adecuado.

Esto obliga a reubicar la báscula de pesaje, como solución técnica posible al problema, sin embargo, esto encarece el proyecto de manera contundente, pues obliga a reubicar una báscula para un tiempo de operación del relleno relativamente corto.

7.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizados las ventajas y expuestos los inconvenientes de implementar este componente, y, en vista que el sistema de rodaduvio, no consta dentro del listado de entregables del proyecto, se acuerda no incluirlo dentro del presupuesto de alternativas, dejando sin embargo sentada una opción válida de implementación en caso de requerirse.

No obstante, en cumplimiento de los Términos de Referencia, el consultor ha invitado a empresas de reconocido renombre a cotizar el sistema de lavado, el cual se adjunta como anexo a este documento.

Los parámetros de base tomados para el diseño son tipo de vehículo y frecuencia de entrada y salida, es decir que los parámetros de diseño son similares a los que se dispone para el diseño de las vías internas.

7.4 ANEXOS

(1) ROD1 Proforma 1 y 2 Sistema Rodaduvio y báscula

CAP 03. EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES

1 EVALUACIÓN: EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS DEL RELLENO SANITARIO INGA EMGIRS EP

1.1 INTRODUCCIÓN

La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP). En base a los términos de referencia y especificaciones técnicas (TDRs) decide contratar la consultoría técnica "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA." Como parte de los entregables se solicita determinar el estado actual de la Infraestructura, equipos e instalaciones electromecánicas con las que cuenta el relleno sanitario sector El INGA.

1.2 OBJETIVOS

La finalidad del presente informe es dar a conocer el estado actual de Infraestructura, equipos e instalaciones electromecánicas del Relleno Sanitario EL INGA operado por EMGIRS EP.

Realizar el levantamiento técnico de la infraestructura, equipos e instalaciones electromecánicas tomando en cuenta, todos los detalles constructivos de instalación y mantenimiento que se encuentran sobre la faja en estudio como son: Edificaciones, transformadores, generadores tableros eléctricos, motores eléctricos, bombas de transferencia, tanques de almacenamiento, sistemas de filtrado, etc.

Aplicar conocimientos de arquitectura, ingeniería y electromecánica para la generación de información primaria usando toda la información que puedan proporcionar el personal de mantenimiento de EMGIRS.

1.3 DESCRIPCION DE AMBIENTES:

El relleno sanitario consta de los siguientes ambientes los mismos que son objeto de la evaluación en el presente informe técnico:

- Edificios
- Planta Potabilizadora de agua de la vertiente del Inga
- Transformadores de distribución
- Acometidas eléctricas de los edificios, equipos eléctricos, etc.
- Iluminación de los edificios.
- Lámparas de poste.
- Generadores de Emergencia.

- Talleres de reparación.
- Bodega de repuestos.
- Plantas de tratamiento de lixiviados.
- Sistema de filtración de lixiviados.
- Bombas de transferencia de lixiviados.
- Medidores de caudal de lixiviados.
- Otros.

El detalle completo de este capítulo, se ha preferido colocarlo como un anexo, para facilidad de lectura y manejo.

1.4 ANEXOS

(1) 001 EVAL 001 Evaluación Complejo Equipo Infraestructura

CAP 04. INGENIERÍAS. GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SUELOS

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

La empresa EMGIRS en pro de continuar con sus actividades de relleno de residuos sólidos urbanos, solicita realizar la consultoría para la actualización de estudios, diseños técnicos y de ingeniería para la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de quito el inga de la cual se encarga el Ing. Ramiro Iván Reimundo Carrera, el cual le hace una solicitud de acompañamiento especializado al Ing. Geólogo Alcides Calderón especialista en geotecnia, para encargarse del diseño del dique para el llenado del cubeto 11 y su domo final.

En el presente informe se estarán dando a conocer los estudios realizados desde el ámbito geológico y geotécnico del área de estudio, con el fin de caracterizar las propiedades del suelo, físicas y mecánicas, para ser utilizadas en el análisis y los cálculos que se realizarán en función de la construcción del dique nuevo y una cisterna para acumulación de lixiviados, la cual, permitirán el desarrollo del llenado del cubeto 1.

Para esto se realizó inicialmente el estudio de la anterior consultoría realizada en el predio y a partir de estas se planificaron y llevaron a cabo unas actividades en campo: perforaciones, extracción de muestras, tomografías y líneas de refracción sísmica, que son estudios de tipo directo e indirecto respectivamente, con los que pudimos obtener resultados tanto del suelo en el área de estudio como de los residuos depositados anteriormente y sus condiciones actuales. Luego de obtener estos resultados se procede a realizar el análisis y cálculo de las capacidades del suelo y los residuos sólidos urbanos por sus siglas RSU, como capacidad portante, análisis de estabilidad, asentamientos para sugerir el diseño mas optimo en cuanto a capacidad, vida útil, conformación y técnicamente controlado bajo la norma NEC 2014 y estándares internos basados en la amplia experiencia de los profesionales en el ámbito de rellenos sanitarios.

Contractualmente (los términos de referencia y especificaciones técnicas TDRs) requieren un total de dos propuestas o alternativas para la estructura de cierre del vaso que según los análisis realizados comprenden como primera alternativa un muro en terraplén y en segundo lugar un muro en tierra reforzada, los cuales, fueron evaluados y valorados técnicamente de manera satisfactoria.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar diseños técnicos y de ingeniería para la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de quito el inga.

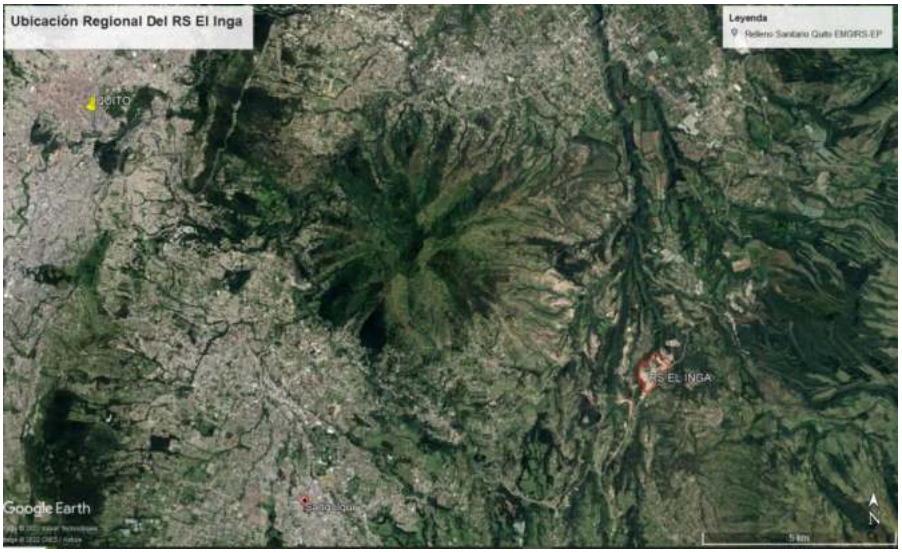
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los estudios anteriormente realizados en el área de estudio, para conocer las posibles condiciones del sitio,
- Desarrollar la exploración directa e indirecta en campo, para la recolección de datos y toma de muestras en la zona, con el fin de realizar el respectivo procesamiento de datos y los ensayos de laboratorio.
- Definir los tipos de suelo presentes en el área de estudio, así como su geología y geomorfología.
- Caracterizar los estratos encontrados en el área de influencia
- Calcular las capacidades de resistencia mecánica y de deformabilidad del suelo (capacidad portante y asentamientos).
- Diseñar un dique en terraplén como alternativa uno teniendo en cuanta las limitantes encontradas en las actividades de exploración y calcular la estabilidad externa (volcamiento y deslizamiento).
- Plantear el muro armado como segunda alternativa para soporte del llenado del cubeto 11 y su domo final.
- Trazar el área de llenado del cubeto 11 y su domo final, teniendo en cuenta la estabilidad para su diseño.
- Ubicar la cisterna para acumulación de lixiviados teniendo en cuenta los niveles de descarga en el área.
- Identificar los puntos más críticos para la colocación de la instrumentación geotécnica en el área influenciada.
- Generar los diseños para el manejo o drenaje de aguas lluvias y la generación de lixiviados.
- Definir las obras preliminares necesarias para una correcta disposición.
- Realizar las especificaciones técnicas y procesos constructivo de las obras específicas del objeto contractual.

1.3 LOCALIZACIÓN

El relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga, se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, entre la población de Sangolquí y Pifo, cantón de Rumiñahui y Quito respectivamente, en la vía Troncal de la Sierra E35(Véase FIGURA 49), se encuentra a 45Km del distrito metropolitano de Quito en el sector de El Inga bajo y colinda con el rio Inga en la zona norte.

FIGURA 49. **LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EL INGA VIA E35**



Fuente: Modificado de Google Earth.

El desarrollo del estudio se encuentra sectorizado dentro del relleno, la zona a valorarse ocupa los sectores del cubeto 6, 7, 8 y 9, y las lagunas 9 y 9A que corresponden al área en color azul (Véase FIGURA 50), que son los lugares donde se desarrollaran los objetivos de este proyecto.

FIGURA 50. **ZONA DELIMITADA PARA ESTUDIO**

Fuente: Google Earth

1.4 ALCANCE

El presente estudio se realiza con el fin de evaluar los diseños del llenado del cubeto 11 y su domo final, partiendo con el muro de contención de cierre, las obras preliminares y complementarias, necesarias para una adecuada disposición en fase de retoma.

Como se mencionó anteriormente estas estructuras cumplirán con los objetivos de dar cierre a la cuenca para poder realizar una optimización del actual vaso realizando una retoma sobre los residuos antiguos por medio de un dique o muro armado que nos sirva de soporte para los residuos sólidos urbanos que entran al relleno sanitario, adicionalmente, una cisterna para los lixiviados que se generen en el relleno y que eran recargados en la piscina No. 9 que se encuentra en el área de diseño de la estructura de soporte del llenado y que será anulada para darle prioridad al cubeto.

También se definirán algunas obras secundarias tales como los drenajes para las aguas lluvias y la escorrentía que generaran en el proyecto, definir el cauce adecuado que deben tomar estos líquidos, y el sistema de manejo de los lixiviados que es el objetivo principal de construir una cisterna en el área de estudio que nos de abasto para las recargas que llegan a la laguna 9.

1.5 MARCO NORMATIVO

Para los estudios realizados la normativa utilizada fue la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción, que contiene varios capítulos, pasamos en la sección de seguridad estructural de las edificaciones, conformada por varios capítulos NEC-SE-CG: CARGAS, NEC-SE-DS: PELIGRO SISMICO PARTE 1 A 4, NEC-SE-GC: GEOTECNIA Y CIMENTACIONES.

En la fase de campo se tienen en cuenta las normas ASTM – American Society for Testing and Materials, sobre extracción de muestras y ensayos de laboratorio, para conocer las propiedades de los suelos descritas por la norma NEC-SE-GC.

NEC-SE-CG: CARGAS; describe la forma correcta de realizar el análisis de cargas tanto vivas como muertas para su uso en los cálculos que se realizaran para el diseño.

NEC-SE-DS: PELIGRO SÍSMICO PARTE 1 A 4; que nos define características sísmicas del sector en el que se encuentra el área de estudio y las precauciones que se deben tener en cuenta al realizar los cálculos para la estabilización de las estructuras nuevas.

NEC-SE-GC: GEOTECNIA Y CIMENTACIONES; presenta la organización de un estudio de suelos, la forma correcta de realizar un estudio de suelos desde la realización de un informe hasta las consideraciones a tener en cuenta para el trabajo de campo como la cantidad de perforaciones, calicatas y estudios geofísicos.

ASTM; estas normas abarcan un sinfín de especificaciones en cualquier área de trabajo y son muy utilizadas en el ámbito de la construcción, la mayoría de los procedimientos que se realizan utilizan estas normas como guía, en nuestro caso se utilizan las normas que explican el procedimiento para realizar ensayos en laboratorio desde una granulometría hasta un triaxial UU.

Adicionalmente se aplicó la norma ecuatoriana de vía e infraestructura NEVI-12 en los apartados que tiene que ver con materiales para terraplenes y protocolos de inspección constructiva y seguimiento.

ANTECEDENTES

El relleno sanitario de EL INGA, en aras de continuar con sus actividades de disposición final de los residuos licitó un estudio sobre las áreas aprovechables en el relleno sanitario "CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS", realizado en el año 2017 en el cual se proyectó el área que abarcaría el nuevo cubeto 11 y el diseño de un dique en terraplén que soportara las cargas de los RSU, adicionalmente el diseño de obras secundarias para el manejo de los lixiviados que se generan de los anteriores cubetos y los que se generaran del cubeto en cuestión, también las obras de drenaje de aguas lluvias que recogerá esta estructura.

En el presente año la empresa operadora del relleno decide realizar una verificación de dichos estudios y diseños generando una nueva licitación en la cual se solicita realizar una valoración y análisis de los estudios entregados en el 2017, a partir de esta evaluación se plantean dos alternativas reales (dique y muro armado) para selección del contratante.

2 CARACTERIZACIÓN GEOESFÉRICA

Se realiza descripción del subsuelo su litología, estratigrafía y nivel superficial las formas del relieve presentes en el área de estudio.

2.1 COMPONENTE GEOLÓGICO

2.1.1 METODOLOGÍA

Con el fin de conocer las características geológicas del área de influencia del Relleno Sanitario El Inga, fueron desarrolladas una serie de actividades que se listan a continuación:

- Recopilación y análisis de información secundaria concerniente al área de análisis.
- Interpretación de ortofotomosaico y planos topográficos.
- Identificación de unidades geológicas, contactos, estructuras, lineamientos, vías, entre otros, mediante fotointerpretación.
- Preparación de mapas y perfiles geológicos y topográficos.
- Estudios directos: Sondeos y calicatas (apiques).
- Control geológico de campo.
- Procesamiento de la información.
- Elaboración del informe final

2.1.2 DIGITALIZACIÓN

Al finalizar las etapas de recopilación y análisis de la información bibliográfica y cartográfica, la fotointerpretación de aerofotografías disponibles del área del análisis y los resultados de la exploración directa del suelo son digitalizados los insumos. Así, se traslapó y digitalizó la caracterización y distribución de las unidades geológicas, empleando la nomenclatura representada en el Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:50000, Sangolquí CT ÑIII-B3 (versión 1980), para ello se empleó el software ArcMap.

2.1.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Esta etapa se llevó a cabo como trabajo de oficina, donde fue procesada la información recolectada y obtenida en campo; obteniendo los siguientes productos:

- Capítulo de los componentes Geológico y Geomorfológico.
- Esquema geológico y geomorfológico
- Cortes geológicos.

2.1.4 RESUMEN GEOLÓGICO

El área de investigación se localiza hacia la zona centro sur del Mapa Geológico del Ecuador, Escala 1:50000, Sangolquí (Carta CT ÑIII-B3); en donde afloran rocas cuaternarias serie Pleistoceno, depositadas en ambientes fluviales, fluvio-lacustre y eólico (Formación Chiche), cubiertas por depósitos de tobas, ceniza y otros productos clásticos de origen volcánico (Formación Cangahua), posiblemente procedentes de los volcanes Pasochoa, Antisana, Cotopaxi,y Rumiñahui.

La expresión morfológica del paisaje del área de influencia del estudio; en zonas altas se compone de lomas de cimas semi redondeadas modeladas sobre flujos piroclásticos (ceniza pómez lapilli, laharicos y lavas. Estos materiales hacia el Río El Inga conforman unos cortes generados por socavación en forma "V" con pendiente muy abrupta a escarpada producto de la incidencia del Río El Inga, colocando en afloramiento los depósitos conglomeráticos de la Formación Chiche.

2.1.5 GEOLOGÍA HISTÓRICA

El área de influencia pertenece a la cuenca Quito-Guayllabamba la cual forma parte de la estructura del Valle Interandino (Depresión tectónica-geomorfológica situada entre cordilleras Occidental y Real). Este valle se empezó a formar desde el Mioceno Tardío – Plioceno. El Valle Interandino está divido en tres segmentos por dos nudos volcánicos los cuales marcan cambios significativos en la orientación de la estructura. El segmento Central (Quito-Guayllabamba) limita al norte por el nudo constituido por los volcanes Mojanda y Cusín y al Sur por el nudo constituido por los volcanes Rumiñahui, Pasochoa, Cotopaxi e Illiniza.

Los materiales de relleno sedimentario de la cuenca la cuenca Quito – Guayllabamba son de edades más recientes que las cuencas intermontanas del sur, datan del Mioceno Tardío hasta el Holoceno. De acuerdo con estudios realizados por Samaniego et al, 1994; Barragán et al, 1996, Winker et al, 2002; Villagómez et al, 2002; existen algunas evidencias que indican que, durante las etapas iniciales de la formación de las cuencas (Plioceno Tardío al Pleistoceno Temprano), ocurrió una extensión local (E-W), la cual posiblemente inicio desde el Norte. En esta etapa se deposita la secuencia inferior de la cuenca corresponde lavas, tobas, lahares sedimentos aluviales, deltaicos y lacustres pertenecientes a las formaciones Pisque y San Miguel. Posteriormente en el Pleistoceno Medio al Holoceno (hace aproximadamente 1 Ma), sucedió una inversión compresiva en sentido E-W, depositándose la secuencia superior conformada por depósitos volcánicos primarios, lahares flujos hiperconcentrados y depósitos fluviales (Formaciones Guayllabamba, Chiche, Mojanda y Cangahua). En la TABLA 60, son descritas algunas características de las formaciones geológicas que se ubican más próximas al área del estudio en escala regional. Y en la FIGURA 51, se expone la columna estratigráfica generalizada de la cuenca Quito Guayllamba.

2.1.6 GEOLOGÍA REGIONAL

El área del estudio pertinente al Relleno Sanitario El Inga en el distrito metropolitano de Quito, se localiza sobre la unidad geológica denominada Sedimentos de Chichi (Pch), Volcánicos indiferenciados (Pv), Terraza indiferenciada (Ti), y depósitos de Cangagua (Qc). Lo anterior de acuerdo con la cartografía geológica que expone el Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:50000, Sangolquí CT ÑIII-B3 (versión 1980). A continuación, son descritas las características de estas dos unidades geológicas mencionadas y posteriormente se presenta el mapa geológico de la que expone la zona de análisis dentro del contexto geológico a escala regional.

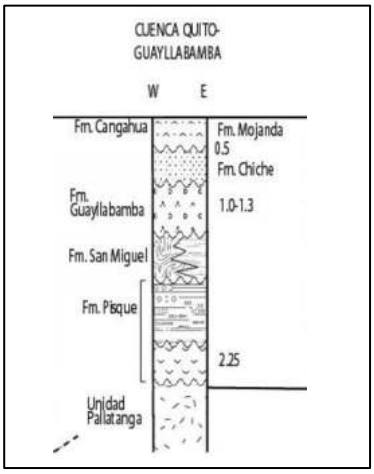
TABLA 60. ***DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES GEOLÓGICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA QUITO – GUAYLLABAMBA***

PERIODO/SERIE	FORMACIÓN	MIEMBRO/UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Cuaternario - Pleistoceno Superior a Holoceno.	Fm. Cangahua	A	Unidades A, B y C con diferentes grados de consolidación. Se ha encontrado intercalada en estratos más antiguos (Fm. Guayllabamba y Fm. Chiche). tobas alteradas, típicamente de colores amarillentos a marrones, generalmente intercalada con caídas de cenizas, pómez, paleosuelos y algunas veces flujos de lodos y canales aluviales. Generalmente la cangahua tiene una textura limo-arenosa. Se observan a veces finos niveles de caliche (costras calcáreas formadas en regiones áridas) y limonita entre planos de estratificación o rellenando grietas de desecación.
		B	
		C	
Cuaternario - Pleistoceno Superior	Fm. Chiche	Mb. Chiche	Consiste en conglomerados, areniscas gruesas intercaladas con tobas. La composición de los clastos de los conglomerados son andesitas piroxenoolivínicas y menormente riolitas, grawacas y obsidiana.
		Mb. Fluvio-lacustre II	Limolitas tobáceas blancas, diatomitas, areniscas grises. De lejos se la observa bien estratificada y son característicos sus colores blancos. Las areniscas presentan estratificación cruzada, que indican diversas direcciones de transporte.
		Mb. Láhar	Flujos de lodo y menormente flujos hiperconcentrados. Banco masivo sin estratificación y presenta un color gris clarocrema. Estos flujos de lodo presentan porcentajes variables de clastos (5%-30%) subangulares a subredondeados de volcánicos (lavas y brechas) andesíticas frescas y oxidadas, pómez y obsidiana) y sedimentarios (limolitas tobáceas de la Fm. San Miguel y del Mb. Fluvio lacustre I)
		Mb. Fluvio-lacustre I	Limolitas cremas, tobas blancas intercaladas con areniscas grises en capas centimétricas, algunas tienen concreciones oxidadas y grietas de desecación. Hacia la base ocurren microconglomerados con líticos andesíticos y pómez. Hacia el tope prevalecen niveles arenosos finos que presentan estratificaciones cruzadas.

Cuaternario - Pleistoceno Medio	Fm. Guayllabamba	Mb. Aluvial	Secuencia aluvial estratificada. Los bloques son de centimétricos a métricos y corresponden a lavas andesíticas algunos de los cuales se encuentran muy alterados. El depósito es grano soportado y su matriz generalmente es arenosa. Se puede observar una tendencia grano estrato creciente.
		Mb. Volcánico	Varios productos volcánicos primarios, como flujos de lava, junto con flujos piroclásticos de tipo block & ash. También incluye depósitos de avalanchas con bloques decamétricos de lavas verdosas alteradas.
		Mb. Domos	Subintrusivos cuarzodioríticos a riolíticos, que incluyen xenolitos andesíticos. Además, andesitas negras.
		Mb. Láhar	Clastos de limolitas y areniscas deformadas de la Formación subyacente, junto a clastos volcánicos y pumíticos, en una matriz lodosa.
Cuaternario	Fm. San Miguel	Mb. Lacustre San Miguel	Intercalaciones decimétricas de limolitas tobáceas, arcillolitas (tipo bentonita) de colores crema-habano y areniscas finas negras. También están presentes tobas decimétricas de composición ácida.
Pleistoceno Inferior		Mb. San Miguel	Capas métricas a decimétricas de areniscas líticas gruesas-medias gris verdosas, intercaladas con limolitas tobáceas y tobas primarias y retrabajadas. Hacia el tope la secuencia se va haciendo más rica en areniscas, en detrimento de las limolitas y tobas. Las areniscas tienen concreciones oxidadas y tienen clastos de andesitas y pómez. Las tobas son de composición ácida, ricas en pómez.

Fuente: Tomado de Villagomez D. (2003).

FIGURA 51. **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REGIONAL DE LA CUENCA QUITO-GUAYLLABAMBA**



Fuente: Villagomez D. (2003).

2.1.6.1 FORMACIÓN CANGAHUA

También denominada Cancagua (Qc), consiste en un depósito de toba y ceniza color caqui amarillento a café claro, grano grueso intercaladas con tefra blanca (ceniza y pómez blanca). Posee importante extensión y es constante en cuanto a su litología sobre toda la superficie. Conforma un manto generalmente con un espesor alrededor de 30 m e incluso, puede llegar a pasar los 100 m. Estratigráficamente suprayace rocas antiguas, las cuales en algunos casos conservan su expresión geomorfológica preexistente. En descripción de sondeos realizados en estudios anteriores, este material se ha descrito como arcilla limosa, limo arenoso, arenas de gruesa a fina, toba soldada con intercalaciones de ceniza volcánica y lapilli de pómez (Delgado C., 2008). Data del periodo Cuaternario. La composición de la Cangahua generalmente corresponde a vidrio volcánico alterado por meteorización (minerales arcillosos), minerales volcánicos como plagioclasa, hornblenda, piroxenos, magnetita, biotita, feldespato de potasio y cuarzo (Maldonado, 1973; Vera y López, 1986; Maclellan, 1995 en HallM. & Mothes P., 1996).

2.1.6.2 TERRAZA INDIFERENCIADA

La Terraza Indiferenciada (Ti) data de del Cuaternario (Holoceno), se describe como depósitos de cantos de lavas andesíticas porfiríticas de hasta 2 metros de diámetro y piedras en una matriz tobácea no estratificada.

2.1.6.3 FORMACIÓN CHICHE

Estos sedimentos de chichi (Pch) datan del Cuaternario (Pleistoceno), corresponden a conglomerados redondos, arenas gruesas duras y capas de ceniza y tobas bien estratificadas. Esta unidad geológica se ha estimado con un espesor de poco más de 120 m. El contacto con la Cancagua es de tipo transicional.

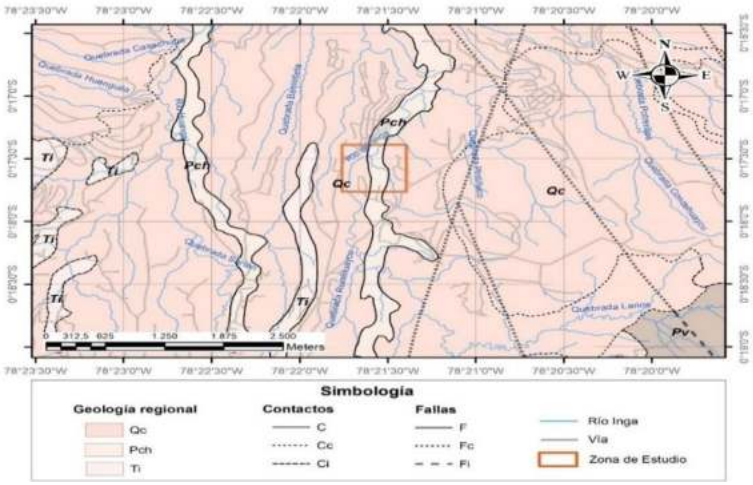
2.1.6.4 VOLCÁNICOS INDIFERENCIADOS

Estos Volcánicos Indiferenciados (Pv), poseen una composición que corresponde principalmente a lavas y piroclásticos. Esta unidad geológica está presente en la zona sureste del área del estudio.

2.1.7 GEOLOGÍA LOCAL

Acorde con la información secundaria revisada, las observaciones realizadas en campo y los resultados de la campaña de exploración, se elaboró una cartografía geológica a escala local para la zona de influencia del estudio. En seguida es presentado el mapa y las unidades geológicas con su pertinente descripción.

FIGURA 52. **CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

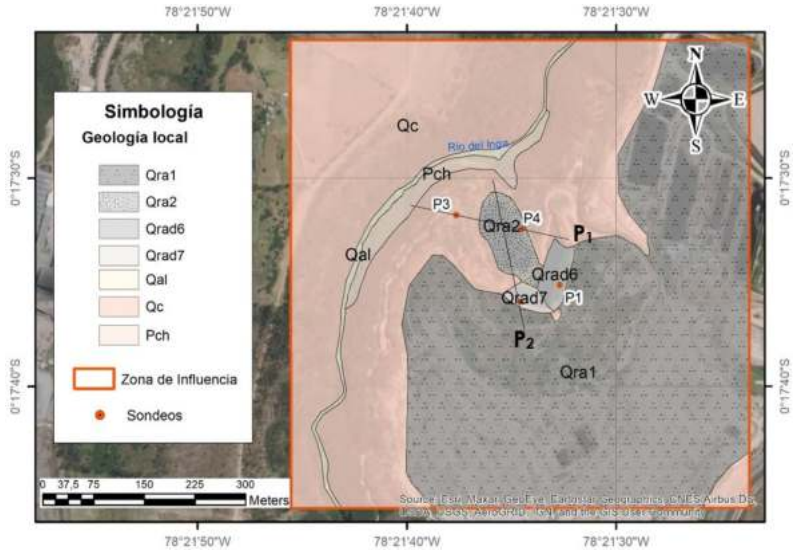


Fuente: Tomado y modificado de Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:50000, Sangolquí CT ÑIII-B3 (versión 1980).

2.1.7.1 RELLENO ANTRÓPICO 1

El relleno antrópico (Qra1), se ha diferenciado de las otras unidades geológicas, caracterizándose por poseer una composición heterogénea, de variado comportamiento lateral. Se ha descrito como limos, arenas, gravas y desechos sólidos, en distintas proporciones y con diferentes estados de compactación. En la FIGURA 54 se muestra un ejemplo del material que compone esta unidad antropogénica.

FIGURA 53. **CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

FIGURA 54. **DEPÓSITO DE RELLENO ANTRÓPICO**

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

2.1.7.2 RELLENO ANTRÓPICO 2

Este material se ha explorado mediante el sondeo "Punto 4 Dique"; en el cual se encontraron 5.5 metros de arena limosa poco compacta, con limos poco plásticos, presencia de gravas finas de pómez, líticos volcánicos, raíces y algún desecho sólido. Corresponde a los rellenos realizados para la adecuación de la laguna 9.

2.1.7.3 RELLENO ANTRÓPICO DIQUE 6

El relleno que conforma el Dique 6, ha sido explorado mediante el sondeo Sondeo No. P 01, consta de limos arenosos color gris plomo poseen poca humedad, plasticidad mediana a ligera, mediana compacidad con intercalaciones blandas.

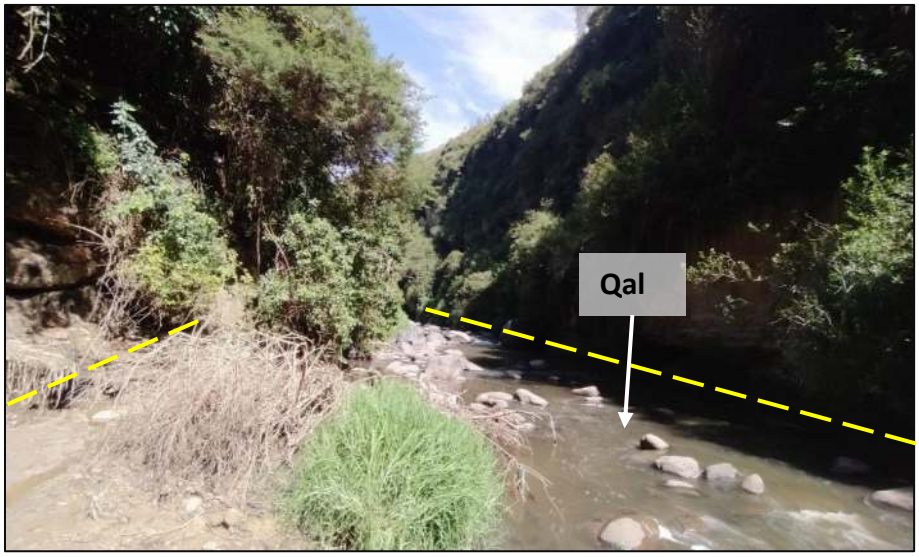
2.1.7.4 RELLENO ANTRÓPICO DIQUE 7

El material que compone este dique (7) corresponde de acuerdo con la exploración realizada en el Sondeo No. P 02; a limo arenoso color gris plomo a café, ligeramente a medianamente plástico, con presencia de pómez. Poco compacto, poco húmedo a seco. En profundidad a más de 11.5 metros arcilla limosa color café a negro, ligeramente plástico, compacidad suelta.

2.1.7.5 DEPÓSITO ALUVIAL

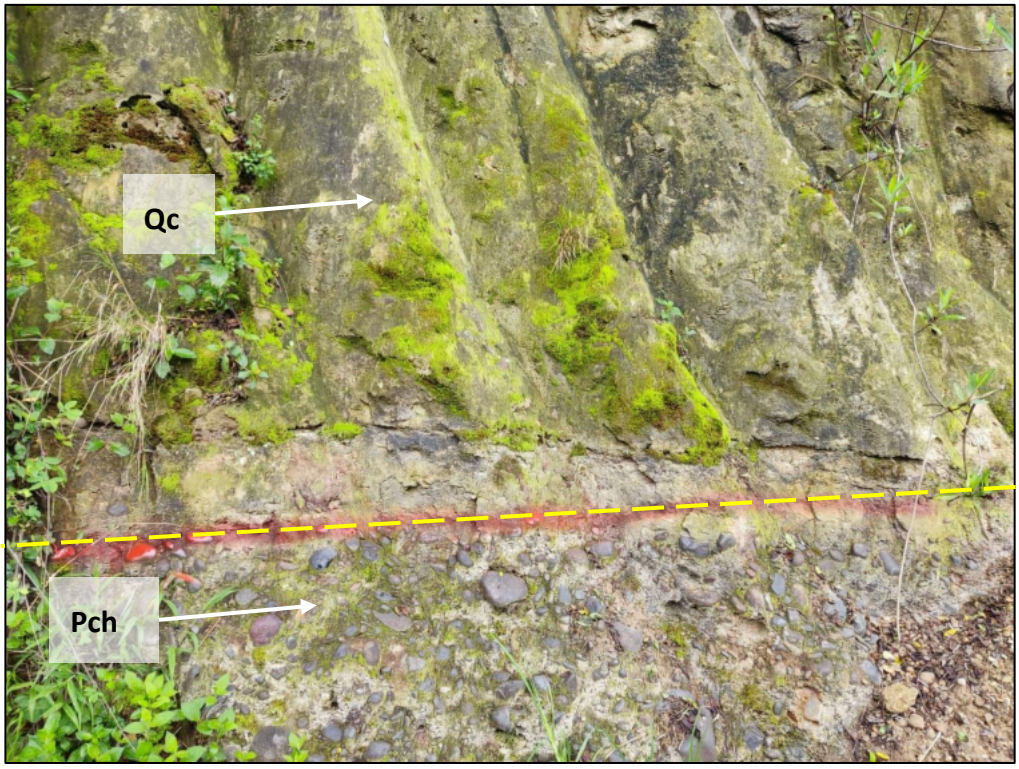
Esta unidad geológica (Qal), se relaciona con los depósitos transportados y depositados gracias a la dinámica fluvial del Río El Inga. Se compone de bloques polimícticos heterométricos y gravas en matriz areno limosa. Con referencia al área de estudio, está situado a lo largo de cauce del río que discurre en sentido S-SW a N-NE, en el costado noroeste del relleno sanitario.

FIGURA 55. **DEPÓSITO ALUVIAL ASOCIADO AL RÍO EL INGA**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

FIGURA 56. **CONTACTO GEOLÓGICO ENTRE FORMACIÓN CHICHE Y LA FORMACIÓN CANGAGUA.**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

2.1.7.6 FORMACIÓN CANGAHUA

Esta unidad geológica ocupa más de la mitad de área de análisis, como cancagua (Qc). En conformidad con la exploración geotécnica ejecutada en este estudio, se tiene que ha sido explorada principalmente por el sondeo "PUNTO 3 CISTERNA". El material se ha descrito como una secuencia intercalada de capas de limo arenoso y arena limosa de color café claro y amarillo, con contenido de gravas de pómez blanca, toba soldada y algunos líticos volcánicos en diferentes proporciones. En la FIGURA 56, se evidencia contacto entre las Formación Cangahua, suprayacendo a la formación Chiche (Sedimentos de Chichi).

2.1.7.7 FORMACIÓN CHICHE

Esta unidad geológica (Pch), se observó en un afloramiento ubicado cerca del Río El Inga. Consiste en un depósito clastosoportado masivo de gravas y bloques heterométricos subredondeados y redondeados de hasta 30 centímetros de diámetro, de composición variada, en una matriz compuesta de material volcánico de textura areno limosa. Se corroboró en el sondeo exploratorio "PUNTO 4 DIQUE", esta formación a una profundidad de 7.55 metros, constante hasta los 25.0 metros (profundidad máxima de exploración). Por otro lado, en el sondeo "PUNTO 3 CISTERNA" se detectó de a partir de los 22.5 metros hasta 25.0 metros, como un depósito de clastos subredondeados centimetricos y de variada composición. Los conglomerados pertenecientes a esta formación se visualizan en la (FIGURA 56).

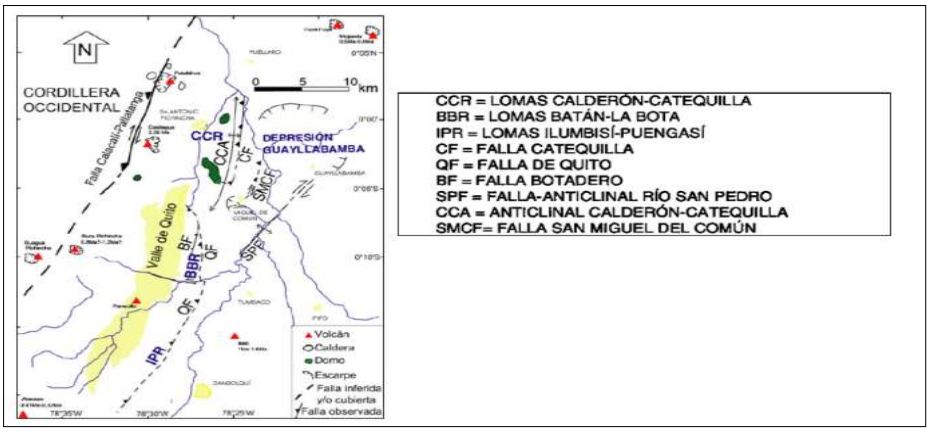
2.1.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La interacción tectónica entre las placas Nazca, Caribe y Sudamenicarana, ha sido de carácter convergente desde el Oligoceno tardío. Gracias a las deformaciones derivadas, en Ecuador se han formado las cadenas montañosas sub-lineares Cordillera Occidental y Cordillera Real con lineamientos en dirección N-S, separadas por el valle interandino (Ego F. & Sebrier M., 1996).

Tomando como referencia el mapa "Esquema tectónico actual simplificado del Valle Interandino Central", descrito por Villagómez D. (2003), se observa tres estructuras principales en la región; Falla Catequilla (CF), Falla de Quito (FQ) y la Falla Botadero (BF). Estas fallas hacen parte del sistema de fallas activas de tipo inverso de Quito, y han jugado un papel fundamental en la historia y evolución tectónica de la región. En casi la totalidad de los trazos de estas fallas se encuentran cubiertos por las ceniza y deslizamientos, además de la Formación Cangahua y cenizas. Indirectamente sobre el área de influencia del Relleno Sanitario El Inga; se involucra la Falla de Quito (FQ), la cual tiene un buzamiento hacia el Oeste con ángulos de inclinación entre 40 ° – 80 °. Esta se encuentra a kilómetros de distancia y ha propiciado los relieves de colinas que se localizan hacia el Oriente de la ciudad como el Tablón, Puengasí, Lumbusí, Batán-La Bota, Carcelén – El Inca, Calderón-Bellavista y Catequilla.

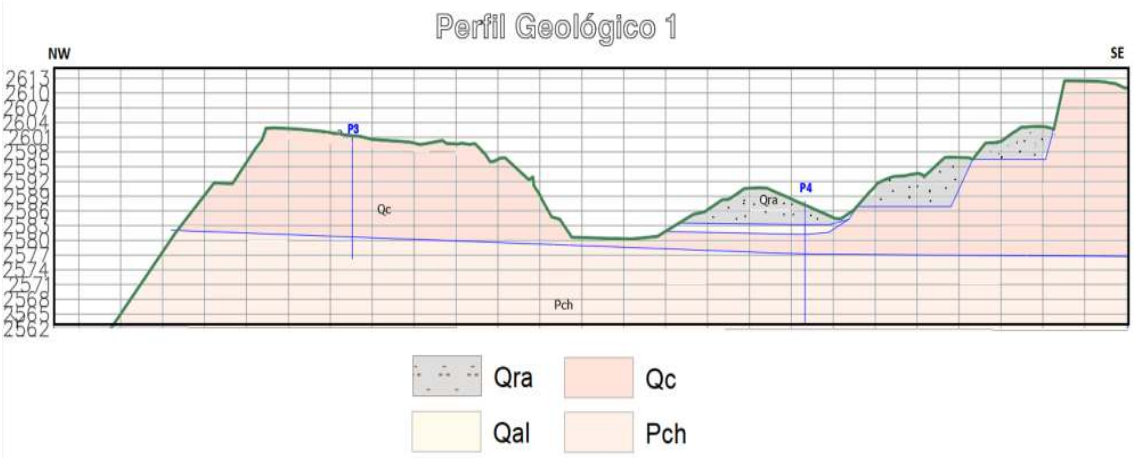
Tal como se aprecia en el mapa geológico del Anexo 1 (carta geológica Sangolquí Sangolquí CT ÑIII-B3), se interpreta que el "valle de Tumbaco – Los Chillos parece ser una fosa tectónica que en el oeste tiene bien definido los rasgos de la Falla Lumbisí que pasa al Este de los cerros Guanguiltagua y Lumbisí y de la falla Machangara".

FIGURA 57. **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA PLIO-CUATERNARIA DEL VALLE INTERANDINO CENTRAL EN ECUADOR (ZONA DE QUITO-GUAYLLABAMBA-SAN ANTONIO DE PICHINCHA)**



Fuente: Villagómez D., 2003.

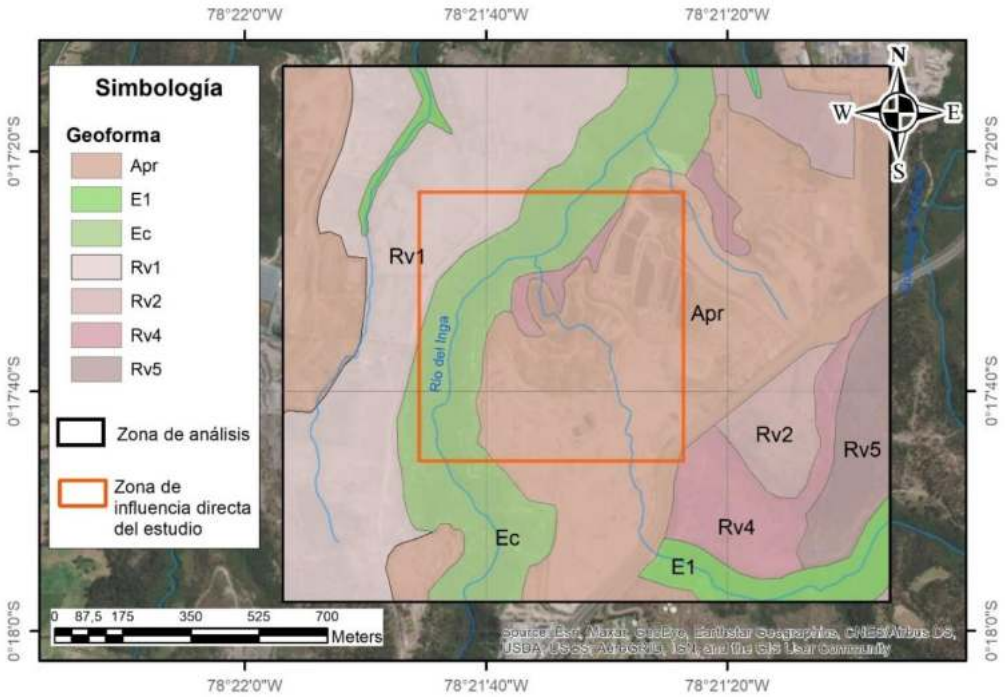
FIGURA 58. **CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

2.2 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

FIGURA 59. **CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ANÁLISIS**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

En este apartado se describen las características geomorfológicas del paisaje que conforma el área de influencia del Relleno Sanitario de El Inga. Las geoformas identificadas han sido producto de los procesos modeladores que han predominado a lo largo de la historia geológica en la región.

Fue aplicada información disponible en la Memoria Técnica Cantón Quito Proyecto: "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Escala 1: 25 000". Geomorfología (Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y MAGAP (SINAGAP), (2013).). Además, se tomó las orientaciones disponibles en el Manual de Identificación de Geoformas, versión 06_20150223, disponible en el portal web de SIGTIERRAS; desde el cual se clasificaron los componentes geomorfológicos presentes en el área con base a los grupos genéticos de los mismos.

El contexto geológico como ya se ha mencionado está relacionado con ambientes principalmente volcánicos y fluviales. Sobre estos materiales que componen estos terrenos ha habido durante las últimas décadas una importante intervención antrópica, la cual ha dado lugar a nuevas geoformas, alterando la morfología original de la superficie.

En la FIGURA 59, se expone la distribución y ubicación de las geoformas identificadas y seguidamente son descritos los aspectos; morfogenético, morfométrico, morfográfico, morfodinámico y morfoestructural que permiten clasificar a cada una de las geoformas caracterizadas en el área analizada,

2.2.1 MORFOGÉNESIS

Este apartado busca exponer la dinámica que de acuerdo con cada ambiente morfogenético ha dado lugar a determinadas formas de relieve que caracterizan el paisaje actual del área de análisis. Como ya se ha explicado en el capítulo de geología, las rocas existentes tienen una génesis enmarcada en ambientes de depositación fluvial, fluvio- lacustre y volcánico. En la TABLA 61 se presentan los ambientes morfogenéticos y las geoformas relacionadas.

TABLA 61. ***GEOFORMAS EN EL ÁREA DEL ANÁLISIS Y AMBIENTES MORFOGENÉTICOS***

AMBIENTE MORFOGENÉTICO	GEOFORMA	CÓDIGO
Antropogénico	Planos y rellenos antrópicos (Apr)	Apr
Fluvial	Encañonamiento	Ec
	Valle en V	E1
Volcánico	Relieve volcánico ondulado	Rv1
	Relieve volcánico colinado muy bajo	Rv2
	Relieve volcánico colinado medio	Rv4
	Relieve volcánico colinado alto	Rv5

Fuente: El Estudio.

2.2.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

En este ambiente se tienen las formas de relieve y depósitos derivados de la dinámica fluvial de corrientes superficiales encauzados naturalmente. En esta caracterización geomorfológica se han identificado geoformas resultantes de procesos de erosión ejercida por el agua.

2.2.2.1 ENCAÑONAMIENTO

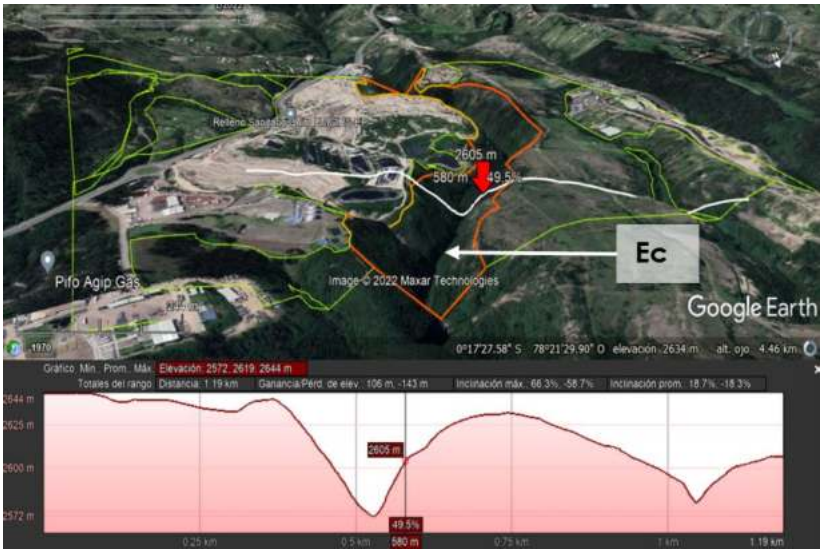
Esta geoforma deriva de la acción erosiva tipo socavación lateral y principalmente en profundidad. Esta geoforma de encajonamiento fluvial está limitada por laderas de pendientes muy pronunciadas (fuertes a muy escarpada 40% - 200%) y desniveles mayores a los 50 metros (alrededor de 80 metros). En el área de influencia del estudio, esta geoforma se concierne al Río El Inga, que transcurre en sentido S-N (FIGURA 60).

2.2.2.2 VALLE EN V

Esta geoforma, se describe como una incisión fluvial, causada por la erosión vertical de las corrientes de ríos de manera general en sus cursos altos. Las vertientes laterales poseen fuertes pendientes (40% a 70%). Con respecto a las dimensiones longitudinales presentan valores kilométricos y anchuras

reducidas (en orden hectométrico). En el área de influencia se han identificado algunos valles en "V", hacia sector sureste y zona norte. En la FIGURA 61, se ilustra un perfil de los valles delimitados en zona norte del área de influencia del estudio.

FIGURA 60. **GEOFORMA DE ENCAJONAMIENTO FLUVIAL "ENCAÑONAMIENTO"**



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

FIGURA 61. **GEOFORMA DE INSICION FLUVIAL "VALLE EN V"**

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

2.2.3 GEOFORMAS DE ORIGEN VOLCÁNICO

En este caso en el ambiente morfogenético volcánico se exponen geoformas asociadas de forma directa con los sustratos volcánicos que forman parte de la Formación Cangahua:

2.2.3.1 RELIEVE VOLCÁNICO ONDULADO

FIGURA 62. **GEOFORMA RELIEVE VOLCÁNICO ONDULADO**

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

Esta geoforma resulta del moldeamiento de terrenos conformados por materiales volcánicos no tan relacionados a emisiones recientes (Formación Cangahua), sin depender de la edad, tipo o génesis de estos. Se presenta una morfología irregular ondulada, conformada por superficies en desniveles menores a 5 ~ 10 metros.

2.2.3.2 RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO MUY BAJO

En este relieve desarrollado sobre materiales de origen volcánico, las formas del terreno refieren a áreas con cierta continuidad, careciendo de rasgos fisiográficos destacables. El grado de disección es ligero. Esta geoforma presenta vertientes redondeadas – convexas, de > 15 a 50 metros de longitud, desniveles en el rango 5-15 metros, con una pendiente media entre > 12 – 25 %.

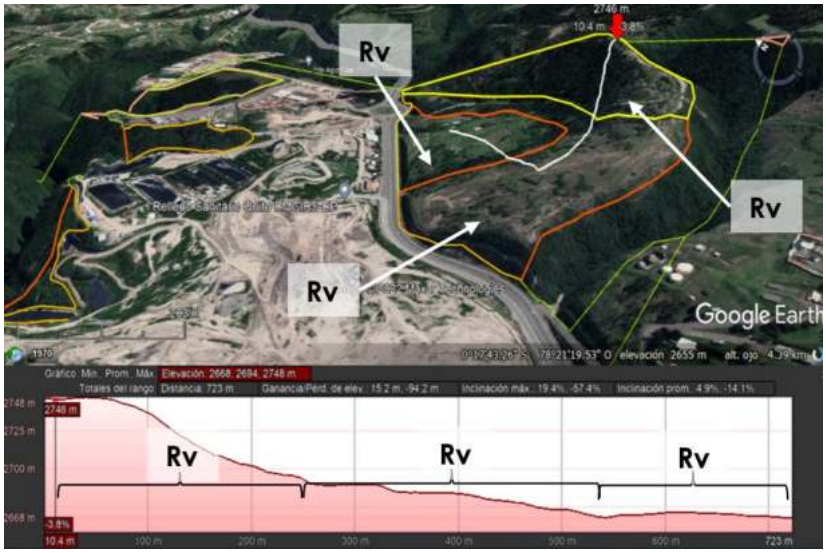
2.2.3.3 RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO MEDIO

La geoforma se caracteriza por presentar un cierto grado de incisión, los desniveles son en el rango de 25-100 metros. Cimas redondeadas-convexas, vertientes moderadamente largas (> 50 - 250 metros), pendientes entre > 12 % – 70 %.

2.2.3.4 RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO ALTO

En esta geoforma las vertientes poseen longitudes moderadamente largas (> 50 a 250 metros) pendientes fuertes en el rango 40 % - 70 %, desnivel es entre 100–200 metros. Las vertientes que hacen parte de esta geoforma se localizan hacia el Oriente del área de influencia del Relleno Sanitario.

FIGURA 63. **RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO (MUY BAJO, MEDIO Y ALTO)**



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

2.2.4 GEOFORMAS DE ORIGEN ANTRÓPICO

El ares del análisis, geomorfológicamente presenta una alta intervención antrópica, debido a la existencia de obras civiles como vías, cortes de laderas (taludes) y explanaciones que han sido necesarias para la adecuación de los terrenos sobre los cuales están fundadas otras obras de infraestructura. Así, se ha definido la geoforma que se describe a continuación:

2.2.4.1 PLANOS Y RELLENOS ANTRÓPICOS

La geoforma ocupa casi la mitad del estudio, se consiste en superficies explanadas, excavaciones y áreas de rellenos antrópicos indiferenciados (desechos sólidos, material removido, obras de ingeniería, etc.). La morfometría de esta geoforma es diversa, desde superficies planas a muy suaves (0 % a 5 %), terraceos con taludes de variados ángulos de inclinación.

FIGURA 64. **GEOFORMA PLANOS Y RELLENOS ANTRÓPICOS**

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

2.2.5 MORFOGRAFÍA

Las rocas aflorantes en el área de interés en su mayoría son de volcánico de composición predominantemente limo-arcillosa y arenosa, de este modo se observa que las colinas exponen cimas redondeadas, con relieves de pendientes desde muy bajas a altas. Las vertientes son convexas – redondeadas por acción de los procesos erosivos. Pocas incisiones sobre el relieve se observan en patrón de drenaje más que todo de carácter paralelo.

2.2.6 MORFOMETRÍA

La geoforma Relieve Volcánico Colinado ha sido clasificada de acuerdo con análisis morfométrico, según la variable desnivel relativo en Muy Bajo, Medio y Alto. Esto se refiere a la altura existente entre la parte más baja. También se evaluó grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal, en porcentaje, resaltando que materiales de la Cancahua y los Sedimentos de Chichi presentan morfologías con pendiente Fuerte 40 a 70 %, Muy fuerte 70 a 100 % y Escarpada 100 a 150 %, hacia lo que conforma el encañonamiento del Río El Inga.

2.2.7 MORFODINÁMICA

2.2.7.1 ESCURRIMIENTO EN SURCOS Y CÁRCAVAS

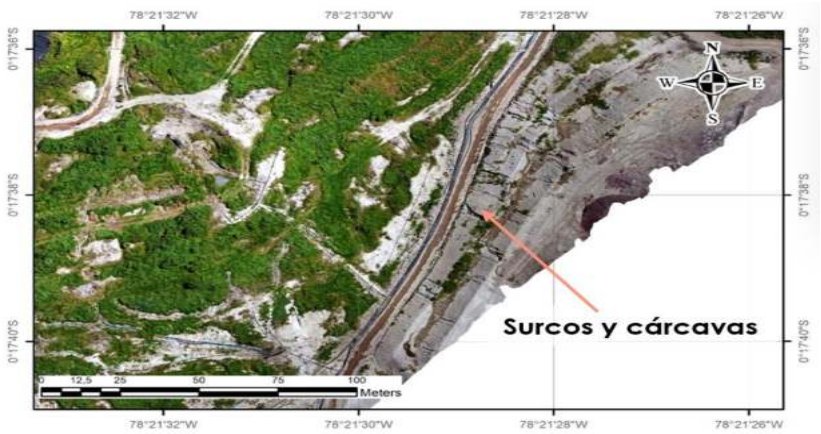
Denominado también escurrimiento concentrado; son flujos hídricos lineales a favor de la pendiente; si el incisionamiento es superficial son denominados "surcos" y si son profundos, son conocidos como "cárcavas". Son formas erosivas que se desarrollan durante las lluvias y actúan intermitentemente incisionando su fondo, hallándose su desarrollo facilitado por la baja coherencia de los suelos. Estos procesos por lo general progresan en forma remontante pendiente arriba, siendo controlado en forma natural por la cobertura boscosa que en el área es mínima y solo se presenta en los procesos de mayor

magnitud. Además, se presenta subducción en las cárcavas por las grietas de falla o grietas de avance de la cárcava generando canales internos que facilitan la infiltración siendo esta misma la causa de su desarrollo.

Evaluar las áreas donde se está presentando este tipo de proceso morfodinámico es importante para minimizar al máximo este hecho como factor desencadenante de inestabilidades en taludes o movimientos en masa en laderas cercanas a las obras del Relleno Sanitario El Inga.

En la FIGURA 65 se visualiza el efecto de este tipo de proceso de erosión pluvial sobre caras te taludes conformados sobre rellenos antrópicos de desechos sólidos. El área se localiza en sector Sureste del área de influencia directa del presente estudio.

FIGURA 65. **EROSIÓN CONCENTRADA EN SURCOS Y CÁRCAVAS SOBRE TALUDES DEL RELLENO ANTRÓPICO**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

2.2.7.2 DESLIZAMIENTOS

Son procesos que afectan las vertientes, consisten en movimientos bruscos de masas cuya magnitud y génesis son muy variados, aun cuando en la práctica, se producen con frecuencia combinaciones de los mecanismos que los originan.

Los deslizamientos ocurren cuando el agua se infiltra entre los materiales detríticos, saturándolos y aumentando su peso, originando su desplazamiento violento pendiente abajo. Este tipo de movimientos de masas presenta cierta frecuencia en las colinas altas, donde las fuertes pendientes debidas a la estructura geológica y la constitución litológica de limos, arcillas y arenas con clastos volcánicos, poco coherentes, aunadas a las abundantes precipitaciones, favorecen su desarrollo. Para el área se observó un proceso activo, sobre rocas de la Cancagua que presentan una morfología fuerte, sumando a la precipitación de fluidos provenientes de la masa de residuos sin ningún tipo de control de manejo de aguas lluvia y a la elevada pendiente (FIGURA 66).

FIGURA 66. **PROCESO DE MORFODINÁMICA TIPO DESLIZAMIENTO EN COSTADO OESTE AL RELLENO**

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

3 EXPLORACION DEL SUBSUELO

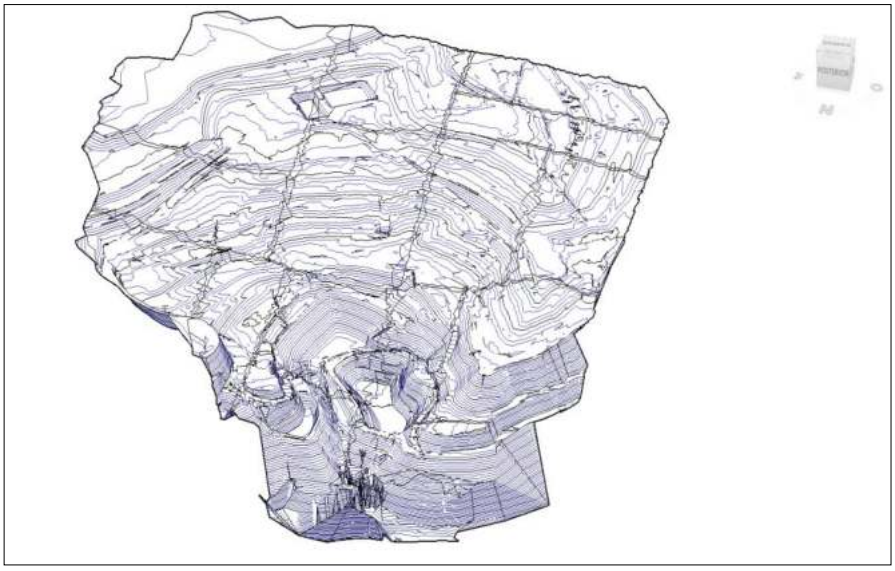
La exploración del subsuelo es la herramienta más relevante a la hora de realizar proyección de obras, cortes, llenos y debe ir enfocada a las obras a proyectar, en esta oportunidad la construcción de muros de contención, cisterna y retoma de un cubeto, generan el reto ingenieril que basados en la NEC – 12, da la pauta para las exploraciones necesarias y en pro de evitar las incertidumbre de los modelos geológicos, geotécnicos y mecánicos para esto fue necesario realizar exploración directa como indirecta que se describen en los capítulos a continuación.

3.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

Las exploraciones directas abarcan los estudios realizados en campo ejecutando un análisis visual y táctil de los suelos (Véase FIGURA 67), son los estudios donde tenemos un contacto físico con los materiales y que nos permite hacer descripciones más acertadas de lo que se encuentra in situ. Teniendo en cuenta esto los ensayos donde se realizó extracción de muestras y sondeos o excavaciones son asignados como exploración directa ya que tenemos ese contacto con el material de estudio, los métodos más utilizados en campo de este tipo de exploración son las perforaciones, calicatas, apiques, entre otros, debido a la facilidad de realizarlos y el alcance que nos permiten en cuanto a descripción y detalle.

Para este estudio las perforaciones y calicatas fueron la herramienta para la extracción de muestras de manera alterada e inalteradas que posteriormente fueron llevadas a laboratorio a realizar ensayos que nos permitan obtener sus propiedades mecánicas, índices y de deformabilidad.

FIGURA 67. **ÁREA DE TRABAJO EN RELLENO SANITARIO EL INGA**



Fuente: Superficie levantamiento topográfico, elaboración propia.

3.1.1 PERSONAL Y EQUIPO

Para la realización de actividades de campo se requiere un personal capacitado el cual se divide en dos campos una mano de obra técnica que se encarga de realizar los trabajos de

manipulación de las herramientas y equipos que se utilizaran en los procedimientos para realizar un ensayo en condiciones, y un personal profesional que conoce las normas a tener en cuenta en el ejercicio de las actividades y que cuente con el conocimiento necesario para resolver cualquier problema o imprevisto que se presente.

Los equipos y herramientas utilizados en la exploración de campo fueron los siguientes:

- Perforadora Acker Ace hidráulica y eléctrica de 15.21Hp con pesa tipo Safety (Véase 0)
- Equipo de SPT manual a percusión con trípode y pesa tipo Donut. (Véase FIGURA 69)
- Motobomba tipo Diésel para perforación.
- Llaves de tubo de 24" y 36".
- Tubería AW con rosca de 1.50 metros
- Tubería HW de revestimiento 4.6"
- Tubería NQ para rotación 2.5"
- Barrena de perforación
- Cuchara partida.

FIGURA 68. **PERFORADORA ACKER ACE 15.21HP**

Fuente: Fotos de campo.

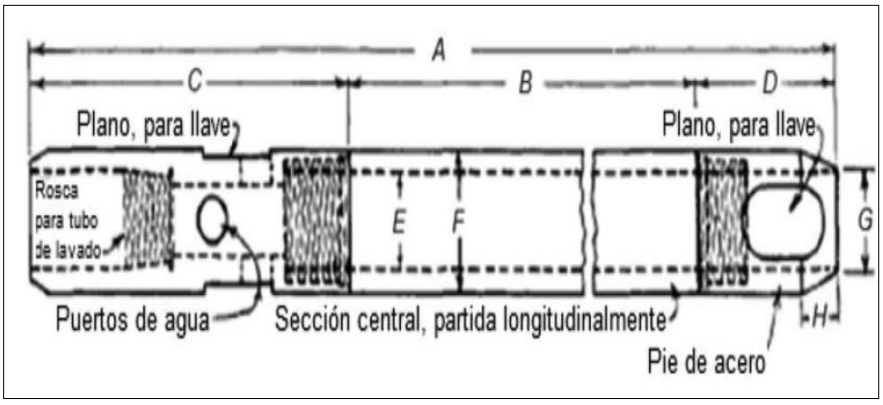
FIGURA 69. **PERFORADORA A PERCUSIÓN CON TRÍPODE.**

Fuente: Fotos de campo.

3.1.2 PERFORACIONES

Se realizan 4 perforaciones en el área de estudio para conocer el subsuelo, sus propiedades y características físicas y mecánicas, utilizando el modelo de ensayo SPT (Standard Penetration Test) que nos permite obtener datos mecánicos, realizando la penetración del suelo mediante golpes estos golpes son divididos en 3 secciones de 15 centímetros, el ensayo se hace en una longitud total de 45 centímetros en la que se realiza la suma de los golpes realizados en los últimos dos tramos el cual es llamado N, a partir de este valor se generan unos datos que nos permiten caracterizar el suelo a diferentes profundidades y obtener el Angulo de fricción y la cohesión, esto es mediante un método matemático de correcciones y criterios que correlacionan estos parámetros, también nos permite por medio del muestreador de cuchara partida (Véase FIGURA 70) la extracción de una muestra alterada para ser llevada a laboratorio y obtener otro tipo de resultados necesarios para el estudio.

FIGURA 70. **MUESTREADOR TIPO CUCHARA PARTIDA**



Fuente: Guía de diseño No. 6

También se realiza extracción de muestras relativamente inalteradas mediante el uso de métodos como Shelby o tubería de pared delgada, este ensayo solamente puede ser realizado en suelos de muy baja resistencia, no es recomendable en suelos duros, que contengan gravas o con partículas muy cementadas y barrena en perforación mecánica con rotación.

La profundidad y el número de perforaciones se deciden en base a la NEC –Norma de Construcción Ecuatoriana en el capítulo de Geotecnia y Cimentaciones NEC-SE-GC, que nos divide las unidades de trabajo en 4 campos (Véase 0) , en el caso de este estudio se realiza la clasificación la cual dependiendo de los niveles de construcción y las cargas máximas de servicio se deduce la clasificación de la construcción en este caso, la clasificación del área de estudio es Alta, por ende se mencionan unas particularidades, (Véase TABLA 63), la profundidad mínima en estas perforaciones es de 25,00m y se deben realizar un mínimo de 4 perforaciones, en el Apartado 3.5.3-Profundidad de los sondeos, nos menciona que mínimo el 50% de los sondeos debe realizarse con la profundidad nombrada en la TABLA 61 de la norma NEC-SE-GC.

TABLA 62. ***CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN.***

CLASIFICACIÓN	**SEGÚN OS NIVELES DE CONSTRUCCIÓN**	**SEGÚN LAS CARGAS MÁXIMAS DE SERVICIO EN COLUMNAS (KN)**
BAJA	Hasta 3 niveles.	Menores de 800
MEDIA	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4000
ALTA	Entre 11 y 20 niveles.	Entre 4001 y 8000
ESPECIAL	Mayor de 20 niveles.	Mayores de 8000

Fuente: NEC-SE-GC – Geotecnia y cimentaciones.

TABLA 63. ***NUMERO Y PROFUNDIDAD DE SONDEOS POR CATEGORÍA.***

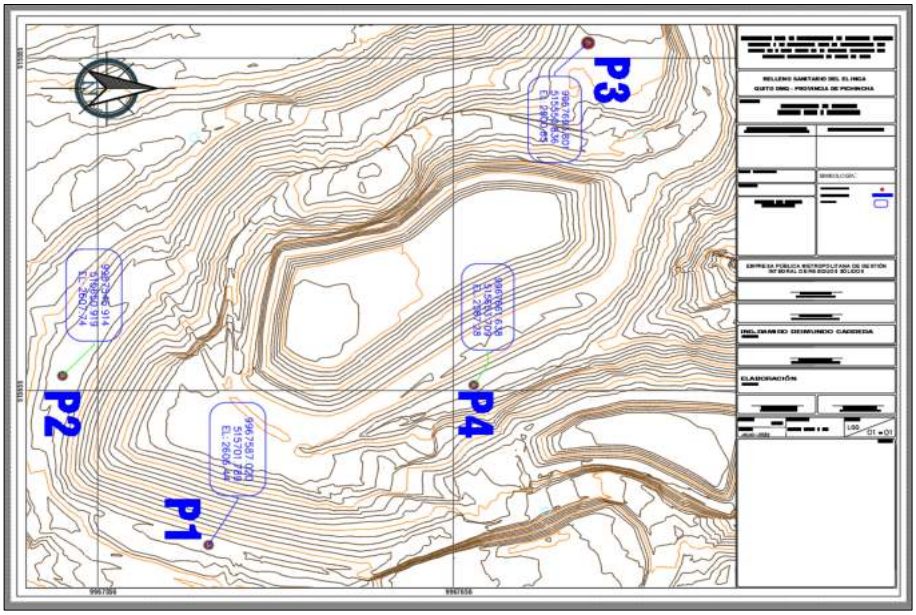
CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN.			
BAJA	MEDIA	ALTA	ESPECIAL
Profundidad mínima de sondeos: 6m	Profundidad mínima de sondeos: 15m	Profundidad mínima de sondeos: 25m	Profundidad mínima de sondeos: 30m
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: NEC-SE-GC – Geotecnia y cimentaciones.

La ubicación de las perforaciones (Véase 0) es decidida bajo el criterio del ingeniero geotécnico, con el ideal de poder representar de la forma más precisa el subsuelo del área de estudio y realizar el debido proceso de caracterización de los suelos encontrados.

Una de las limitantes de este proyecto fue la laguna 9 que no permitió realizar sondeos en el sector del cuerpo medio del dique.

FIGURA 71. **UBICACIÓN PERFORACIONES**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Mediante topografía se obtienen las coordenadas y cotas de cada una de las perforaciones (Véase TABLA 64), para su uso en el procesamiento de datos obtenidos en los ensayos realizados en campo y relacionar, ubicar y describir los estratos de suelos encontrados a lo largo de los sondeos.

TABLA 64. ***COORDENADAS PERFORACIONES***

PERFORACIÓN	NORTE	ESTE	COTA
No. 1	9967587.020	515701.789	2606.44
No. 2	9967545.914	515650.919	2607.74
No. 3	9967693.801	515550.836	2600.65
No. 4	9967661.638	515653.709	2587.28

Fuente: Elaboración propia, Datos de campo.

Para realizar una descripción en campo de los resultados obtenidos en el SPT se utiliza el criterio de Terzaghi y Hunt en mecánica de suelos para relacionar la consistencia en suelos finos (Véase 0) o compacidad en suelos granulares (Véase TABLA 66) de los suelos con el valor de N en el ensayo de penetración estándar SPT.

TABLA 65. ***RELACIÓN DE LOS GOLPES N EN SPT Y QU SEGÚN TERZAGHI***

CONSISTENCIA	N(golpes/pie(	Qu(t/m2)
Muy blanda	0-2	0-2.5
Blanda	2-5	2.5-5.0
Media	5-10	5.0-10
Firme	10-20	10-20
Muy firme	20-30	20-40
Dura	>30	>40

Fuente: Mecánica de suelos Terzaghi.

TABLA 66. ***RELACIÓN DE LOS GOLPES N EN SPT Y %DR SEGÚN HUNT***

COMPACIDAD	N(golpes/pie)	Densidad relativa %
Muy suelto	0-4	0-15
Suelto	4-oct	15-35
Medianamente suelto	oct-20	35-50
Medianamente denso	20-30	50-65
Denso	30-50	65-85
Muy denso	>50	>85

Fuente: Mecánica de suelos Hunt.

La descripción realizada en campo se presenta a manera resumida en la 0, TABLA 68, TABLA 69 y TABLA 70. En cada una de ellas son descritas las cotas, profundidad, descripción y golpes de la perforación con el ensayo de penetración estándar SPT, los registros detallados realizados en campo se encuentran en el inciso siguiente.

TABLA 67. ***REGISTRO PERFORACIÓN 1***

COTA (m.s.n.m)	PROF. PER (m)	DESCRIPCIÓN	GOLPES		
			1	2	3
2606.94	COTA INICIAL DE TERRENO				
2605.94	0.5. - 1.00	Limo arenoso, medianamente plástico, color azul, medianamente húmedo.	2	2	3
2604.94	1.50 – 2.00	Limo arenoso, color plomo, poco húmedo, plasticidad media, con presencia de grava ¾" y clastos de pómez.	2	3	2
2603.94	2.50 – 3.00		4	7	12
2602.94	3.50 – 4.00		6	7	7
2601.94	4.50 – 5.00		7	8	10
2600.94	5.50 – 6.00	Limo arenoso, color gris, medianamente plástico, con presencia de pómez, compacto, muy poca recuperación.	Shelby		
2599.94	6.50 – 7.00	Limo arenoso, color gris, poco húmedo, mediana compacidad, ligeramente plástico (L:42cm), intercalaciones blandas.	10	19	31
2598.94	7.50 – 8.00		11	17	21
2597.94	8.50 – 9.00		8	8	9
2596.94	9.50 – 10.00		6	12	15
2595.94	10.50 – 11.00	Limo arenoso, color plomo, medianamente plástico, con presencia de pómez, poco húmedo.	8	15	21
2594.94	11.50 – 12.00	Limo arenoso, color gris, medianamente plástico, con presencia de pómez, poco húmedo.	9	16	27
2593.94	12.50 – 13.00		13	17	21
2592.94	13.50 – 14.00	Limo arenoso, color plomo, intercalado con piedra blanda y compacta.	25	37	32
2591.94	14.50 – 15.00		22	38	24

2590.94	15.50 – 16.00	Limo arenoso-arena limosa color negro ligeramente plástico a no plástico, húmedo, presencia de grava.	12	15	25
2589.94	16.50 – 17.00		16	26	23

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 68. ***REGISTRO PERFORACIÓN 2***

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
2607.74	COTA INCIAL DEL TERRENO				
2607.24	0.5. - 1.00	Limo arenoso, color plomo, medianamente plástico, con presencia de pómez, seco.	2	2	3
2606.24	1.50 – 2.00	Limo arenoso, color plomo, medianamente plástico, con presencia de pómez, poco húmedo, poco compacto.	2	3	2
2605.24	2.50 – 3.00		4	7	12
2604.24	3.50 – 4.00		6	7	7
2603.24	4.50 – 5.00		7	8	10
2602.24	5.50 – 6.00	Limo arenoso, color café, medianamente plástico a no plástico	Shelby		
2601.24	6.50 – 7.00		10	19	31
2600.24	7.50 – 8.00		11	17	21
2599.24	8.50 – 9.00	Arcilla limosa, color café, con escombros fragmentos grandes.	8	8	9
2598.24	9.50 – 10.00	Arcilla limosa, color plomo, ligeramente plástico, con presencia de pómez, poco húmedo, poco compacto.	6	12	15
2597.24	10.50 – 11.00	Arcilla limosa, color café y negro, una mezcla de suelo poco húmeda, ligeramente plástico, con presencia de pómez	8	15	21
2596.24	11.50 – 12.00		9	16	27
2595.24	12.50 – 13.00		13	17	21

2594.24	13.50 – 14.00	Limo arenoso/arcilla limosa, pómez más limo, en estado seco, con trazos de pómez de baja plasticidad, no plástico, compacidad suelta.	25	37	32
2593.24	14.50 – 15.00		22	38	24
2592.24	15.50 – 16.00		12	15	25
2591.24	16.50 – 17.00	Limo arenoso, color café y negro, una mezcla de suelo poco húmeda, ligeramente plástico, con presencia de pómez.	16	26	23

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 69. ***REGISTRO PERFORACIÓN 3***

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	**2**	**3**
2600.65	COTA INICIAL DEL TERRENO				
2600.1	0.5. - 1.00	Arena limosa, gris, no plástica, ligeramente húmeda, medianamente compacta, grava subredondeada de pómez y líticos volcánicos (15%) Limo arcilloso, gris, medianamente plástico, compacta con grava fina (5%) subredondeada con alteración color naranja.	18	37	25
2599.1	1.50 – 2.00	Limo arenoso, café parduzco, ligeramente húmedo, poco plástico, compacto, con grava fina (3%) del mismo material. Arena limosa, café clara, ligeramente húmeda, compacta, finos poco plásticos.	16	22	34
2598.1	2.50 – 3.00	Limo arcilloso, gris cafesino, duro, intercalado muy esporádicamente (Lente).	12	21	45
2595.85	4.8 – 5.13	Presencia de pómez tamaño de grava gruesa y fina, arena fina limosa, café clara parda, ligeramente húmeda, poco plástica, compacta con eventuales gravas alteradas de pómez blanca, alteraciones color pardo (10%).	11	42	10

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
2594.65	6.00 – 6.50	Estrato de pómez amarillenta, tamaño de arena a grava gruesa, ligeramente húmeda, poco compacta, (90%), con limo arenoso, no plástico, color café claro pardo.			
2592.65	8.00 – 8.50	Arena limosa, ligeramente húmeda, muy compacta, finos poco plásticos. Presencia de grava fina y gruesa de pómez y en menor porcentaje líticos volcánicos(10%)			
2590.65	10.00 – 10.50	Arena limosa de pómez(blanco), pardo anaranjado, ligeramente húmeda, poco compacta, finos no plásticos (95%) y grava fina de pómez subangulosa(5%)			
2588.65	12.00 – 12.50	Limo café claro, duro, ligeramente húmedo, ligeramente plástico (lente). Limo arenoso, gris, de pómez alterado, húmedo, medio rígido, presencia de grava fina de pómez y líticos volcánicos subangulosa (20%). Los finos son medianamente plástico(ceniza).			
2586.65	14.00 – 14.50	Arena liosa, parda, ligeramente húmeda, suelta, finos medianamente plásticos.			
2585.65	14.70 – 15.15	Arena fina, con limo, gris parduzco, húmeda, compacta y muy compacta en la base del estrato, eventual grava fina del mismo material (10%). Al tope la cantidad de grava fina y arena gruesa se incrementa.	11	17	15
2584.65	16.80 – 17.25	Limo arenoso, pardo, húmedo, blando, plástico.	15	19	10
2582.65	18.00 – 18.50	Limo arenoso pardo café, con intercalación de finos lentes de limos plásticos, café claro y húmedos.			
2580.65	20.00 – 20.50				
2579.15	21.50 – 22.00	Toba volcánica medianamente soldada, parda, húmeda compuesta de arena fina y limos plásticos café parduzco. Contiene grava fina subangulosa de liticos (20%) con alteraciones			

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
		color naranja, y eventualmente lentes finos de ceniza blanca no plástica			
2578.15	22.50 – 25.00	Lente de micro paleocanal, compuestos por arenas gruesas y grises y gravas finas y gruesas, de líticos volcánicos subangulosos. Toba fina volcánica soldada, crema parduzca, dura, matriz de limos arenosos compactos y líticos volcánicos subangulosos. Conglomerado de matriz de arena fina gris y eventuales limos parduzcos, matiz soportada con grava gruesa y líticos, volcánicos subangulosos y grava fina de líticos volcánicos (50%).			

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 70. ***REGISTRO DE PERFORACIÓN 4***

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
2587.73	COTA INICIAL DE TERRENO				
2586.73	0.55 – 1.00	Arena limosa, poco compacta, húmeda, con limo poco plástico, grava gruesa de pómez blanca, y grava fina de pómez y otros líticos volcánicos (15%). Presencia de materia vegetal y basura. Relleno Antrópico.	3	2	2
2585.73	1.55 – 2.00		1	1	1
2584.73	2.55 – 3.00	Arena limosa, verde oscuro, húmeda, poco compacta a suelta en tramos, limos poco plásticos, grava fina de pómez, líticos volcánicos y raíces. Relleno Antrópico	1	1	1
2583.73	3.55 – 4.00	Arena limosa, verde oscuro, húmeda, poco compacta a suelta en tramos, limos poco	1	2	2

COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
		plásticos, grava fina de pómez, líticos volcánicos y raíces. Relleno Antrópico En 3,30m pedazo de caucho de zapato. Se evidencia olor putrefacto, posible proceso de descomposición de materia orgánica.			
2582.73	4.55 – 5.00	Arena limosa, verde oscuro, húmeda, poco compacta a suelta en tramos, limos poco plásticos, grava fina de pómez, líticos volcánicos y raíces. Relleno Antrópico En 4,90m Limo negro, húmedo, plástico e=10cm.	2	1	2
2581.73	5.55 – 6.00	Arena limosa, verde, húmeda, compacta, limos poco plásticos, intercalaciones de lentes de arena gris verdosa de pómez y componentes volcánicos, posee grava fina de pómez color crema, subangulosa y grava fina de líticos volcánicos angulosos a subangulosos. Entre 7,00 y 6,20m el deposito se encuentra saturado.	10	19	16
2580.73	6.55 – 7.00		18	19	11
2579.73	7.55 – 10.00	Cantos y bloques volcánicos (40%) en matriz de arena gruesa a fina gris y gravas finas y gruesas de líticos volcánicos (60%) subredondeados (deposito fluvial)			
2576.78	10.50 – 11.00	Arena gruesa de pómez, gris verdoso claro, poco compacta, húmeda, con contenido de ceniza poco plástica hacia la base.	5	7	11
2576.28	11.00 – 11.55	Limo arenoso arcilloso, verde oscuro, plástico, duro, presencia de grava gruesa angulosa (15%) y fina (10%) de origen volcánico. Intento de SPT pero no se lo hizo por presencia de grava gruesa.			
2575.28	12.00 – 25.00	Brecha, contiene clastos angulosos de origen ígneo, clastos de tamaño entre 1cm hasta 16cm (70%) soldada por una matriz de arena gruesa color café a gris oscura.			

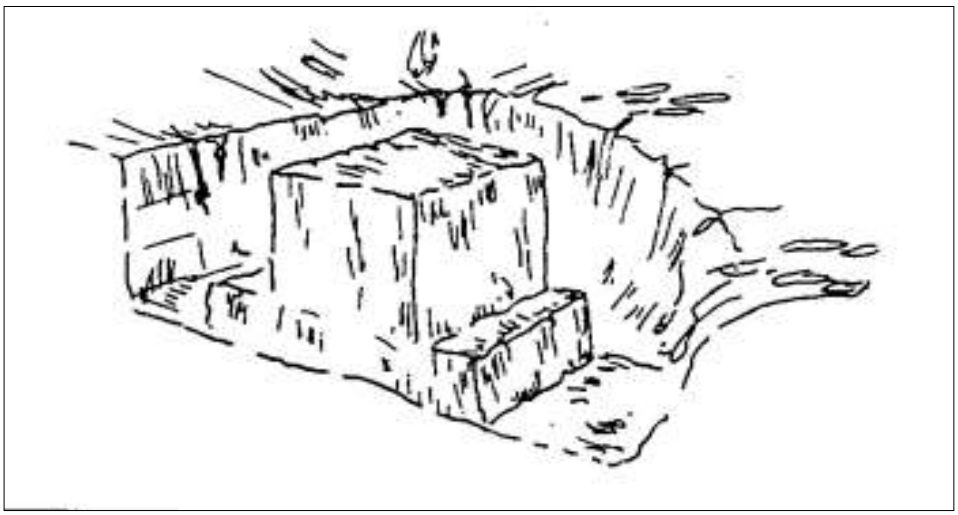
COTA (m.s.n.m)	PROF PER (m)	DESCRIPCION	GOLPES		
			1	2	3
		De 13.8 a 14.5 zona de arenisca gruesa poco consolidada. Aunque la descripción corresponde a una roca bastante meteorizada, la diversidad de composición de los líticos y la matriz suelta, podría corresponder también a un coluvial, es decir el mismo material meteorizado que ya ha sido transportado.			

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 APIQUES

Para la extracción de muestras en el área se utiliza el método de calicatas o apiques detallado en la norma NTL 2003/72, este proceso consiste en excavar un agujero mediante métodos manuales a profundidades superficiales con el fin de recolectar muestras de tipo bloque para ensayos de propiedades mecánicas, este tipo de muestras inalteradas solo se realiza en suelos cohesivos debido a la facilidad para conservar su estado, para estas muestras como mínimo es necesario retirar toda la capa vegetal como mínimo para realizar propiamente la extracción de la muestra, después de eso se realiza tallamiento del suelo del cual queremos obtener la muestra en forma cubica (Véase FIGURA 72).

FIGURA 72. **EXTRACCIÓN DE MUESTRA TIPO BLOQUE**



Fuente: Norma NTL 2003/72.

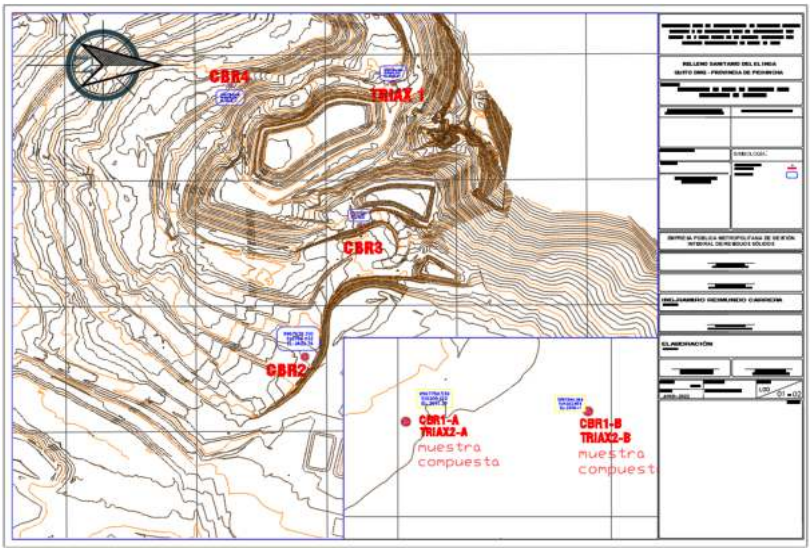
Se realizan también excavaciones superficiales para extraer muestras alteradas en áreas específicas (zona de vías utilizadas actualmente) con el fin de ejecutar ensayos de CBR y Proctor, se extraen sacos de alrededor de 40 Kilogramos de peso (Véase FIGURA 73).

FIGURA 73. **MUESTRA EXTRAÍDA TIPO SACO**

Fuente: Fotos de campo.

Las ubicaciones de estos apiques en el área de estudio son seleccionadas bajo el criterio del ingeniero geotécnico (Véase FIGURA 74 Y FIGURA 75) y se realiza la debida georreferenciación en campo de cada punto en específico. (Véase TABLA 71 Y FIGURA 74).

FIGURA 74. **UBICACIÓN DE LOS MUESTREOS TIPO BLOQUE**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 71. ***COORDENADAS DE APIQUES***

APIQUES	NORTE	ESTE	COTA
TRIAXIAL 1	9967708.064	515578.311	2594.87
CBR1-A	9967759.536	516209.012	2641.39
CBR1-B	9967844.968	516203.954	2650.11
CBR2	9967639.310	515796.033	2622.76
CBR3	9967844.968	516203.954	2650.11
CBR4	9967759.536	516209.012	2641.39

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

FIGURA 75. **MUESTRA EXTRAÍDA TIPO BLOQUE**

Fuente: Fotos de campo.

3.1.4 EXPLORACIÓN INDIRECTA

La exploración indirecta o prospección geofísica es una parte de las técnicas utilizadas en los trabajos de campo, con la cual podemos identificar de mejor manera los espesores, las formaciones y características como saturación, cambios de suelo a roca, que nos presenta el área de estudio, es muy utilizada en campo debido a la facilidad de uso y el alcance que tiene para hacer lecturas a profundidades superiores a los 30m, se describe como una técnica de investigación no invasiva ósea sin necesidad de perforar o excavar en el terreno, los estudios geofísicos realizados en el área fueron: Líneas de refracción sísmica y tomografías, estos llegaron a profundidades de 30m y 60m, respectivamente. Esto es un tema que se puede destacar de la exploración indirecta, ya que en

ocasiones por el tipo de estudios los sondeos realizados en la exploración directa abarcan profundidades muy superficiales.

3.1.5 PERSONAL Y EQUIPO

Para el desarrollo de estos estudios, se necesitó un personal capacitado en el manejo de estos equipos ya que son de alto cuidado, a su vez son equipos electrónicos necesitan un personal capacitado para leer la información que envían que tenga la experticia para responder ante cualquier inconveniente que se presente, la colocación de los equipos en campo fue manejada por una mano de obra compuesta por dos(2) técnicos, encargados de instalar cables, geófonos o electrodos en el área a estudiar y un equipo compuesto de dos(2) ingenieros para analizar la lectura que es obtenida en los equipos en tiempo real.

Los equipos y herramientas utilizadas para el desarrollo de estos ensayos son:

- Sismógrafo Geometrics, modelo ES-3000 de 12 canales y 12 geófonos.
- Cable de geófonos.
- Geófonos verticales de 4.5Hz
- Resistivimetro marca AGI, modelo SUPER STING R8 (FIGURA 77)
- Electrodos de corriente y potencial
- Cable multielectrodico
- Mazo de mango largo
- Base metálica
- Herramientas varias

FIGURA 76. **EQUIPO DE REFRACCIÓN SÍSMICA**

Fuente: Fotos de campo.

FIGURA 77. **EQUIPO DE TOMOGRAFÍAS**

Fuente: Fotos de campo.

3.1.6 LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Las líneas de refracción sísmica son parte de los estudios indirectos que se realizan en campo, estos se basan en ondas elásticas transmitidas hacia el suelo que se propagan a lo largo y ancho de este, a partir de esto podemos determinar morfologías y espesores de las capas sea suelo o roca, grados de compactación y medición de diversos parámetros mediante correlación, como módulo de elasticidad entre otros, mediante el uso de las ondas generadas Vp (velocidad de onda compresiva) y Vs (Velocidad de onda de corte).

Para el desarrollo de este ensayo se utilizan diferentes métodos como ReMi (Refraction Microtremors), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) y refracción sísmica, en nuestro caso se utiliza el método de MASW, que consiste en el análisis y medición de las propiedades de propagación en un espacio hlf estratificado de las ondas superficiales Vs de las ondas de Rayleigh.

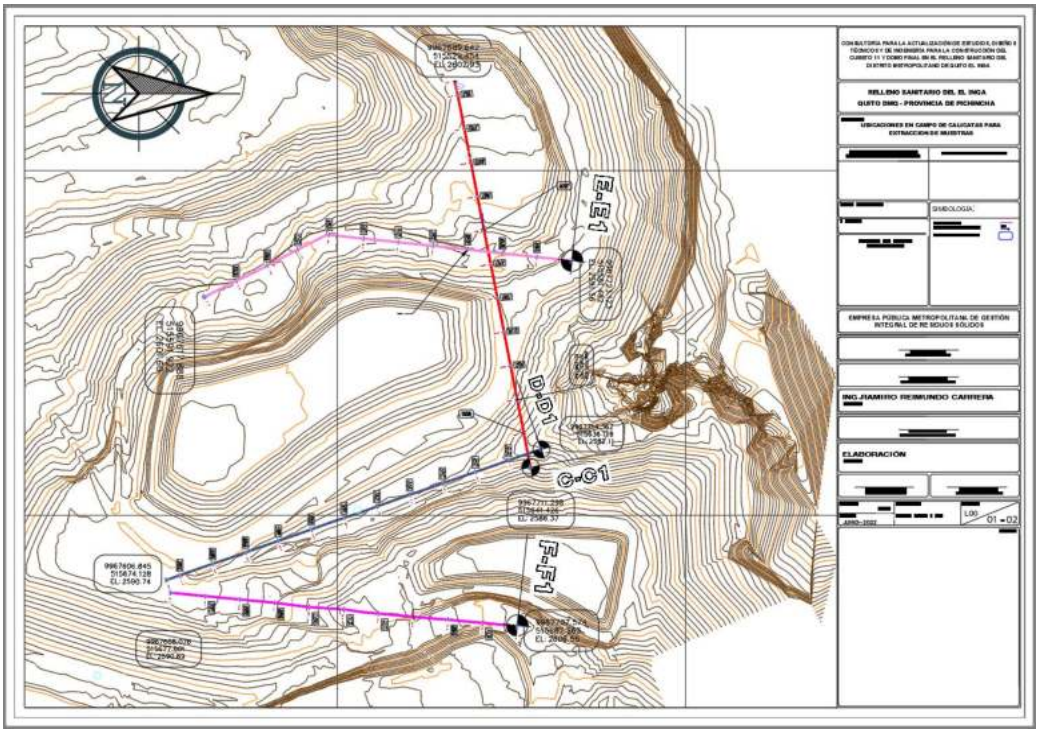
En la TABLA 72, así como también lo representa el plano de la 0, exponen la localización de cada una de las líneas sísmicas aplicadas en el terreno del estudio.

TABLA 72. ***COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA***

LÍNEAS DE TOMOGRAFÍA		COORDENADAS		LONGITUD DEL TENDIDO(m)
		ESTE(m)	NORTE(m)	
MASW-1 (F-F1)	INICIO	515687.563	9967707.574	110
	FIN	515677.801	9967608.076	
MASW-2 (E-E1)	INICIO	515581.482	9967723.123	110
	FIN	515591.922	9967617.888	
MASW-3 (C-C1)	INICIO	515636.118	9967714.362	110
	FIN	515674.128	9967606.845	
MASW-4 (D-D1)	INICIO	515641.426	9967711.298	110
	FIN	515529.454	9967689.642	

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

FIGURA 78. **LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

3.1.6.1 MÉTODO MASW

El método se origina en los años 90 en el servicio geológico de Kansas (KGS), anteriormente llamado método de reflexión de alta resolución y utilizado en la industria del petróleo para obtener imágenes del interior de la tierra a profundidades de varios kilómetros, KGS comienza un proyecto utilizando ondas superficiales con alcance de 100m más o menos para intereses de ingeniería geotécnica en proyectos; se encuentran ventajas del método multicanal para utilizar ondas superficiales, SASW reconoce que el uso de dos receptores había alcanzado su límite para manejar la complejidad que generaban estas ondas superficiales, considerando que el número de canales utilizados determina directamente el poder de resolución del método, se desarrollaron nuevas estrategias en campo y para el procesamiento de datos más al detalle con el fin de obtener un método sísmico de uso rutinario.

Este método es utilizado con el fin de obtener la velocidad de onda de corte vertical Vs, la cual nos ayuda a clasificar el tipo de suelo para el diseño sísmico, la instalación en campo se realizó de la siguiente manera, las distancias de los líneas de refracción sísmica son de 110 metros, se instalan los geófonos cada 10 metros, en total se tienen once (11) geófonos instalados a lo largo de la línea de refracción sísmica, se utiliza dinamita a baja escala como fuente de energía para generar las ondas que se necesitan, para el desarrollo del ensayo, una descarga en cada extremo de las líneas, también se realizan golpes con mazo en la zona media cuando los valores no eran bien recibidos por el sismógrafo.

En total se realiza un numero de cuatro (4) líneas de refracción, que nos da un total de 440 metros estudiados. Este método tiene como base matemática la existencia de propagación de las ondas Rayleigh y este se busca estableciendo en cero la relación de dispersión de Rayleigh R (f, k). La relación de dispersión de Rayleigh correlaciona las propiedades geométricas y mecánicas de las n capas del semiespacio estratificado con la frecuencia f y el número de onda k de esta manera:

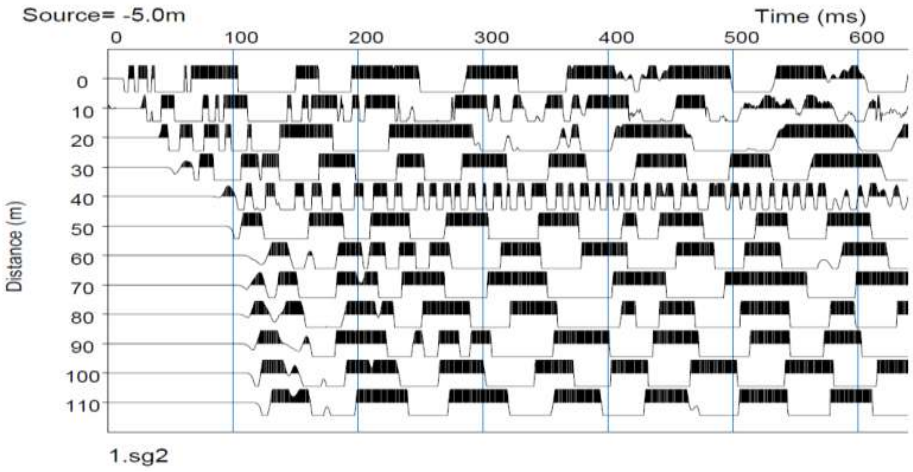
$$R(Vsi, hi, \rho, k, f) = 0\,, \qquad i = 1/(n+1)$$

Esta ecuación nos permite identificar las raíces, manteniendo un valor de f_0, y buscando los números de onda k que satisfacen la ecuación. Cada raíz de la ecuación, dada por un par de valores (f, k) representa una onda simple o modo de Rayleigh, que puede propagarse a través del medio espacio en capas.

3.1.6.2 RESULTADOS EN CAMPO

Realizado el procesamiento de los datos obtenidos en campo se generan unas graficas o diagramas la primera relación tiempo y distancia o también conocida como traveltime, son los datos en crudo que nos arroja el sismógrafo, primeramente, en la gráfica se puede identificar la distancia total que tienen las líneas de refracción sísmica y el tiempo en que las ondas producidas viajan se realiza el análisis del movimiento que realizan las ondas en cada geófono puesto cada 10 metros (Véase 0).

FIGURA 79. **GRAFICA CRUDA DISTANCIA VS TIEMPO**



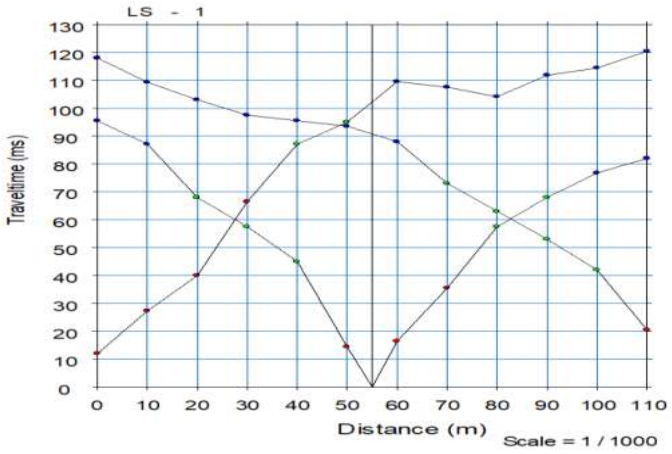
Fuente: Datos de campo.

3.1.6.3 PROCESAMIENTO

A partir de la gráfica de relación tiempo(ms) vs distancia(m), se hace uso de un programa de procesamiento de datos SeisImager SW(Surface Waves), en este se realizan los respectivos ajustes para refinar los datos obtenidos en campo generándonos una gráfica más descifrable de los resultados (Véase FIGURA 80).

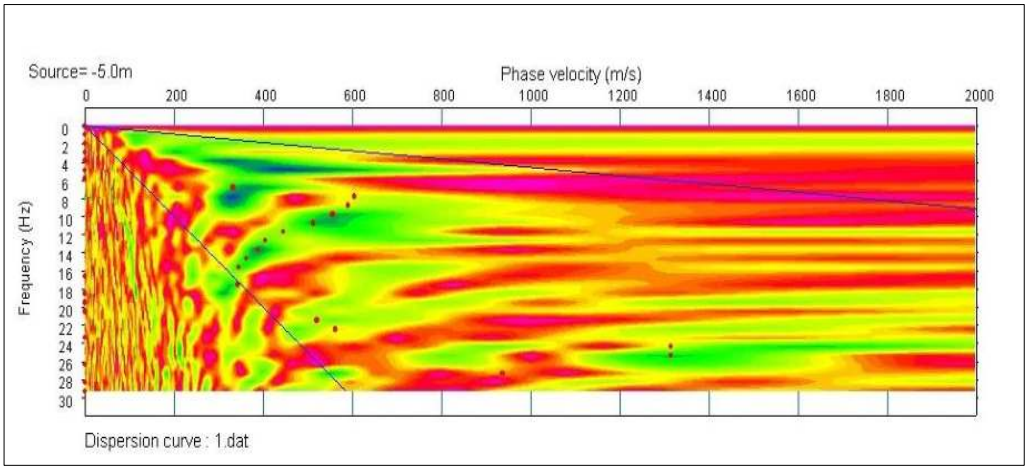
Utilizando la gráfica de tiempo vs distancia ya refinada, podemos obtener la dispersión de fase (Véase FIGURA 81), donde nos relaciona mediante colores y valores los posibles cambios en el subsuelo, en la gráfica el eje (x) corresponde a las velocidades de fase (Phase velocity) y el eje (y) el valor de la frecuencia (Frequency), esta representación es parte del procesamiento para la obtención de las velocidades Vs.

FIGURA 80. **GRAFICA REFINADA DISTANCIA VS TIEMPO**



Fuente: Datos de campo.

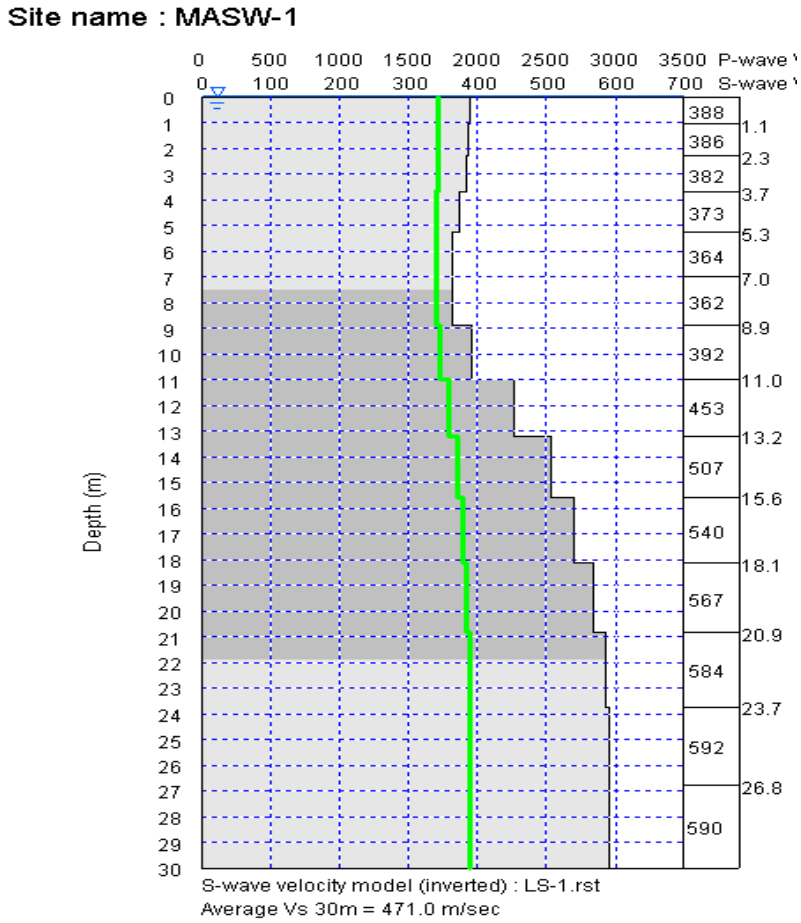
FIGURA 81. **GRAFICA DE DISPERSIÓN DE FASE**



Fuente: Elaboración propia.

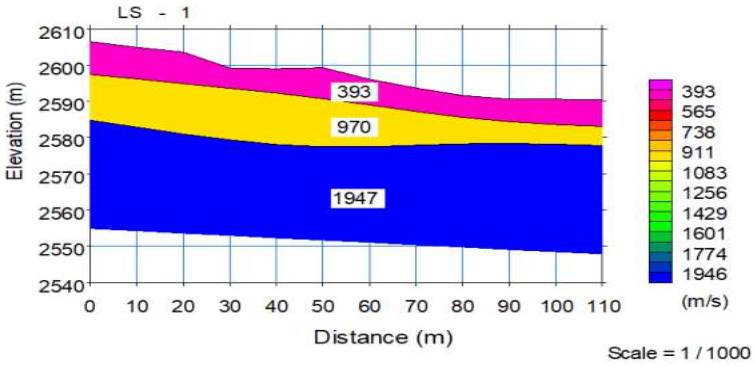
Con la tabla de dispersion de fase se generan los valores para las velocidades de onda Vs (Vease 0) y Vp (Vease FIGURA 83), estas velocidades son medidas teniendo en cuenta las zonas azules en el diagrama que indican alta resolucion de los datos obtenidos por los geofonos, apartir de estos datos se realiza la marcacion del comportamiento de la velocidad de onda, los colores verde y amarillo indican baja resolucion, y los colores naranja y rojo indican que las ondas se solapan una sobre otra.

FIGURA 82. **RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VS**



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 83. **RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VP**



Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos de las velocidades, primeramente podemos concluir el tipo de perfil de suelo (Vease TABLA 73), que se tiene en el area, con base a los cuatro(4) perfiles obtenidos y teniendo en cuenta los valores de Vs nos da como resultado el perfil de suelo Tipo C, ya que este valor se encuentra en el rango de 760m/s a 360m/s.

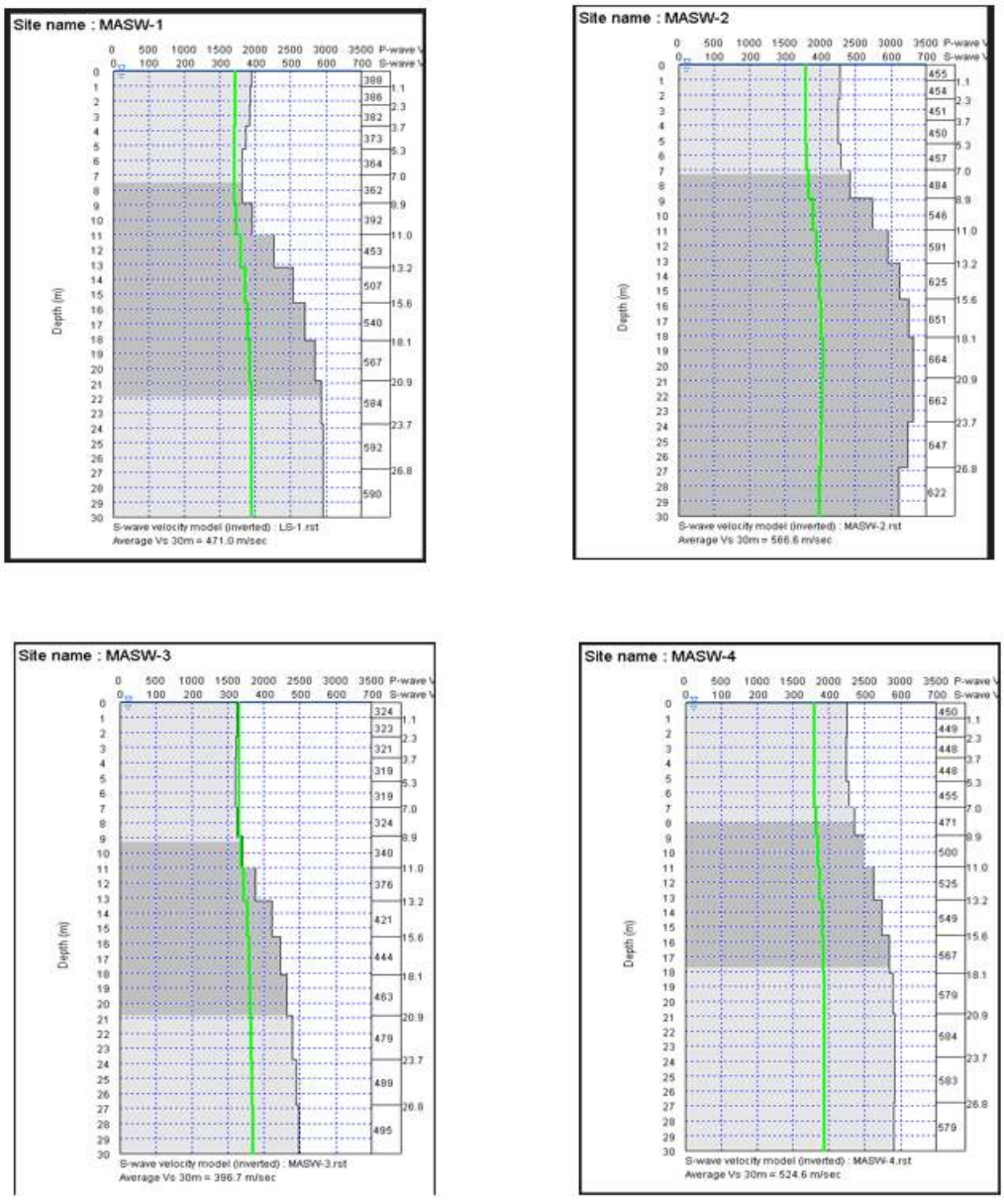
TABLA 73. ***CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELOS***

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente	Vs ≥ 1500 m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s ≥ Vs ≥ 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los criterios.	760 m/s ≥ Vs ≥ 360 m/s
		C ≥ 50
		Su ≥ 100 Kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	360 m/s ≥ Vs ≥ 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > N ≥ 15
		100 Kpa > Su ≥ 50 Kpa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	Vs <180 m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	IP > 20
		W ≥ 40%
		Su < 50 Kpa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnias. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 – Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos débilmente cementados	
	F2 – Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H ≥ 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas)	
	F3 – Arcillas de muy alta plasticidad (H>7.5m con índice de plasticidad IP >75)	
	F4 – Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5 – Suelos con contrastes de impedancia a ocurriendo en los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6 – Rellenos colocados sin control ingenieril	

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro sísmico

En terminos de importancia el valor de las velocidades de onda de corte (Vs) seria el más destacado ya que este valor lo podemos asociar a propiedades mecanicas del suelo como su rigidez y capacidad de carga, muy importantes en geotecnia, para los recursos o parametros utilizados en el modelamiento de los diseños (FIGURA 84).

FIGURA 84. **RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VS**

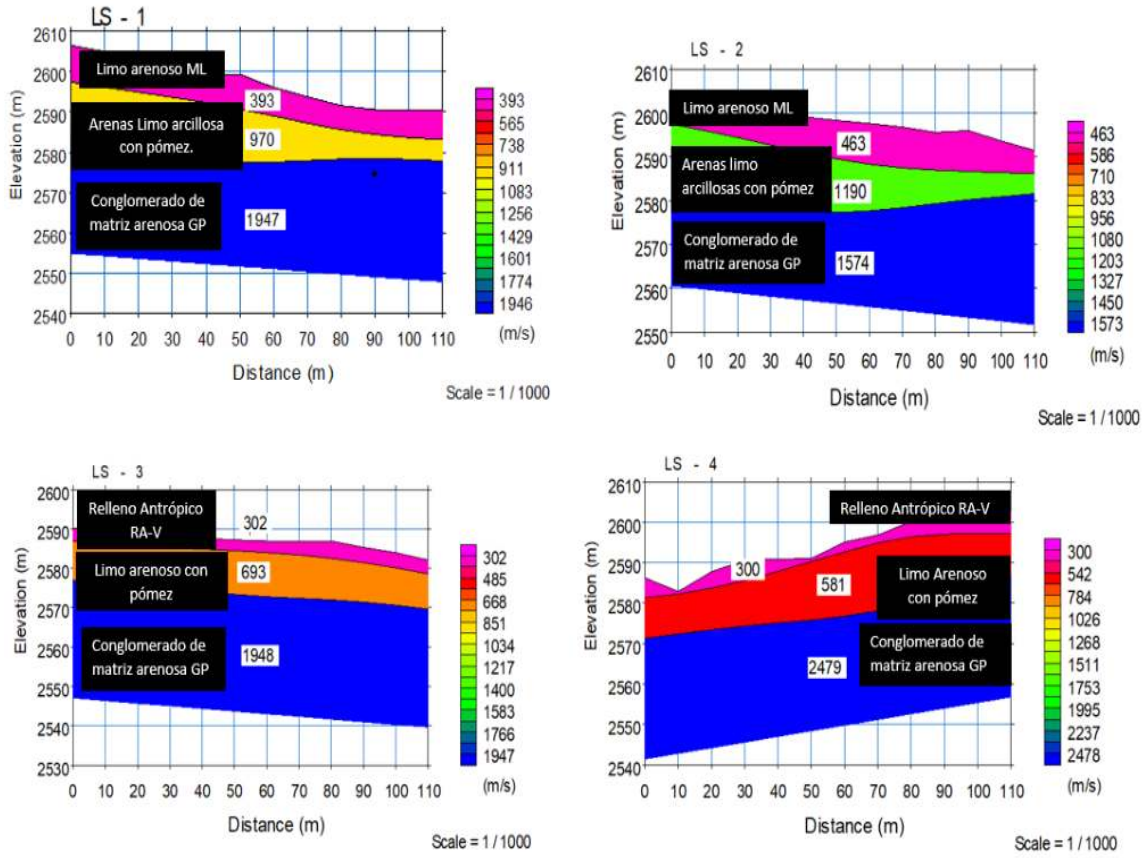


Fuente: Elaboración propia

Las ondas Vp nos permiten observar los cambios de estrato mas notables en el subsuelo, por medio de la agrupacion de las velocidades en rangos similares. En las graficas del valor Vp se pueden identificar

3 regiones la primera region de color rosado Para el caso de LS-11 y LS-2, nos presenta unos valores de 393m/s y 463m/s, respectivamente que corresponden a un suelo.

FIGURA 85. **RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VP**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo

3.1.7 TOMOGRAFÍAS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

El método de tomografía es un estudio realizado en campo que consiste en la introducción de unos electrodos en el terreno, con una distancia entre ellos definida, se conectan a un cable que transmitirá las descargas enviadas por el Resistivimetro, esta corriente es continua y es enviada de un punto o electrodo a otro, el proceso se repite para todos los electrodos puestos en el terreno y se van guardando los registros de respuesta medida de la diferencia de potencial o variación de la resistividad eléctrica a través de otro par de electrodos esto en función de la profundidad y a lo largo de un perfil 2D (Vease 0), este método es considerado como multielectrodico ya que es posible utilizar una variedad de configuraciones o arreglos geométricos entre electrodos. Con estos datos podremos determinar la presencia o no de filtraciones de agua en profundidad, por lo cual es necesario el uso de un programa de inversión que permita transformar las resistividades aparentes obtenidas en campo a valores de resistividad real.

3.1.7.1 MÉTODOS O ARREGLOS DIPOLO-DIPOLO, WENNER Y SCHLUMBERGER

Este arreglo tetraelectrodico se basa en el principio fundamental de la medida de resistividad del subsuelo, para medir la diferencia de potencial que existe entre el par de electrodos M y N, mediante la corriente continua transmitida entre los electrodos A y B, matemáticamente este valor lo podemos hallar mediante la ecuación:

$$\Delta V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}\right)$$

Donde, AM, AN, BM, BN son las distancias entre electrodos, para hallar la resistividad (ρ), se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

Donde K es el factor o constante geométrica y depende de la separación entre electrodos, dando la siguiente ecuación,

$$K = \frac{2 \cdot \pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}\right)}$$

De esta manera es obtenido el valor de la resistividad aparente, descrito así debido a que el parámetro tiene algunas afectaciones, presencia de agua en el área, la mineralogía o composición de los materiales, la temperatura, porosidad y forma de los poros, salinidad del fluido y tipo de roca, por lo cual es debido realizar los arreglos o inversión matemática para obtener el resultado de resistividad real.

En este caso se utilizan los arreglos dipolo-dipolo, Wenner y Schlumberger, cada uno de estos arreglos, cada uno de estos arreglos tiene una metodología diferente para hallar el valor de K o constante geométrica, en el caso del arreglo dipolo-dipolo los puntos de los electrodos AB y MN se ubican mucho más cerca de la distancia que los separa, en el arreglo Wenner los electrodos permanecen siempre igualmente espaciados entre sí y en el arreglo Schlumberger cumple con la condición que la distancia que separa A y B debe ser mayor o igual a 5 veces la distancia entre M y N, los valores de resistividad aparente se representan en función de AB/2, estas ecuaciones quedan de la siguiente forma:

$$K = \pi \cdot \left(AM \cdot \frac{AN}{MN}\right)(Arreglo\ Schlumberger)$$

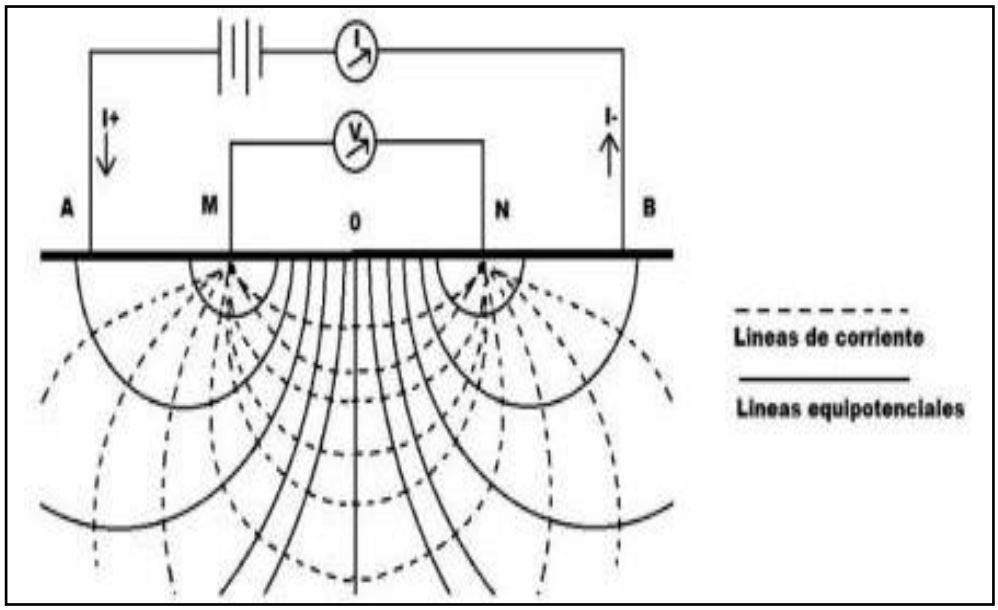
$$K = 2 \cdot \pi \cdot AM(Arreglo\ Wenner)$$

$$K = \pi an(n+1)(n+2)(Arreglo\ Dipolo\ Dipolo)$$

Para la ecuación, del arreglo Dipolo - Dipolo el valor (a) es la distancia entre electrodos que son inyectados por la corriente continua y el valor (n) es la profundidad.

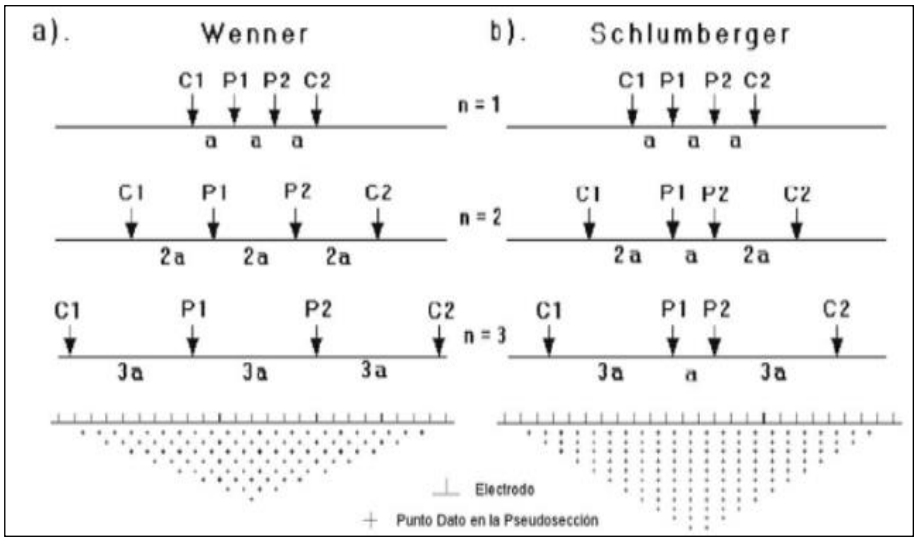
Las figuras correspondientes presenta las características de los métodos descritos.

FIGURA 86. **ARREGLO TETRAELECTRODICO PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD DEL SUBSUELO**



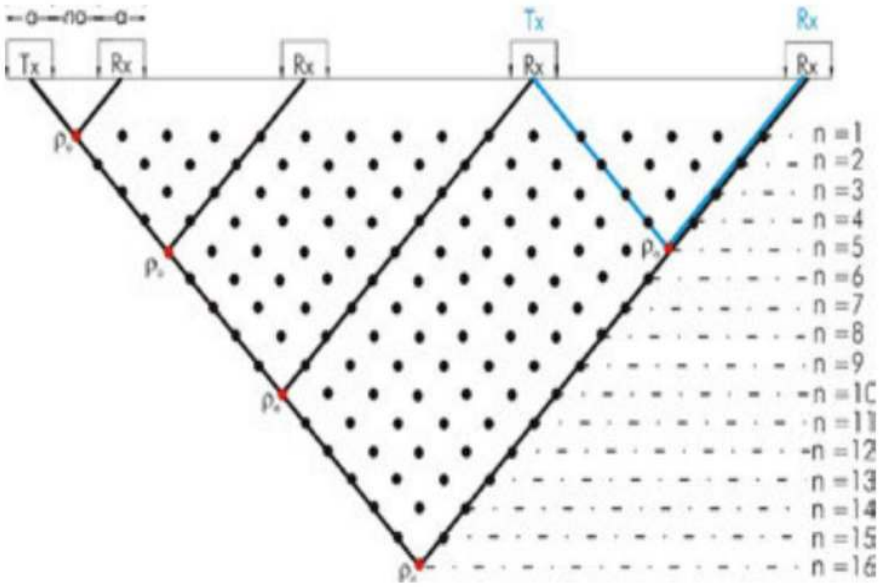
Fuente: GSGF 1998.

FIGURA 87. **CONFIGURACIÓN DE ARREGLOS EN CAMPO WENNER Y SCHLUMBERGER**



Fuente: Arreglos Wenner y Schlumberger

FIGURA 88. **CONFIGURACIÓN Y METODOLOGÍA DE ARREGLOS EN CAMPO DIPOLO-DIPOLO**



Fuente: Articulo por MTC Francisco Oliver Ocaño

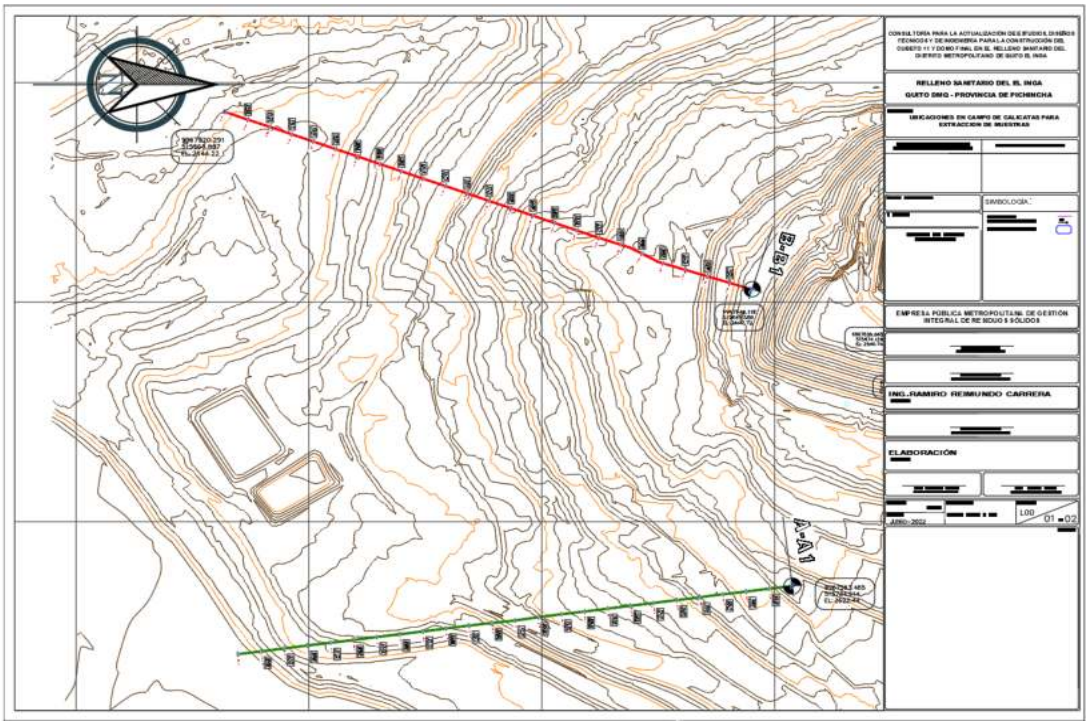
En el área de estudio se realizan dos (2) tomografías ubicadas en la zona del cubeto 7 y en el cubeto 6 para reconocer su estado sobre todo de saturación que tiene los RSU residuos sólidos urbanos contenidos en ellos, las líneas son ubicadas mediante topografía para obtener medidas más claras (Véase TABLA 74 y FIGURA 89).

TABLA 74. ***COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE TOMOGRAFÍA***

LINEAS DE TOMOGRAFIA		**COORDENADAS**		**LONGITUD DEL TENDIDO(m)**
		ESTE(m)	NORTE(m)	
TOMO A-A1	INICIO	515784.614	9967563.465	242
	FIN	515815.701	9967325.494	
TOMO B-B1	INICIO	515649.589	9967546.118	240
	FIN	515568.887	9967320.291	

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

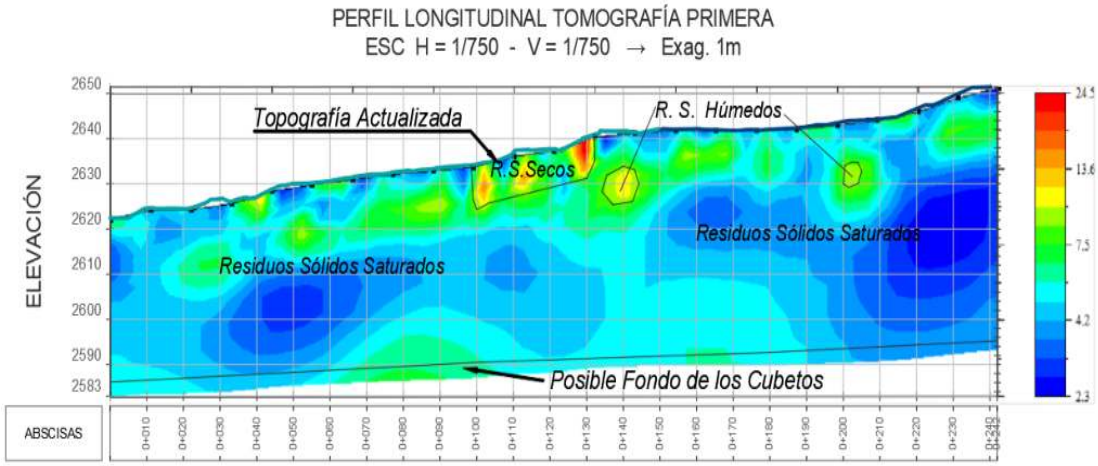
FIGURA 89. **LOCALIZACIÓN EN CAMPO DE TOMOGRAFÍAS**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Para el procesamiento de los datos se utiliza un programa de inversión eléctrica llamado EarthImager 2D, encargado de unir la topografía con el modelado 2D de los resultados de resistividad, generando las siguientes graficas:

FIGURA 90. **DIGITALIZACIÓN DE TOMOGRAFÍA A-A1**

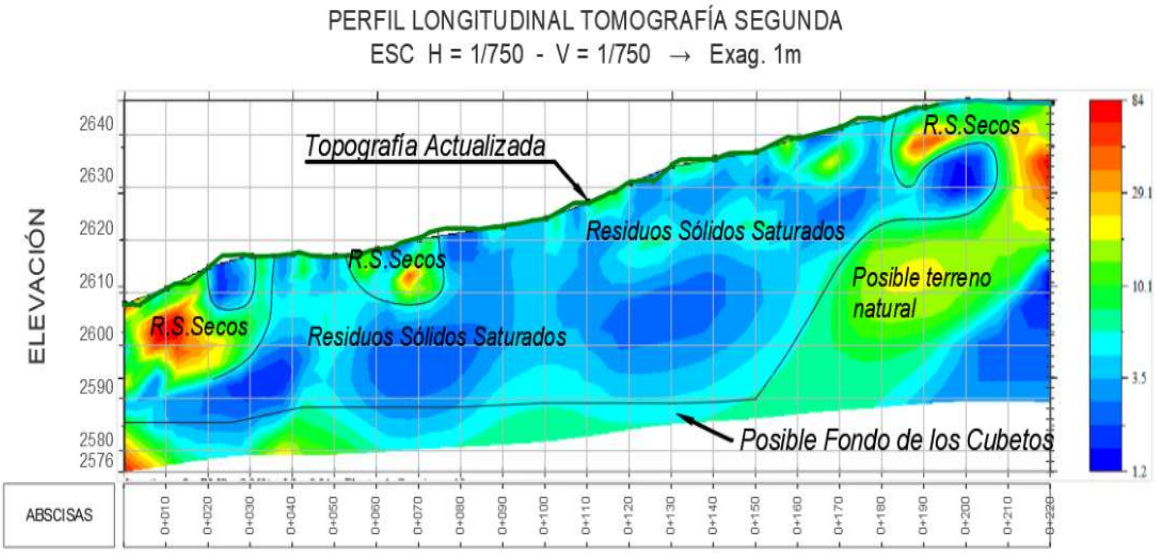


Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

En la tomografía A-A1 (Ó), se evidencio la presencia de mucho material saturado pertenecientes a los RSU o residuos sólidos urbanos, la primera parte que tiene alrededor de 15 metros de profundidad que se encuentra en color verde, es presencia de residuos sólidos en estado muy húmedo con un valor de ohmio entre los 7.5 y 10 'Ωm, una pequeña parte de se encuentra en color amarillo y rojo, se consideran residuos secos debido a su valor de ohmio que se encuentra entre los 10 y 24.5 'Ωm, la mayor parte de la tomografía de aproximadamente 30 metros se encuentra en color azul en un rango entre los 7.5 y 2.3 'Ωm, en conclusión la mayoría del área de relleno de estos cubetos se encuentra en un estado saturado, posiblemente por la acumulación de los lixiviados que se generan.

Para la tomografía B-B1 (FIGURA 91), se evidencio una condición similar a la primera tomografía donde nos presenta unas regiones grandes de RSU residuos sólidos urbanos con elevada saturación, sobre todo en el fondo estimado de los cubetos, En esta tomografía podemos determinar con facilidad que se encuentran pequeñas áreas de residuos sólidos secos al principio de la tomografía y al final en color verde, rojo y amarillo con aproximadamente 20 metros de profundidad, también al final de la tomografía mediante el estudio se pudo determinar el posible terreno natural o área definida de los cubetos que se encuentra en color verde, rojo y amarillo, estos con un valor de ohmio entre 10.1 y 84 'Ωm, también podemos destacar el área saturada de los residuos sólidos urbanos RSU, en algunas partes de la tomografía se puede notar que hay saturación desde el nivel de superficie con una profundidad aproximada de 42 metros, estos residuos con un valor de ohmio entre 10.1 y 1.2 'Ωm.

FIGURA 91. **DIGITALIZACIÓN DE TOMOGRAFÍAS B-B1**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

En general el estado de los cubetos es de parcialmente completa saturación de lixiviados y esto es corroborado con evidencia en campo donde se encontraron superficialmente humedales de lixiviado, en varias zonas del área de estudio.

4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

4.1 DEFINICIÓN

Con base en la exploración realizada en campo, se construye la columna estratigráfica general del área de estudio, que se refiere a los estratos encontrados en los ensayos de la exploración directa e indirecta, con el fin de describir sus espesores o potencia, profundidad y el origen o edad que posee, esto para diferenciar las diferentes capas que se encuentran en el subsuelo del área de trabajo.

En el área de estudio se realiza el análisis estratigráfico y se hace la diferenciación de capas la columna está constituida sobre todo de arenas limosas de baja plasticidad y conglomerados de matriz arenosa, que tienen espesores altos llegando al nivel del Rio El Inga, suelos que conforman las formaciones Cangahua y Chichi, respectivamente, también podemos encontrar un material de relleno antrópico debido a que gran parte de la zona o área estudiada se encuentra sobre los cubetos, piscinas y diques, que se han trabajado y construido anteriormente.

4.2 ESTRATIGRAFÍA

Las capas más representativas en esta área de estudio fueron decididas mediante el análisis de las perforaciones, la geología y los resultados de laboratorios de la clasificación granulométrica SUCS que nos permite definir el tipo de suelo y su característica de plasticidad en el caso de suelos finos (arcillas y limos).

Realizando el análisis de los sondeos realizados, se obtiene una columna general estratigráfica (Véase TABLA 75).

TABLA 75. ***ESTRATOS ENCONTRADOS***

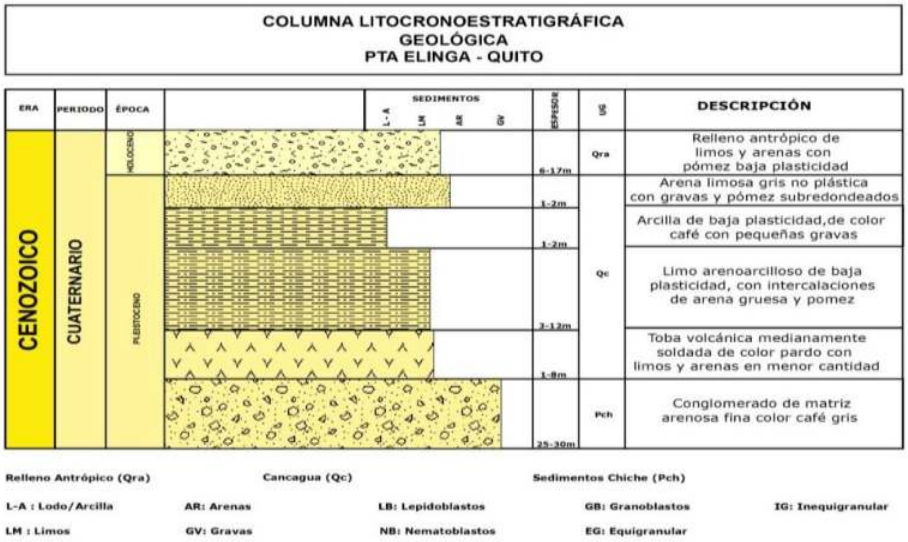
Estrato 1	Relleno antrópico, material limo arenoso de color oscuro, con presencia de pómez de consistencia media a dura, y arena limosa de compacidad muy suelta a medianamente suelta con pómez de color gris verdosa, muy alterada y de humedad alta. (RA-V ML, SM)
Estrato 2	Arena gruesa de pómez alterado gris verdoso y pardo, poco compacta, con lentes de limos y cenizas plásticas. (SM)
Estrato 3	Arcilla de baja plasticidad, ligeramente húmeda, con pequeñas gravas y lentes esporádicos de limo arcilloso. (CL)
Estrato 4	Limo areno arcilloso de color, con intercalaciones de arena gruesa con pómez y componentes volcánicos grava fina de líticos subangulosos. (SM-ML)
Estrato 5	Toba volcánica medianamente soldada de color pardo, compuesta de limos y arenas finas, con pequeños lentes de ceniza blanca, contiene líticos volcánicos subangulosos. (MH)

Estrato 6	Conglomerado de matriz de arena fina color café con gris, matriz soportada con grava gruesa y líticos volcánicos, contiene clastos angulosos de hasta 16cm. (GP)

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Obtenida una descripción en campo de los estratos más significativos, se relación con la geología para conocer más a detalle el tipo de suelo y las posibles características que tiene cada uno dependiendo de la unidad litológica a la que pertenezca (Véase FIGURA 92).

FIGURA 92. **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

4.3 DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS

Estrato 1: Este estrato se encuentra en las perforaciones P#1, P#2 y P#4, esto debido a que son perforaciones realizadas en las estructuras de contención (dique) que se encontraban en la zona, utilizados para retención de los residuos sólidos urbanos RSU de algunos cubetos, las muestras recogidas se encontraban en un estado semihúmedo, y en algunos casos se encontraban saturadas, sin presentar una estructura definida, conformadas de limos y arenas con grava fina a gruesa de pómez, el estrato se encuentra identificado hacia el techo de la columna como Depósitos Rellenos Antrópicos (Qra).

Estrato 2: Este material fue hallado en las perforaciones P#3, permitió reconocer un material de granulometría areno limoso muy resistente presentando ensayos con N mayores a 50, además compuesto por gravas monomícticas de origen tales como tobas volcánicas y lapilli de pómez de morfología subredondeadas, en baja cantidad, pequeños lentes de gravas tamaño guijos de pómez con alteraciones de color naranja este paquete se asocia a la Formación Cangahua (Qc).

Estrato 3: Este material solo se encuentra en la perforación P#3, muestra una columna muy definida de los estratos que tiene la Formación Cangahua, con espesor alrededor de 2,0 metros, compuesta de arcillas de baja plasticidad de color café; cabe resaltar que estos materiales son muy poco comunes y de muy poca potencia, en reducidos porcentajes se encuentran gravas de pómez, este paquete se asocia a la Formación Cancagua (Qc).

Estrato 4: Este material fue hallado en las perforaciones P#3 y P#4, es un suelo tipo ML y SM de resistencia alta en tonalidades gris-café, presenta intercalaciones de arena gruesa con pómez de bajo espesor color crema, presenta gravas monomícticas de composición volcánica en bajo porcentaje, en la perforación P#4, se encuentra descompuesto el estrato asociado a la circulación de fluidos infiltrados de la Laguna, variando su tonalidad a verdosas, presentando cambios por procesos antrópicos su espesor disminuye por obras realizados en el área anteriormente, ya que está en la zona de construcción de la piscina 9. Material perteneciente a la formación Cangahua (Qc) por sus propiedades físicas.

Estrato 5: Este material se presenta en las perforaciones P#3 y P#4, es clasificado como un limo de alta plasticidad, de tonalidades parduzcas, con arenas finas y limos, de alta plasticidad, medianamente compacto, posee gravas finas monomícticas de origen volcánicos, presenta decoloración a naranja, con lentes de ceniza de color blanco no plástico, en la perforación P#4 se presenta un lente más reducido de este estrato, con presencia de grava gruesa angulosa y fina de origen volcánico, sus tonalidades cambian a un verde oscuro. Por consiguiente, es correlacionable con la Formación Cangahua (Qc).

Estrato 6: Este estrato es encontrado en las perforaciones P#3 y P#4, se trata de un conglomerado con matriz de arenosa fina de color café-gris oscuro, contiene cantos y bloques de hasta 16 centímetros de diámetro, angulares, a lo largo de la perforación de este material se encuentran fracciones de un grado de consolidación bajo, contiene limos de color parduzco de bajo espesor, correlacionable con los Sedimentos Chiche (Pch).

De manera general la caracterización de estratos reconocidos en campo se representó gráficamente a través de la columna estratigráfica de la zona de estudio, con los cuales se procederá a realizar el proceso de parametrización o caracterización geotécnica, mediante los resultados de los ensayos hechos en campo y las muestras de laboratorio.

5 PARAMETRIZACIÓN GEOTÉCNICA

Teniendo una columna estratigráfica clara y definida del subsuelo presente en nuestra área de estudios, se procede a caracterizar cada uno de los horizontes o estratos encontrados, mediante la especificación de sus propiedades tanto físicas como mecánicas, esto con el fin de realizar los ejercicios de modelación geotécnica proyectando las estructuras principales que se piensan diseñar, dique de contención, llenado de residuos para cubeto 11 y proyección de la cisterna para manejo de lixiviados.

5.1 RESULTADOS DE ENSAYOS

Para los ensayos de laboratorio en las muestras obtenidas en las perforaciones se decidió, tomar el siguiente método, en el caso de las propiedades físicas se realiza un ensayo cada 2 metros o en cada

cambio de estrato, esto para cumplir lo escrito en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), en su capítulo 3.8 – Ensayos de laboratorio, en el caso de las propiedades mecánicas se realizan ensayos en los diferentes estratos obtenidos como Triaxial UU y corte Directo CD.

5.1.1 PROPIEDADES FÍSICA

Los resultados de los ensayos realizados para las muestras obtenidas por SPT y también muestras que se obtuvieron mediante extracción en apiques son enviadas al laboratorio, en general los resultados obtenidos en las muestras de las perforaciones #1 y #2 de sus propiedades físicas son muy similares en toda la longitud de la perforación dando características de un material homogéneo, correspondiendo a un material de relleno antrópico, consecuente a que son perforaciones realizadas sobre diques de contención, en el caso de las perforaciones #3 y #4 que son realizadas en zonas de terreno natural, hay más evidencia de estratificación, suelos con características muy diferentes entre ellos a lo largo de la profundidad de las perforaciones:

TABLA 76. ***RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #1***

PERFORACIONES #1		**GRANULOMETRÍA**			**LIMITES DE PLASTICIDAD**			**HUMEDAD NATURAL**	**SUCS**	**PESO UNITARIO** (T/m3)	
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP			SECA	HÚMEDA
0.5	1	0.38	37.55	62.07	47	29.77	17.23	36.59	ML	1.3	1.73
2.5	3	3.84	35.21	60.94	44	30.52	13.48	38.12	ML		
4.5	5	0	31.4	68.6	37	29.6	7.4	35.4	ML		
6.5	7	0	31.77	68.23	36.5	25.87	10.63	33.41	ML		
9.5	10	1.41	40.45	58.14	37.6	27.08	10.52	32.23	ML	1.37	1.76
10.5	11	5.64	45.74	48.62	37.6	26.06	11.54	32.43	ML		
12.5	13	0.8	41.71	57.5	40	29.36	10.64	32.95	ML	1.39	1.83
14.5	15	1.32	39.38	59.3	38	26.11	11.89	31.97	ML		
16.5	17	2.31	41.56	56.13	37	26.08	10.92	29.96	ML		

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 77. ***RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #2.***

PERFORACIONES #2		**GRANULOMETRÍA**			**LIMITES DE PLASTICIDAD**			**HUMEDAD NATURAL**	**SUCS**	**PESO UNITARIO** (T/m3)	
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP			SECA	HÚMEDA
0.5	1	0.78	33.42	65.8	44	26.67	17.33	27.84	ML	1.32	1.7
2.5	3	1.39	33.8	64.82	40	25.44	14.56	29.66	ML		

4.5	5	0.6	37.5	62	39	34.1	4.9	31	ML	1.35	1.76
6.5	7	8.1	46.1	45.8	38	27.8	10.2	32.7	ML		
8.5	9	0.5	37	62	35	22	13	29.29	ML		
10.5	11	0.8	40	60	38	25	13	29.34	ML		
12.5	13	1.6	46.91	51.49	37	25.6	11.4	33.66	ML	1.28	1.68
14.5	15	0.8	39	60	40	26	14	31.17	ML		
16.5	17	0.8	40	59	38	25	13	30.3	ML	1.35	1.79

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 78. ***RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #3***

PERFORACIONES #3		**GRANULOMETRÍA**			**LIMITES DE PLASTICIDAD**			**HUMEDAD NATURAL**	**SUCS**	**PESO UNITARIO** (T/m3)	
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP			SECA	HÚMEDA
0.5	1	3.61	50.6	45.79	26	20.55	5.45	20.65	SM	1.5	1.86
2.5	3	0	31.72	68.28	28	19.73	8.27	22.28	CL		
4.8	5.1	8.74	49.94	41.32	32	26.3	5.7	26.63	ML		
6	6.5	4.9	53	42.1	49	35.7	13.3	31.1	SM		
8	8.5	3	43.1	53.9	28	21.4	6.6	20.2	ML		
10	10.5	1.3	47	51.6	33	25.2	7.8	3.7	ML		
12	12.5	3.31	50.07	46.63	34	28.63	5.37	41.15	SM		
14	14.5	7.1	51	42	44	35	9	39.22	SM	1.27	1.76
14.7	15.15	13.2	60	27	NP	NP	NP	29.95	SM		
18	18.5	0	29	71	62	46	16	65.59	MH		
20	20.5	0	12.89	87.11	98	73.5	24.5	88.7	MH		
21.5	22	9.38	22.19	68.4	43	31.9	11.1	31.38	ML		
22.5	25	50	50		NP	NP	NP		GP		

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 79. ***RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #4***

PERFORACIONES #4		**GRANULOMETRÍA**			**LIMITES DE PLASTICIDAD**			**HUMEDAD NATURAL**	**SUCS**	**PESO UNITARIO** (T/m3)	
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP			SECA	HÚMEDA
0.5	1	10.36	51.11	38.52	40	30.47	9.53	41.7	SM		

2.5	3	2.9	46.64	50.47	42	28.12	13.88	44.38	ML		
4.5	5	2.8	52.8	44.4	0	NP	NP	38.4	SM		
6.5	7	3.85	54.2	41.95	40	26.29	13.71	38.09	SM	1.34	1.77
7.5	10	40	60	0	NP	NP	NP		GP	1.29	1.74
10.5	10.95	0.4	56	43	32	26	6	31.1	SM	1.33	1.71
11	11.5	0	27	73	62	34	28	40.8	MH		
12	25	70	30		NP	NP	NP		GP		

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Con la información obtenida de los laboratorios se hace más claro el análisis para definir cada estrato, esto con ayuda de la visualización en campo y los análisis de la exploración indirecta Líneas de Refracción Sísmica y Tomografías de Resistividad Eléctrica.

5.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Para las propiedades mecánicas se obtienen los siguientes datos de cada perforación y a diferentes profundidades, se realiza esta identificación de características teniendo en cuenta los estratos percibidos en campo (TABLA 80).

TABLA 80. ***RESULTADOS PROPIEDADES MECÁNICAS PERFORACIÓN #1***

PERFORACIÓN			ENSAYO TRIAXIAL UU				ENSAYO CORTE DIRECTO		
			Cu	φ	ε	Gs	C	φ	Gs
P1	9.0	9.5	3.69	43.04	1131.92	2.65			
P2	5.0	5.5					1.7	28.87	2.65
P3	13.7	14.0					0.0	33.93	2.65
P4	6.5	7.0					1.97	26.57	2.65
CALICATA			15.8	37.6	13734	2.65			
CALICATA			14.6	35.2	2065.26	2.65			

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS Y ROCAS EN EL ÁREA

Para la caracterización se utiliza la columna estratigráfica conseguida mediante las perforaciones y los laboratorios de suelo, a estos estratos se les definen sus propiedades físicas y mecánicas, para las rocas se realiza la clasificación de rocas mediante el método de clasificación geomecánica GSI (Geological Strength Index), sobre todo para el caso de rocas débiles.

En el caso de los suelos se realiza primeramente la corrección del valor de los golpes en el ensayo SPT (Standart Penetration Test), este proceso se realiza mediante el uso de factores de corrección por sobrecarga, de energía, por la longitud de la barra, por el diámetro de la perforación, y corrección de línea, a partir de estos factores se genera la siguiente ecuación:

$$N60 = Ncampo * Ce * Cr * Cb * Cs$$

Donde,
N_{60} = Golpes corregidos al 60%.
N_{campo} = Factor de corrección de sobrecarga.
C_e = Factor de corrección de energía.
C_r = Factor de corrección de la longitud de la barra.
C_b = Factor de corrección del diámetro de la perforación.
C_s = Factor de corrección de línea.
C_n = Factor de corrección por sobrecarga.
$N_{1.60}$ = Valor de N_{60} multiplicado por la corrección de sobrecarga.

Estos factores son tomados de unas tablas que nos sugieren unos valores (TABLA 81, TABLA 82 y TABLA 84), que dependen de las características en las que se desarrollaron las perforaciones, para el caso del Factor de corrección por sobrecarga se tiene en cuenta un esfuerzo de sobrecarga efectivo de valor 1Tsf (100 Kpa), este solo es utilizado para suelos arenosos.

TABLA 81. ***FACTOR DE CORRECCIÓN POR TIPO DE MARTILLO***

FACTORES DE CORRECCIÓN POR ENERGÍA, PROPUESTO	
Tipo de Martillo	Factor de corrección, Ce
Automatic	1.3
Safety	1.0
Donut	0.75

Fuente: Guía de diseño #6 Geotecnia NEC 2015

En esta perforación se utilizaron dos tipos de martillo, en las perforaciones P#1 y P#2, se utiliza un martillo tipo Donut y en las perforaciones P#3 y P#4 se utiliza un martillo tipo safety.

TABLA 82. ***FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD DE LA BARRA.***

Longitud(m)	**Factor de corrección,**
>10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

Fuente: Guía de diseño #6 Geotecnia – NEC 2015

TABLA 83. ***FACTOR DE CORRECCIÓN POR DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN***

Longitud(m)	Factor de corrección,
60-120mm	1.0
150mm	1.0
200mm	0.80

Fuente: Guía de diseño #6 Geotecnia – NEC 2015

TABLA 84. ***FACTOR DE CORRECCIÓN DE LÍNEA***

Longitud(m)	Factor de
Sin encamisado	1.0
Con encamisado	1.0
Arena densa, Arcilla	0.8
Arena suelta	0.9

Fuente: Guía de diseño #6 Geotecnia – NEC 2015

Teniendo en cuenta estos factores se procede a calcular el N60, o N corregido, para mediante correlaciones obtener un valor del Angulo de fricción φ y la cohesión (este valor suele ser muy subjetivo, lo recomendable es utilizarlo en concordancia con los ensayos de laboratorio), también generar valores de esfuerzos (Sv y T). Estos valores resultantes son los siguientes:

TABLA 85. ***CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#1***

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
1	1.76	Relleno Antropico P1

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			N60	f (°)	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
		de	a	media	Corregido	Promedio		
Sondeo 1	0	0	0.45	0.78	2.00	24.69	1.36	0.63
Sondeo 1	0	0.45	0.9	1.78	2.00	24.69	3.12	1.44
Sondeo 1	0	2.55	3	2.78	9.00	27.89	4.88	2.59
Sondeo 1	0	3.55	4	3.78	7.00	27.11	6.64	3.40
Sondeo 1	0	4.55	5	4.78	10.00	28.27	8.40	4.52
Sondeo 1	0	6.55	7	6.78	28.00	33.95	11.92	8.03
Sondeo 1	0	7.55	8	7.78	21.00	31.90	13.68	8.52
Sondeo 1	0	8.55	9	8.78	10.00	28.27	15.44	8.30
Sondeo 1	0	9.55	10	9.78	15.00	30.00	17.20	9.93
Sondeo 1	0	10.55	11	10.78	21.00	31.90	18.96	11.80
Sondeo 1	0	11.55	12	11.78	25.00	33.08	20.72	13.50
Sondeo 1	0	12.55	13	12.78	22.00	32.20	22.48	14.16
Sondeo 1	0	13.55	14	13.78	30.00	34.51	24.24	16.67
Sondeo 1	0	14.55	15	14.78	30.00	34.51	26.00	17.88
Sondeo 1	0	15.55	16	15.78	30.00	34.51	27.76	19.09
Sondeo 1	0	16.55	17	16.78	30.00	34.51	29.52	20.30

		f´ (°)	
Valor Mínimo		24.7	Parámetros de Resistencia
Valor Promedio		30.7	c´ prm (t/m2) 0.00
Valor Máximo		34.5	f´ prm (°) 33.18
			f´ min (°) 24.69

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 86. ***CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#2***

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
2	1.70	Relleno Antropico P2

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			N60	f (°)	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
		de	a	media	Corregido	Promedio		
Sondeo 2		0.55	1.00	0.78	3.00	25.26	1.32	0.62
Sondeo 2		1.55	2.00	1.78	2.00	24.69	3.02	1.39
Sondeo 2		2.55	3.00	2.78	7.00	27.11	4.72	2.41
Sondeo 2		3.55	4.00	3.78	7.00	27.11	6.42	3.29
Sondeo 2		4.55	5.00	4.78	9.00	27.89	8.12	4.30
Sondeo 2		5.55	6.00	5.78	10.00	28.27	9.82	5.28
Sondeo 2		6.55	7.00	6.78	9.00	27.89	11.52	6.10
Sondeo 2		7.55	8.00	7.78	10.00	28.27	13.22	7.11
Sondeo 2		8.55	9.00	8.78	6.00	26.69	14.92	7.50
Sondeo 2		9.55	10.00	9.78	10.00	28.27	16.62	8.94
Sondeo 2		10.55	11.00	10.78	12.00	28.98	18.32	10.15
Sondeo 2		11.55	12.00	11.78	12.00	28.98	20.02	11.09
Sondeo 2		12.55	13.00	12.78	4.00	25.78	21.72	10.49
Sondeo 2		13.55	14.00	13.78	4.00	25.78	23.42	11.31
Sondeo 2		14.55	15.00	14.78	12.00	28.98	25.12	13.91
Sondeo 2		15.55	16.00	15.78	12.00	28.98	26.82	14.86
Sondeo 2		16.55	17.00	16.78	16.00	30.33	28.52	16.68

		f´ (°)	
Valor Mínimo		24.7	Parámetros de Resistencia
Valor Promedio		27.3	c´ prm (t/m2) 0.000
Valor Máximo		29.0	f´ prm (°) 28.31
			f´ min (°) 24.69

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

Los resultados obtenidos que estas correcciones en P#1 y P#2, son en relleno Antrópico, los ensayos granulométricos nos arrojaron como resultado un limo de baja plasticidad (ML) en los dos casos, para estas perforaciones se realiza la corrección a N_{60}, sin tener en cuenta el factor de sobrecarga.

Para el caso de las perforaciones P#3 y P#4, se realiza una división de los diferentes estratos encontrados para manejar un promedio de estas correcciones y correlaciones en cada material, estos estratos utilizados son los previamente definidos en la columna estratigráfica, se tiene en cuenta el Factor de Sobrecarga en estos casos para generar el valor de $N_{1,60}$.

TABLA 87. ***CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#3 Y P#4***

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
1	1.76	Limo de alta Plasticidad MH

Sondeo	Muestra	Profundidad (m) de	a	media	N60 Corregido	f (°) Promedio	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
Sondeo 3		16.8	17.25	17.03	17.00	30.65	30.00	17.78
Sondeo 4		10.5	11	10.75	12.00	27.36	19.37	10.02

f' (°)

			Parámetros de Resistencia	
Valor Mínimo		27.4	c' prm (t/m2)	0.00
Valor Promedio		29.0	f' prm (°)	29.70
Valor Máximo		30.7	f' min (°)	27.36

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
3	1.76	Arena limosa P3

Sondeo	Muestra	Profundidad (m) de	a	media	N60 Corregido	f (°) Promedio	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
Sondeo 3		0.55	1	0.78	43.00	38.01	1.36	1.07
Sondeo 3		1.55	2	1.78	37.00	36.43	3.12	2.31

f' (°)

			Parámetros de Resistencia	
Valor Mínimo		36.4	c' prm (t/m2)	0.11
Valor Promedio		37.2	f' prm (°)	35.15
Valor Máximo		38.0	f' min (°)	36.43

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
4	1.80	Arcilla CL

Sondeo	Muestra	Profundidad (m) de	a	media	N1,60 Corregido	f (°) Promedio	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
Sondeo 3		2.55	3.00	2.78	22.00	32.20	4.92	3.10

f' (°)

			Parámetros de Resistencia	
Valor Mínimo		32.2	c' prm (t/m2)	3.10
Valor Promedio		32.2	f' prm (°)	0.00
Valor Máximo		32.2	f' min (°)	32.20

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
5	1.76	Limo arenoso ML-SM

Sondeo	Muestra	Profundidad (m) de	a	media	N1,60 Corregido	f (°) Promedio	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
Sondeo 3		4.9	5.13	5.015	27	33.66	8.87	5.90
Sondeo 3		14.7	15.15	14.925	10	28.27	26.31	14.15
Sondeo 4		5.55	6	5.775	17	29.82	10.26	5.88
Sondeo 4		6.55	7	6.775	15	29.43	12.02	6.78

f' (°)

			Parámetros de Resistencia	
Valor Mínimo		28.3	c' prm (t/m2)	1.08
Valor Promedio		30.3	f' prm (°)	26.30
Valor Máximo		33.7	f' min (°)	28.27

Codigo	g (Ton/m3)	Descripción de material
6	1.78	Arena limosa Relleno A P4

Sondeo	Muestra	Profundidad (m) de	a	media	N1,60 Corregido	f (°) Promedio	sv'(Ton/m²)	t (Ton/m²)
Sondeo 4		0.55	1	0.78	3.00	25.26	1.38	0.65
Sondeo 4		1.55	2	1.78	1.00	23.98	3.16	1.41
Sondeo 4		2.55	3	2.78	1.00	23.98	4.94	2.20
Sondeo 4		3.55	4	3.78	2.00	24.69	6.72	3.09
Sondeo 4		4.55	5	4.78	1.00	23.98	8.50	3.78

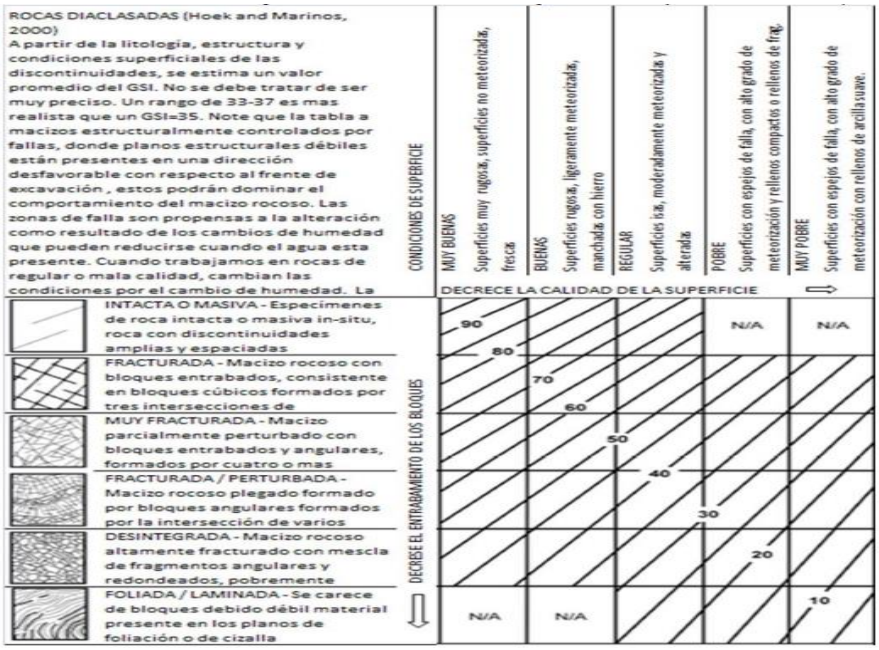
f' (°)

			Parámetros de Resistencia	
Valor Mínimo		24.0	c' prm (t/m2)	0.02
Valor Promedio		24.4	f' prm (°)	24.05
Valor Máximo		25.3	f' min (°)	23.98

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

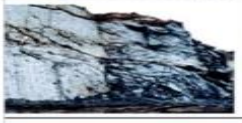
En el caso del conglomerado se realiza la clasificación de rocas GSI (Geological Strength Index), el método GSI (FIGURA 93), permite evaluar el macizo rocoso de manera cualitativa, teniendo en cuenta algunas características que se pueden definir en campo utilizando solo el sentido visual, considerándolo un método fácil y económico de análisis de roca, en este método se tienen en cuenta los siguientes aspectos, tamaño, entrabamiento de bloques, composición y estructura, discontinuidades, tipo de excavación. Con este valor podemos establecer ciertas propiedades del macizo que podemos utilizar para la modelación de la estabilidad de los taludes.

FIGURA 93. **CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DE LOS BLOQUES**



Fuente: Método de clasificación de rocas GSI (Hoek, 2006)

FIGURA 94. **CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DE LOS BLOQUES**

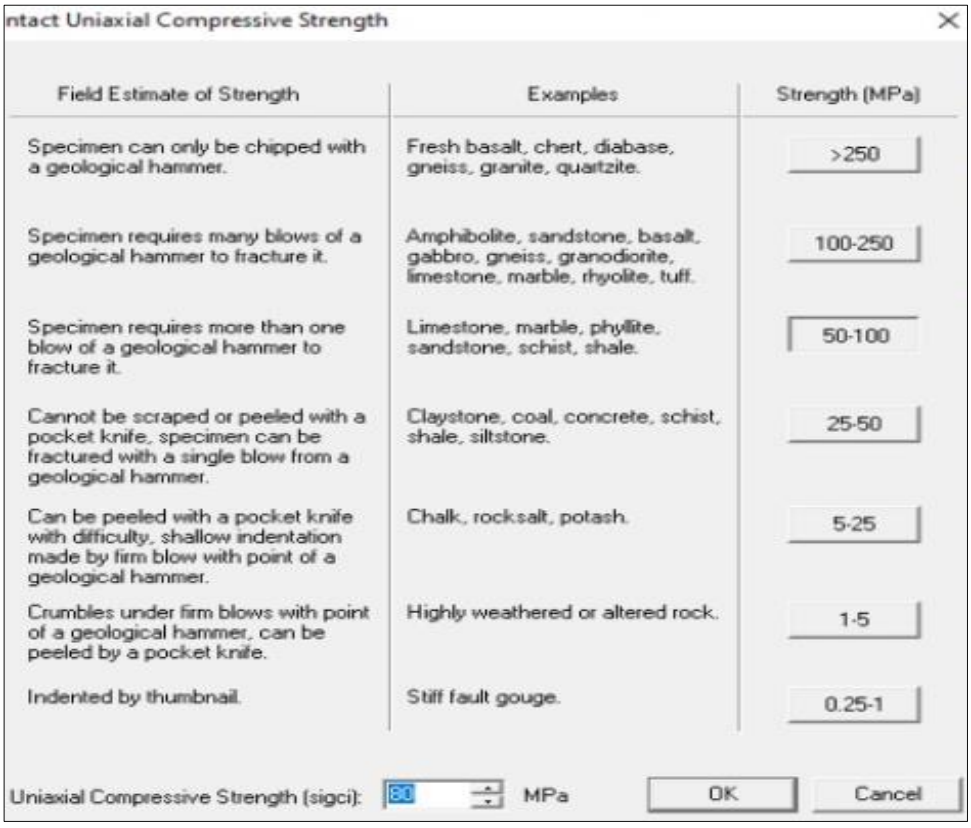
APARIENCIA DEL MACIZO ROCOSO	DESCRIPCIONDEL MACIZO ROCOSO	VALOR SUGERIDO DE D
	Excelente calidad por voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, resultando en la perturbación mínima del macizo alrededor del túnel	D=0
	Excavación mecánica o manual en macizo de mala calidad (sin voladura) resultando en la mínima perturbación en el macizo rocoso circundante Cuando se presentan problemas de fluencia con significantes movimientos en el piso, la perturbación puede ser severa a menos que una solera temporal o contrabóveda se instalada, como muestra la fotografía.	D=0 D=5 sin solera
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roa competente con daños locales severos, extendiéndose 2-3m en el macizo circundante.	D=0,8
	Pequeñas voladuras en taludes de ingeniería civil dan lugar a pequeños daños en el macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía	D=0,7 ; buena voladura. D=1 pobre voladura
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a las grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas la excavación puede llevarse a cavo mediante el ripado y empuje con tractores de orugas y el grado de afección a los taludes será menor	D=1; voladura de producción D=0,7; excavación mecánica.

Fuente: Método de clasificación de rocas GSI (Hoek, 2006)

Según las tablas para el valor de GSI, se tiene en cuenta que es un macizo rocoso fracturado a muy fracturado, de condición regular en su superficie, generando un valor de GSI = 40, en el caso del parámetro D, se tiene en cuenta que el macizo rocoso solo ha sido trabajado de forma manual y mecánica sin uso de explosivos el valor de D = 0.

Después de realizar la clasificación mediante las tablas del GSI, se procede a utilizar un programa para el procesamiento de los datos, RocLab de Rocscience, el cual nos calcula la resistencia al corte de un macizo rocoso utilizando algunos parámetros del criterio generalizado de Hoek&Brown.

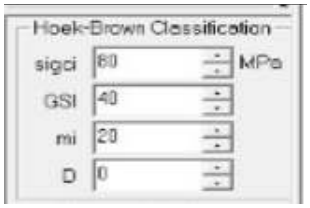
FIGURA 95. **DETERMINACIÓN DE VALOR GSI**



Fuente: RocLab de Rocscience.

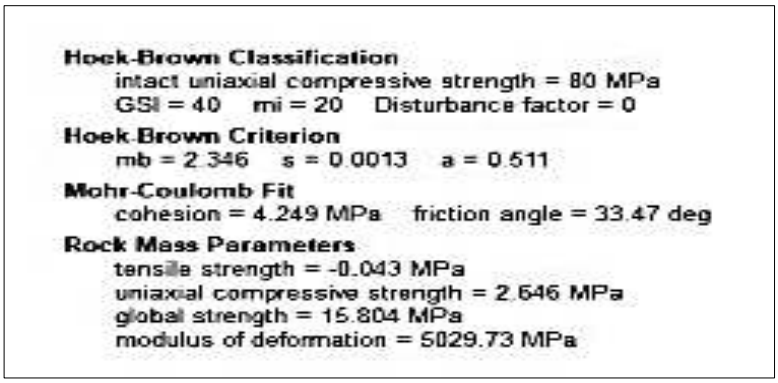
El valor SIGCI (Intact Uniaxial Compressive Strength) es determinado mediante una tabla que nos da el programa de clasificación de un macizo rocoso, el material encontrado en el área de estudio tiene las siguientes consideraciones, por sus rasgos físicos es un material que requiere varios golpes para ser fracturado colocándolo en el rango de 50-100Mpa, se escoge un valor representativo del macizo de 80Mpa, considerando que es un tipo de roca con una condición regular según la tabla anterior de Hoek, 2016 para hallar el GSI.

FIGURA 96. **VALORES UTILIZADOS EN EL PROGRAMA ROCLAB.**



Fuente: RocLab de Rocscience.

FIGURA 97. **RESULTADOS CALCULADOS POR EL PROGRAMA**



Fuente: RocLab de Rocscience.

Estos resultados serán utilizados para la caracterización del conglomerado coluvial que se encuentra en el área de estudio de la formación Chiche.

A partir de estos resultados obtenidos en campo, el estudio anterior de la consultoría 2017 (Véase TABLA 88) y antecedentes de resultados de laboratorio realizados en el sitio (Véase 0) obtenemos la siguiente tabla con los valores a utilizar en la modelación de los diseños a construir, teniendo en cuenta los distintos escenarios en el avance de la obra.

TABLA 88. ***RESUMEN PARÁMETROS USADOS EN LA CONSULTORÍA DE 2017***

PERFORACIÓN	DENSIDAD	φ SPT	φ TRIAXIAL	φ ADOPTADO	COHESIÓN
4	17.0	26.86	23	22	24
1	20.0	36.00	19	33	23
3	15.0	20.58	19	19	26

Fuente: Consultoría 2017

TABLA 89. ***RESULTADOS CALCULADOS POR EL PROGRAMA***

"CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA"
RESUMEN HISTÓRICO DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS

Cubeto	Características del suelo	sucs	NF	Prof	Humedad	peso unitario banco	peso unitario suelto	PROPIEDADES MECÁNICAS				Permeabilidad in situ		Permeabilidad laboratori	geofísica
					Natural	γ	γ	γ	CU	Ø	E	1	2	1	velocidad de onda hasta 30 metros
					%	t/m3	t/m3	t/m3	t/m2	GRADOS	t/m2	cm/s	t/m2	t/m2	m/s
1 y 2	ceniza volcánica, tipo cangahua/Limo arenoso/arena limosa	ML,CL,SM	NO	10	24.6	1.69	1.08	1.68	5.10	46.20	4.84	$2x10^{-7}$	$3x10^{-10}$	$2.48x10^{-8}$	300-480/600-1100/1100-1800
9	ceniza volcánica, tipo cangahua/Limo arenoso/arena limosa	ML-SM	NO	13.0	24-39			1.4	1.3	26		1x10-7			516-719
		ML (BRECHA DE POMEZ)	NO	16.0	25-46			1.1	0	37					804-1218
	Arena limosa	SM	NO	22.0	15-102			1.4	1.3	22					
		ML (BRECHA DE POMEZ)	NO	30.0	60-99			1.1	0	37					

Fuente: Antecedente de resultados de laboratorio en relleno.

Con base en estos resultados obtenemos una tabla definitiva de los valores a utilizar para los diferentes estratos que se presentan en el subsuelo del área de estudio, aparte de esto mediante los resultados que se generaron en los estratos pertenecientes a la formación Cangahua, se realiza un promedio de estos valores, para definir algunas áreas no evaluadas de la zona donde se encuentra esta formación, ya que se presenta en gran parte del área de estudio. Estos valores también se tuvieron en cuenta al momento de caracterizar cada estrato, dependiendo al tipo de suelo según la granulometría (TABLA 90).

TABLA 90. ***PARÁMETROS PARA UTILIZAR EN CADA ESTRATO***

PARAMETROS PISCINA 9 EL INGA (P1, P2, P3, P4)																
PERFIL	INICIO	FIN	NF (Si o No)	N60			γ	Su	Correlacciones		Corte directo y triaxial		Adoptado		Es (Kpa)	μ
				MINIMO	MAXIMO	PROM	(kN/m³)	(kPa)	C'(Kpa)	ϕ'	C' (kPa)	ϕ'	C'(Kpa)	ϕ'		
Limo arenoso de baja plasticidad P1	0.00	17.00	No	3	23	13	17.46	69	0	33	36.2	43.0	17	35	14681.00	0.33
Limo arenoso de baja plasticidad P2	0.00	17.00	No	2	9	6	16.87	31	0	28	16.7	28.9	17	30	8065.00	0.33
Arena limosa P3	0.00	2.00	No	33	39	36	17.25	205	1	35			13	35	57067.00	0.33
Arcilla CL	2.00	4.00	No	29	29	29	17.60	192	30	32			20	30	46800.00	0.33
Limo arenoso ML-SM	0.00	15.90	No	7	24	16	17.25	83	11	26	154.9	37.6	30	38	24507.00	0.30
Arena limosa P4 Relleno Antropico	5	7.55	No	1	3	2	17.46	9	0	24			0	24	5733.00	0.33
Limo de alta plasticidad MH	20.70	23.80	No	9	9	9	17.25	51		30			15	30	5733.00	0.30
Conglomerado GP P4	12.00		No	9	20	15	19.00	81	Parametros por Clasificacion de macizo rocoso						22600.00	0.33

Fuente: Elaboración propia.

5.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para la caracterización de los residuos sólidos urbanos RSU del relleno sanitario El Inga se realiza una división de dos tipos de residuos, los RSU antiguos y los RSU nuevos, ya que en el tiempo estos residuos sólidos urbanos tienden a cambiar sus propiedades mecánicas, comprobado mediante pruebas y ensayos que los residuos sólidos nuevos trabajan a fricción y tienen una densidad baja, para el caso de los residuos sólidos urbanos antiguos trabaja a cohesión y manejan una densidad mayor que los residuos nuevos.

5.3.1 PESO UNITARIO EN RSU

Para escoger los resultados de los residuos sólidos tanto viejos como nuevos, se toman en cuenta valores por bibliografía (TABLA 91), también se tienen en cuenta los valores en la consultoría de 2017, se presenta un rango amplio de posibilidades y variables para tener en cuenta, esto debido a varios factores como son el tipo de residuos sólidos urbanos que recolecta el relleno, el grado de compactación aplicado y la variación del contenido de agua. Los valores típicos que se manejan para residuos sólidos urbanos RSU varía entre 3.8 a 19.3 Kn/m3.

TABLA 91. ***VALORES DE REFERENCIA TIPICOS PARA RELLENOS SANITARIOS***

FUENTE	PESO UNITARIO (Kn/m3)	PESO UNITARIO SATURADO (Kn/m3)
Korfiatis et al. (1984)	8.6	19.3
Blieker et al (1993)	5.9-11.8	
Brandl (1994)	9.0-17.0	
Beaven and Powrei (1995)	5.0-13.0	
Powrie & Beaven (1999)	3.8	19
Reddy et al. (2009)	3.9-5.5	
Jang et al.(2002)	7.8-11.8	
Penmethsa(2007)	6.4-9.3	

Fuente: Autores varios

Para el caso del relleno sanitario El Inga, realizando el análisis de los valores utilizados anteriormente, se decide escoger el rango que presenta Beaven and Powrie(1995).

Según el grado de compactación que hayan tenido los residuos, se puede disminuir el rango efectivo de estos valores según la siguiente tabla, teniendo en cuenta que el grado de compactación es bueno, se reduce el área para el valor del peso unitario en un rango de 9 a 10.5 Kn/m3 (Véase TABLA 92).

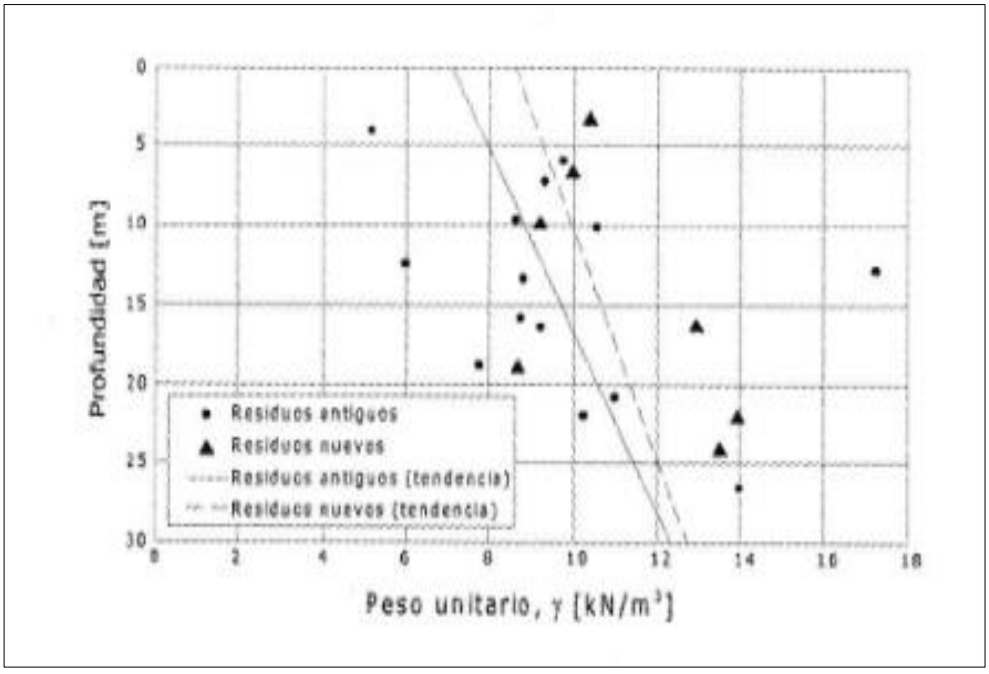
TABLA 92. ***PESO UNITARIO SEGÚN GRADO DE COMPACTACIÓN EN RSU***

GRADO DE	PESO UNITARIO (KN/M3)
Pobre	3 a 9
Moderado	5 a 8
Bueno	9 a 10.5

Fuente: Autores varios

Los residuos sólidos viejos también aumentan su densidad según la profundidad a la que se encuentren y por su edad según Oweis & Khera (1986)(Véase 0), en el caso de los residuos nuevos se genera un promedio de la altura total del relleno siendo su altura máxima 27 metros y su altura más baja 8 metros, tenemos un promedio de 17.5 metros, dándonos un valor promedio de 11 Kn/m3, en el caso de los residuos sólidos antiguos la altura máxima 46 metros y su altura más baja 10.3 metros, tenemos un promedio de 28 metros, se realiza la revisión en la tabla y nos genera un valor de 12 Kn/m^3. Estos datos están dentro del rango propuesto por Beaven & Powrie (1995) para residuos sólidos urbanos.

FIGURA 98. **RELACIÓN PROFUNDIDAD VS PESO UNITARIO**

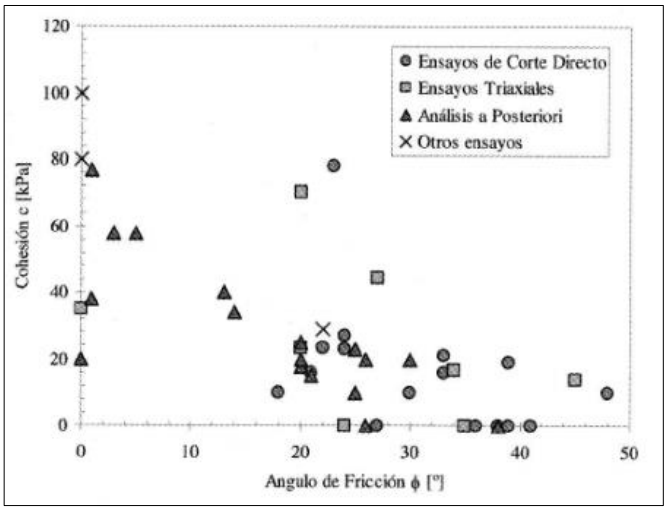


Fuente: Oweis & Kherea (1986).

5.3.2 ESFUERZO CORTANTE EN RSU

Para los resultados de las propiedades mecánicas de los residuos sólidos urbanos RSU, se realiza un análisis utilizando antecedentes y bibliografía de ensayos de resistencia al corte realizados en rellenos sanitarios con el fin de establecer unos rangos que puedan ser utilizados en estos casos en que no se tiene un dato exacto de campo, esto mediante muchos ensayos realizados en campo bajo diferentes condiciones, como edad, clasificación de contenido, profundidad, entre otros.

FIGURA 99. **RELACIÓN ENTRE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN.**



Fuente: Resistencia al corte por varios autores (Barrientos, 2002).

Según la FIGURA 99 y TABLA 93, hay una gran concentración de valores de estos parámetros entre 15-35 Kpa de cohesión y 18-40° de Angulo de fricción, dándonos un rango de valores más reducidos. Se procede a examinar el uso de parámetros conforme a la edad de los residuos, dividiéndolo en residuos sólidos urbanos nuevos con alrededor de 8 meses y residuos sólidos urbanos con valores de 60 meses o más.

TABLA 93. ***RELACIÓN ENTRE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN.***

Tabla 7.
Resumen de resultados, parámetros de resistencia al corte

Ensayo	Edad (meses)	ρ_w (kN/m³)	Prof. (m)	C´ (kPa)	Φ´(°)
1	8	8	3	24.9	31.6
2	8	14	3	24.7	29.6
3	8	8	5	31.4	29.1
4	8	14	5	27.2	30.8
5	60	8	3	9.1	34.7
6	60	14	3	19.5	29.2
7	60	8	5	17.6	33.0
8	60	14	5	21.9	29.5

Fuente: Vallejos y Zamudio.

Con este estudio podemos confirmar que los residuos sólidos nuevos tienen un valor mayor en la cohesión que los residuos sólidos antiguos, pero estos últimos presentan mejores valores para el Angulo de fricción. De acuerdo con esto se escogen los siguientes valores en cada tipo de residuo realizando un promedio de los resultados y particularmente siendo conservadores con estos valores:

- Residuos sólidos nuevos

C`(Kpa) = 24Kpa
φ = 30°
ϒ = 11 Kn/m3

- Residuos sólidos antiguos

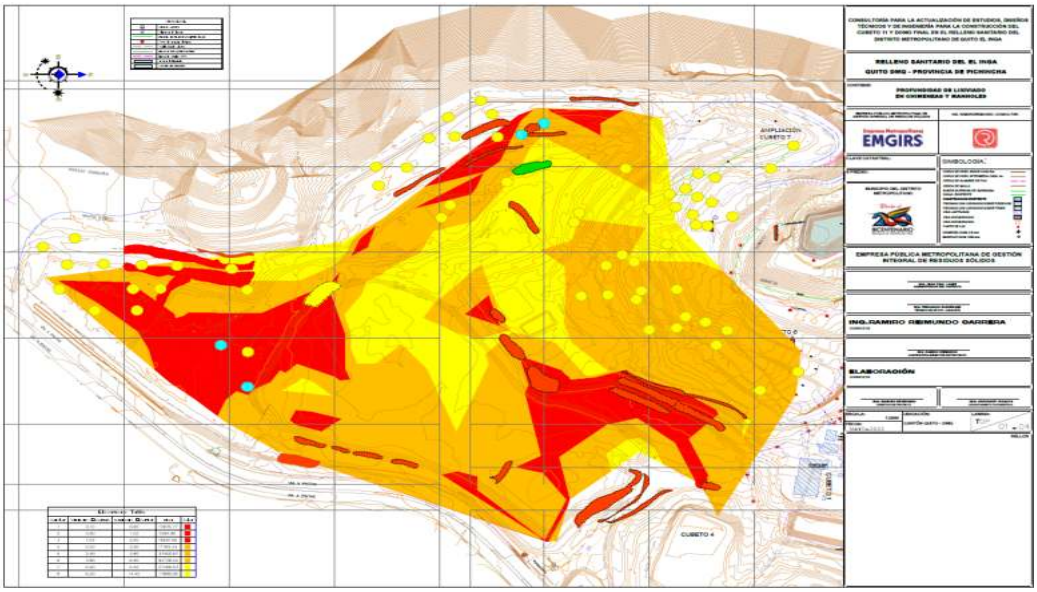
C`(Kpa) = 16Kpa
φ = 32°
ϒ = 10.5 Kn/m3

5.3.3 PRESIÓN DE POROS(RU) EN RSU

Para la obtención de la presión de poros de los cubetos que están actualmente, y los residuos o desechos nuevos, se tendrán en cuenta los resultados obtenidos en campo de las líneas de tomografía eléctricas (Véase FIGURA 90 y FIGURA 91) y la medición de los manjoles que se encuentran en el área de los cubetos a estudiar, de este último se genera una imagen que nos permite identificar más fácilmente los niveles de saturación en cada cubeto (Véase FIGURA 100).

Los piezómetros actualmente instalados en el relleno no cuentan con valores confiables, pues arrojan presiones negativas que indican que los residuos están secos lo cual desde superficie es evidenciable que no es el caso y segundo lugar las temperaturas registradas están por debajo de las de superficie y al tener presente que el relleno en un digestor las temperaturas normalmente son más elevadas que la temperatura ambiente.

FIGURA 100. **NIVELES DE SATURACIÓN DE LOS CUBETOS**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

0000204

En esta grafica podemos observar tres (3) colores amarillo, naranja y rojo, los cuales representan un grado de saturación el color rojo en la gráfica nos da una lectura de niveles de saturación entre 0.1 y 2.00 metros, el color naranja registra valores entre 2.00 y 6.90, y para los colores rojos se registran valores entre 6.90 y 14.45 metros. En las visitas a campo también pudimos corroborar este estado de los cubetos, en varios sitios se podían identificar humedales pequeños, generando un burbujeo el cual se asoció a la salida de biogás en el relleno.

Realizando el análisis nos permite identificar que los cubetos no se encuentran en las mejores condiciones, los factores más importantes para definir un coeficiente RU, son el grado de saturación, y la acumulación de biogás, estos datos son medidos gracias a la instrumentación geotécnica como piezómetros, que nos generan un valor de este factor tan importante para la modelación en estas estructuras.

En el relleno sanitario El Inga se encuentran dos (2) piezómetros que realizaban mediciones, actualmente se encuentran inactivos, se realiza la lectura de los últimos registros dados por el dispositivo, pero arrojan valores incongruentes, esto puede ser debido a algún daño, en el sistema de recolector de datos o una posible mala calibración del dispositivo preinstalación.

Para este caso y debido a lo que se pudo comprobar en campo del estado de los cubetos, se decidió dar un valor de RU que recogiera estas características, Los resultados de los piezómetros son 0.5 y 0.2, teniendo en cuenta la gráfica anterior se escogen como valores ajustados a la actual realidad del relleno evidenciada desde los niveles medidos en chimeneas, los cuales dejan apreciar el grado de saturación elevado.

- Residuos sólidos nuevos

RU = 0.4

- Residuos sólidos antiguos

RU = 0.6

5.4 ACELERACIÓN SÍSMICA

Para el desarrollo de los análisis de geotecnia, en la modelación pseudoestática, se deben tener claros los coeficientes de carga sísmica horizontal y vertical, estos los podemos obtener por medio de la NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción en su título NEC-SE-GC – Geotecnia y cimentaciones, donde nos menciona que la demanda sísmica para análisis pseudoestáticos es el 60% de la aceleración máxima en el terreno, definido en esta ecuación,

$$Kh = 0.6(amax)/g$$

$$amax = ZFa$$

Donde,

K_h = Demanda sísmica del 60%, carga sísmica horizontal.
a_{max} = Aceleración máxima en el terreno.
Z = Factor sísmico.
F_a = Fuerzas actuantes.

Los valores de Z y Fa, son hallados mediante tablas en el titulo NEC-SE-DS – Peligro sísmico, el factor Z se divide en varias zonas sísmicas y dependiendo del sector donde se encuentra ubicado el área de

estudio se tiene en cuenta un valor (Véase TABLA 94), el valor de Z en la región de Sangolqui – Rumiñahui es de 0.4, clasificando la zona de estudio de nivel V con un alto riesgo sísmico.

TABLA 94. ***VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA***

ZONA SÍSMICA	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

Para el Fa se utiliza la tabla descrita en la NEC-SE-DS- Peligro sísmico en el apartado 3.2.2 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs, nuestro tipo de suelo según los datos de campo es Tipo C, teniendo en cuenta el factor Z nos da un valor de 1.2 para Fa (Véase TABLA 95).

TABLA 95. ***TABLA DE COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTO.***

TIPO DE PERFIL DE SUELO	**ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z**					
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
	0.15	**0.25**	**0.3**	**0.35**	**0.4**	**≥ 0.50**
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85
F	Según tabla de clasificación de suelos, en NEC.					

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

$$amax = 0.4 * 1.2 = 0.48$$

$$Kh = \frac{0.6}{0.48} = 0.29$$

Se obtiene el valor de Kh=0.29, con el cual podemos calcular el valor de Kv, según nos indica el capítulo 3.4 – Componente vertical del sismo de diseño.

$$Ev = 2/3Eh$$

$$Ev = \frac{2}{3(0.29)} = 0.19$$

Donde,
E_v = Componente vertical del sismo.
E_h = Componente horizontal del sismo.

La componente vertical del sismo nos da como resultado 0,19, estos serán los valores utilizados para realizar el análisis pseudoestatico.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Chow, Ven T., 1993. Hidrología Aplicada. Ed McGraw-Hill.
- Chow, Ven T., 1994. Hidráulica de canales abiertos. Ed McGraw-Hill.
- Instituto Nacional De Vías - NEVI, 2012. Norma Ecuatoriana Vial 2012.
- Norma ecuatoriana de construcción NEC, 2014. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009.
- Colomer, F., Gallardo, A., 2009. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. Universidad Politécnica de Valencia - LIMUSA, España.
- Das, B., 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Thompson Learning, México.
- González, A., 2007. Optimización rellena sanitario Doña Juana - ZVIII - Z7A1 – Fase I. Análisis de estabilidad para prefactibilidad. Memorando Proac-DNJ-180. Bogotá.
- González A. J.; Espinosa A., 2000. Peritazgo Técnico – Controversias surgidas en torno del relleno Sanitario de Doña Juana - . Tribunal de Arbitramento. Bogotá, julio de 2000.
- Amoros, et al. (2014).
- G. A. Mantilla, M. A. Pimiento y Y. H. Delgado, et al. (2016).
- Actis et al (2008).
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España – ITGE, 1991. Manual de Ingeniería de Taludes. Madrid. Primer Reimpresión.
- República de Colombia, Diario Oficial 26 de marzo de 2010., 2010. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10.
- Ingeniería Sísmica. Alberto Sarria Molina.Seismager 2D, SW/MASW manual, Geometrics 2007.
- Burger, H.R., Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface: Prentice Hall, 1992.
- Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus, Oyo Corporation. Keiji Tonouchi.
- Seismic Reflection Methods Applied to Engineering, Environmental and Groundwater Problems. Steeples Don, Miller Richard.

7 ANEXOS

(1) GEO 001 Informe de Mecánica de Suelos.

(2) GEO 01 a GEO 10, conteniendo Planos en PDF, Estudio Geología Geotecnia.

(3) GEO 001 a GEO 010, conteniendo Planos en Civil3D, Estudio Geología Geotecnia.

(4) 002-1 ANEXOS DE ESTABILIDAD, conteniendo gráficos de corridas de estabilidad.

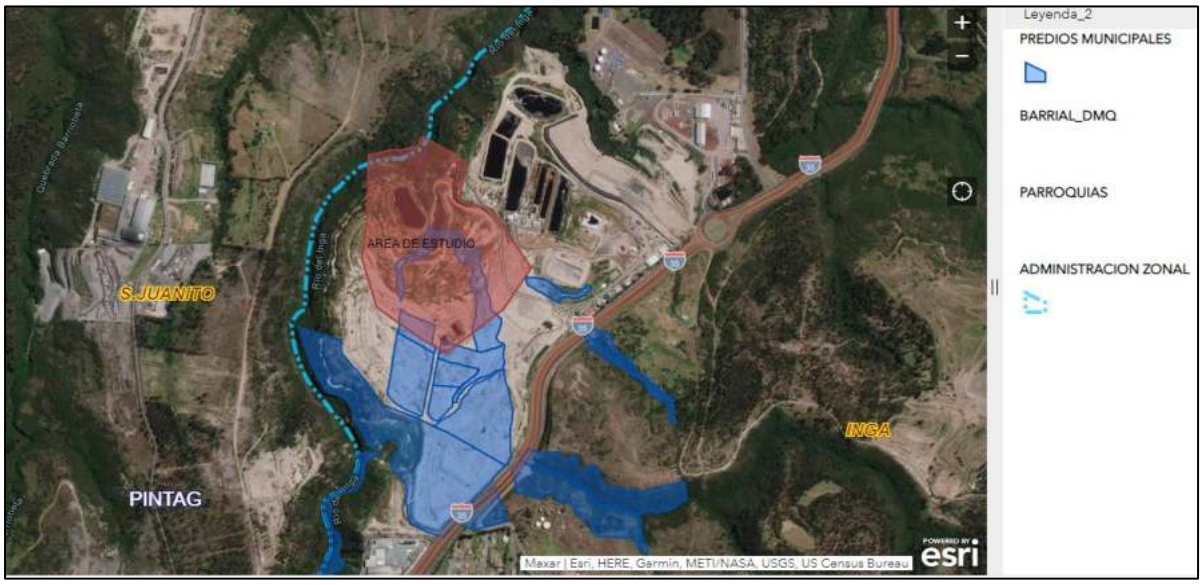
(5) 002-2 ANEXOS FOTOGRAFIAS, conteniendo el registro fotográfico.

CAP 05. INGENIERÍAS. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

1 GENERALIDADES

A continuación se presenta una memoria técnica detallada donde se describen las principales actividades realizadas para desarrollar los estudios Topográficos necesarios para lograr generar la información requerida por la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS – EP, recopilando toda la información de campo respecto a la planimetría y altimetría en el área determinada para la construcción del cubeto 11 y domo final en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito El Inga.

FIGURA 101. **UBICACIÓN DE RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**



Fuente: (Secretaria de Territorio y Viviendad del Municipio de Quito 2017)

2 OBJETIVO GENERAL

Generar los estudios topográficos sobre el área determinada por la EMGIRS -EP al interior del Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito El Inga, en donde se implantará el cubeto 11 y su domo final.

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer una red de control geodésica sobre el área determinada por la EMGIRS-EP para implantar el cubeto 11 y su domo final.
- Realizar la actualización topográfica georreferenciada (altimetría y planimetría) sobre el área determinada para implantar el cubeto 11 y su domo final, con una densidad de puntos igual o mayor a 1 (un) punto por cada metro cuadrado en correspondencia con la morfología del terreno.
- Generar un plano topográfico que incluya un modelo digital en 3 dimensiones en donde se representen los perfiles longitudinales y transversales de la superficie en estudio.

4 LOCALIZACIÓN

La zona del presente estudio topográfico está ubicada dentro del Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito El Inga situado sobre la perimetral regional E35 (entre Pifo y Píntag), km 12 ½ Sector Itulcachi – El Inga Bajo. Específicamente el área de estudio indicado por la EMGIRS-EP se encuentra situado al noreste de Relleno entre las bermas de los cubetos 6-7-8, los diques de contención N°4-5, las piscinas de almacenamiento de lixiviados N° 20-9-9A y los taludes frente a la piscina 9 hasta el lindero con el río Inga, cubriendo un área de 142.463,93 m2.

5 PERSONAL Y EQUIPO

Para el desarrollo de las actividades de campo, se conformó un (1) grupo de topografía a cuya cabeza estuvo el Ingeniero Geovanny Gualpa que tuvo a su cargo la coordinación y ejecución de los estudios solicitados, tomando como base la información topográfica y geodésica existente a la fecha.

La comisión de trabajo se conformó por el siguiente personal y equipo:

5.1 PERSONAL

- Un (2) topógrafo
- Un (4) cadeneros
- Un (1) Dibujante

5.2 EQUIPO

- Una (1) estación topográfica (marca GEOMAX MODELOS ZIPP 20R DE 2'')
- Dos (2) receptores GPS de una Frecuencia, marca Efix F4 y F7, con su respectivo equipo complementario (Bases nivelantes y soportes)
- Cintas métricas y Flexómetros.
- 4 prismas y bastones
- Accesorios Complementarios (Radiotransmisores, machete, estacas, puntillas, pica, barra, flexómetro, indumentaria de seguridad, etc.)
- Un (1) vehículo

6 ALCANCE DE TRABAJOS

Para asegurar la calidad de los trabajos de Georreferenciación, toma de datos en campo y posterior generación de superficies 3D se siguió la siguiente metodología en la realización de los mismos, conformando un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada del producto final. A continuación, se hace una breve descripción.

6.1 RED DE CONTROL GEODÉSICA

6.1.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Esta labor se realizó mediante la utilización del sistema de precisión geodésica GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Se utilizaron receptores EFIX con las siguientes especificaciones:

FIGURA 102. **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GPS EFIX F4**

GNSS Characteris [1]	
Channels	824 [2]
GPS	L1, L2, L5
GLONASS	L1, L2
Galileo	E1, E5a, E5b
BeiDou	B1, B2, B3
SBAS	L1
QZSS	L1, L2, L5
GNSS Accuracies [2]	
Real time kinematics (RTK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS Initialization time: < 10 s Initialization reliability: > 99.9%
Post-processing kinematics (PPK)	Horizontal: 3 mm + 1 ppm RMS Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
Post-processing static	Horizontal: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS Vertical: 5 mm + 0.5 ppm RMS
Code differential	Horizontal: 0.4 m RMS Vertical: 0.8 m RMS
Autonomous	Horizontal: 1.5 m RMS Vertical: 3.0 m RMS
Positioning rate	Up to 10 Hz
Time to first fix [3]	Cold start: < 45 s Hot start: < 10 s Signal re-acquisition: < 1 s
Hardware	
Size (L x W x H)	160 mm x 158 mm x 96 mm (6.3 in × 6.2 in × 3.8 in)
Weight	1.48 kg (3.26 lb)
	Operating: -40°C to +65°C

Communication and Data Recording	
Network modem	Integrated 2G/3G/4G modem
Wi-Fi	802.11 b/g/n, access point mode
Bluetooth ®	V4.1
Others	NFC
Ports	1 x 7-pin LEMO port (external power, RS-232) 1 x UHF antenna port (TNC female)
UHF radio	Standard Internal Tx & Rx: 410 - 470 MHz Transmit Power: 0.5 W to 2 W Protocol: CHC, Transparent, TT450 Range: Typical 3 km to 5 km
Data formats	CMR input and output RTCM 2.x, RTCM 3.x input and output NMEA 0183 output HCN, HRC and RINEX static formats NTRIP Client, NTRIP Caster
Data storage	8 GB high-speed memory
Electrical	
Power consumption	3.8 W (depending on user settings)
Li-ion battery capacity	Built-in non-removable battery 9600 mAh
Operating time on internal battery [4]	UHF receive/transmit (0.5 W) : Up to 7 h Cellular receive only: Up to 12 h Static: Up to 12 h
External power	9 V DC to 28 V DC

*All specifications are subject to change without notice.

(1) Compliant, but subject to availability of BDS ICD and Galileo commercial service definition. BDS B3 and Galileo E6 will be provided through future firmware upgrade.
(2) Accuracy and reliability are determined under open sky, free of multipaths, optimal GNSS geometry and atmospheric condition. Performances assume minimum of 5 satellites, follow up of recommended general GPS practices.
(3) Typical observed values.
(4) Battery life is subject to operating temperature. Battery life may vary depending on operating temperature.

Fuente: (Ficha Tecnica del Equipo EFIX F4 s.f.)

Para el Post- proceso se utilizó el programa **EOFFICE** y los archivos rinex de corrección se obtuvieron en el sitio web de Instituto Geográfico Militar.

6.1.2 VERIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EXISTENTES

Una vez delimitada el área de estudio al interior de Relleno Sanitario en coordinación con los técnicos de la EMGIRS-EP responsables de control de topografía, se determina que dentro de la zona se encuentran 2 hitos de control geodésico (RS04-RS07) que forman parte los productos finales entregados en la consultoría realizada por Ing. Ramiro Viñán del año 2017.

FIGURA 103. **UBICACIÓN HITOS RS4-RS7**

Fuente: (Ingeniero Byron Zurita Consultoria 2017)

Con las monografías proporcionadas de los hitos de control se procedió a identificar en campo la existencia y estado de los mismos encontrado las siguientes novedades:

- RS4.- el Hito de tipo IGM-B se encuentra en buen estado con su respectiva placa de identificación-
- RS7.- no se encuentra en el sitio indicado.

6.1.3 UBICACIÓN DE RED DE CONTROL

Confirmado la existencia del hito RS4 dentro de la zona en estudio, se realizó la monumentación de 3 hitos de control en sitios estratégicos que permitan monitorear y controlar la ejecución de los trabajos durante la construcción de cubeto 11 y su operación.

FIGURA 104. **UBICACIÓN DE LOS 4 HITOS DE CONTROL.**

Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

La toma de datos con los receptores GPS, fue realizada el día 18 de mayo de 2022 en horas de la mañana, se realizó la determinación de los puntos RS4, GPS1, GPS2, GPS 3, ubicados sobre el perímetro del área a levantar.

Los vértices están materializados sobre una placa de aluminio en cuya inscripción se evidencia el número de GPS, nombre de la empresa contratante y fecha de instalación.

Se realizó la determinación por sistema GPS utilizando el método Estático (ideal para la determinación de redes de control). La georreferenciación para este trabajo partió inicialmente de la estación de monitoreo permanente **REGEM QUI1** ubicada en las Terraza del edificio principal del Instituto Geográfico Militar., Por tanto, se realizó la Georreferenciación y el traslado de coordenadas por medio de 2 receptores GPS de doble frecuencia, tomado medidas correlacionadas en un periodo aproximado de 60 min para garantizar una precisión centimétrica en coordenadas y cota y para así realizar un procesamiento y ajuste ideales.

Con el software **EOFFICE**, se realizó el cálculo de postproceso de vectores para obtener una alta exactitud mediante el método DIFERENCIAL, que elimina los errores del sistema y los ocurridos por las condiciones atmosféricas

Luego se proyectaron las coordenadas obtenidas en UTM WGS84 17S al sistema de coordenadas SIRES QUITO proyectadas bajo los parámetros de la ordenanza metropolitana **125**, utilizando el software ARCMAP 10.8.

TABLA 96. ***PARÁMETROS DEL SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO***

Parámetros de la Proyección:	
Meridiano Central:	W 78° 30 ´ 00 ´´
Origen de Latitudes:	N 00° 00 ´ 00 ´´
Factor de Escala Central:	1.0004584
Falso Este:	500 000 metros
Falso Norte:	10 000 000 metros
Zona:	17 Sur Modificada (w 77° - w 80°)

Sistema de Referencia Espacial – SIRES-DMQ	
Datum:	WGS84
Elipsoide:	WGS84
Semieje mayor a:	6 378 137.00 m.
Achatamiento:	1/298.257223563
Semieje menor b:	6 356 752,314 m
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator Modificada (TMQ-WGS84)

Fuente: (Ordenanza Metropolitana N° 0225 2017)

En el reporte de posicionamiento se puede evidenciar que la señal fue bastante buena, ya que se obtuvo un PDOP de entre 1.094-1.127 en los 3 vectores. Como es un posicionamiento para trabajos topográficos se consideran los resultados satisfactorios ya que los RMS en promedio son del orden de s= 0.01 m para los vectores estáticos, es decir que el 68% de las posiciones de cada punto están dentro de un rango de 1 cm. Como resultado del postproceso en relación con la monografía existente tenemos los siguientes resultados:

TABLA 97. ***HITOS DE CONTROL PROYECTADOS Y CORREGIDOS***

PROYECCIÓN SIRES QUITO (REGEM QUI 1)				PROYECCIÓN SIRES QUITO (EMGIRS-EP)			ERRORES DE PROYECCIÓN		
DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
GPS-1	9967661,946	515757,183	2633,539						
GPS-2	9967641,560	515845,070	2636,325						
GPS-3	9967588,249	515559,615	2621,662						
RS-04	9967672,789	515747,049	2633,670	9967673,364	515747,651	2633,670	-0,575	-0,602	0,000

Nota. En la tabla adjunta se puede evidenciar que las coordenadas del Hito RS-04 proporcionados por la EMGIRS-EP, tienen un error respecto a la proyección realizada con la antena de monitoreo permanente REGEM QUI 1. Fuente. (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

6.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez corroboradas las coordenadas e implantados los puntos de control dentro de la zona en estudio, se procedió a colocar puntos auxiliares a lo largo del perímetro, esto con la ayuda del sistema GNSS (Global Navigation Satellite System) en modo de trabajo RTK, utilizando como bases de corrección los hitos de control, estos vértices auxiliares (puntos monumentados con estacas de madera) se ubicaron en lugares estratégicos, con la finalidad de permitir la toma de información correcta del área en estudio.

TABLA 98. ***VÉRTICES AUXILIARES DE CONTROL***

PUNTOS AUXILIARES- CUBETO 11			
NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CODIFICACIÓN
9967739,69	515659,06	2597,61	AUX-1
9967636,80	515711,98	2612,00	AUX-2
9967655,62	515705,20	2612,98	AUX-3
9967701,80	515680,67	2605,97	AUX-4
9967798,31	515613,57	2582,12	AUX-5
9967828,16	515529,90	2621,15	AUX-6
9967793,68	515461,84	2620,64	AUX-7
9967744,83	515617,64	2562,19	AUX-8
9967769,07	515603,26	2550,39	AUX-9
9967768,41	515568,27	2551,32	AUX-10

Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

FIGURA 105. **UBICACIÓN DE POLÍGONO SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO.**

Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

6.2.1 CODIFICACIÓN DE PUNTOS.

Previo a la toma de medidas en campo definimos a la codificación que se será utilizada en la libreta de campo.

TABLA 99. ***CODIFICACIÓN DE PUNTOS***

CODIGO	DESCRIPCIÓN
CH	Chimenea del sistema de captación de lixiviados
MHL	Manholes del sistema de captación de lixiviados
L	Línea de exploración Geotécnica del Suelo
MEDIDOR	Medidor de caudal del lixiviados
POST	Poste de energía eléctrica
PIEZOMETRO	Punto de Instrumentación (Piezómetro)
TOP	Superficie natural del suelo: cunetas, taludes, bermas, fondos de piscinas, vías lastradas
VENTANA	Tubo de 300 mm en PVC, en forma vertical utilizada en sistema de captación de lixiviados alterna
P	Punto de Monitoreo de suelos

Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

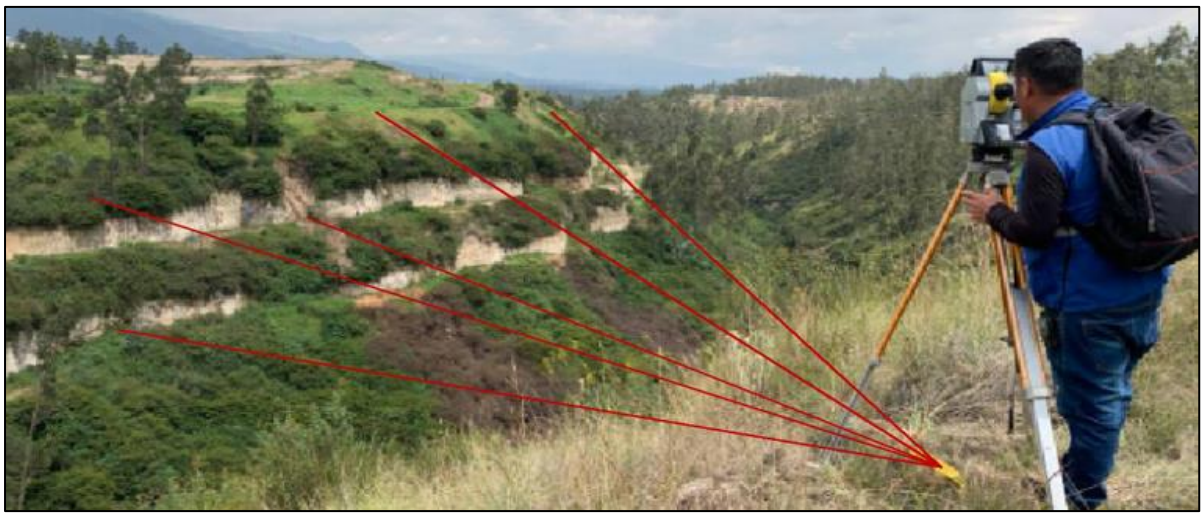
6.2.2 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO.

Para la toma de puntos geométricos tridimensionales en campo utilizamos la estación total GEOMAX MODELOS ZIPP 20R empleando el método planimétrico de radiación conjuntamente con una nivelación trigonométrica, descritos a continuación:

- Radiación. - consiste en la toma de datos a partir dos vértices con coordenadas conocidas, orientado el instrumento topográfico (ESTACION TOTAL) en unos de los vértices desde donde se obtienen las coordenadas geográficas de la superficie en estudio.
- Nivelación Trigonométrica. - esta metodología nos permite realizar la corrección de la altura Geoidal en función de la medida de ángulos y distancias.

Adaptando las metodologías descritas colocamos la estación total sobre el Aux 7 y dando vista atrás con el Aux 8, ingresamos las coordenadas geométricas conocidas y orientamos el equipo con la ayuda del prisma. Posteriormente realizamos la toma de puntos topográficos sobre la superficie conformada entre las bermas de los cubetos 6-7-8 y el eje del Rio Inga.

FIGURA 106. **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR RADIACIÓN**



Medidas por radiación con reflectores (prismas). Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

Para detallar los taludes altos existentes, se realizó la recolección de medidas radiales utilizando el láser de la estación total (modo sin prisma) con este sistema logramos proyectar la simetría natural de estos accidentes topográficos.

FIGURA 107. **TOMA DE PUNTOS TALUD.**

Nota. En la figura correspondiente se puede evidenciar la toma de medidas con la estación total en modo de

trabajo sin prisma, donde la estación utiliza el láser interno para calcular la distancia y posición entre el instrumento y punto de observación. Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

Para la toma de puntos en la zona norte (frente al rio Inga) se doto de implementos de seguridad industrial a la brigada de topografía, esto con la finalidad realizar el descenso en taludes con pendientes altas. La toma de datos se efectuó desde los vértices auxiliares 8-9-10 y 11 con la ayudad de la estación total, combinado los modos de trabajo con prima y sin prisma, obteniendo con esto una malla de puntos extensa en las zonas de difícil acceso.

FIGURA 108. **TOMA DE PUNTOS RIO INGA**

Nota. En la figura correspondiente se muestra la toma de medida en el eje del Rio Inga empleado los modos de medida con y sin reflectores. Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

Para garantizar la precisión (2mm+2ppm) en la toma de ángulos y distancias con la estación total utilizando los modos con y sin reflectores, las distancias entre el instrumento y el objeto de visualización siempre fue menor a 200 metros para el modo con reflectores y menor a 30 metros para el caso del modo sin reflectores, esto en cumplimento al manual de operación de equipo.

TABLA 100. ***DATOS TÉCNICOS MEDICIÓN CON REFLECTORES***

9.2 Medición de distancias con reflectores

Alcance

Reflector	Alcance A		Alcance B/C	
	[m]	[ft]	[m]	[ft]
Prisma estándar	1800	6000	3000	10000
Dianas reflectantes 60 mm x 60 mm	150	500	250	800

Distancia mínima de medición: 1.5 m

Condiciones atmosféricas

Alcance A: Muy brumoso, visibilidad 5 km; o mucho sol con fuerte centelleo por el calor
Alcance B: Poco brumoso, visibilidad aprox. 20 km; o parcialmente soleado y poco centelleo por el calor
Alcance C: Cubierto, sin bruma, visibilidad aprox. 40 km; sin centelleo del aire

Nota. En la figura correspondiente se observa las especificaciones técnicas para la toma de medidas con la estación total GEOMAX ZIPP 20 en modo con reflectores. Fuente: (Manual de empleo GEOMAX ZIPP 20 s.f.)

TABLA 101. ***DATOS TÉCNICOS MEDICIÓN SIN REFLECTORES***

Alcance

A2 (sin prisma)

Kodak Gray Card	Alcance D		Alcance E		Alcance F	
	[m]	[ft]	[m]	[ft]	[m]	[ft]
Lado blanco, 90 % reflectante	150	490	180	590	≤250	≤820
Lado gris, 18 % reflectante	80	260	100	330	≤110	≤360

A4 (sin prisma)

Kodak Gray Card	Alcance D		Alcance E		Alcance F	
	[m]	[ft]	[m]	[ft]	[m]	[ft]
Lado blanco, 90 % reflectante	200	660	300	990	≤400	≤1310
Lado gris, 18 % reflectante	100	330	150	490	≤200	≤660

Condiciones atmosféricas

Alcance D: Objeto intensamente iluminado, fuerte centelleo por el calor
Alcance E: Objeto en movimiento, o con nubosidad
Alcance F: Durante el crepúsculo, de noche o bajo tierra

Nota. En la figura correspondiente se observa las especificaciones técnicas para la toma de medidas con la estación total GEOMAX ZIPP 20 en modo sin reflectores. Fuente: (Manual de empleo GEOMAX ZIPP 20 s.f.)

Bajo la misma metodología de trabajo se implanto el equipo en todos los auxiliares y puntos de control existentes, logrando obtener puntos tridimensionales que definen con claridad la diferencia de nivel, pendiente de taludes, áreas, perímetros y ancho de rio en toda el área de estudio.

En cumplimiento a las especificaciones técnicas del contrato, la toma de datos se realizó con una densidad de 1(un) punto cada cinco metros cuadrados obteniendo medir en campo 30955 puntos topográficos.

6.2.3 TOMA DE DATOS PLANIMÉTRICOS.

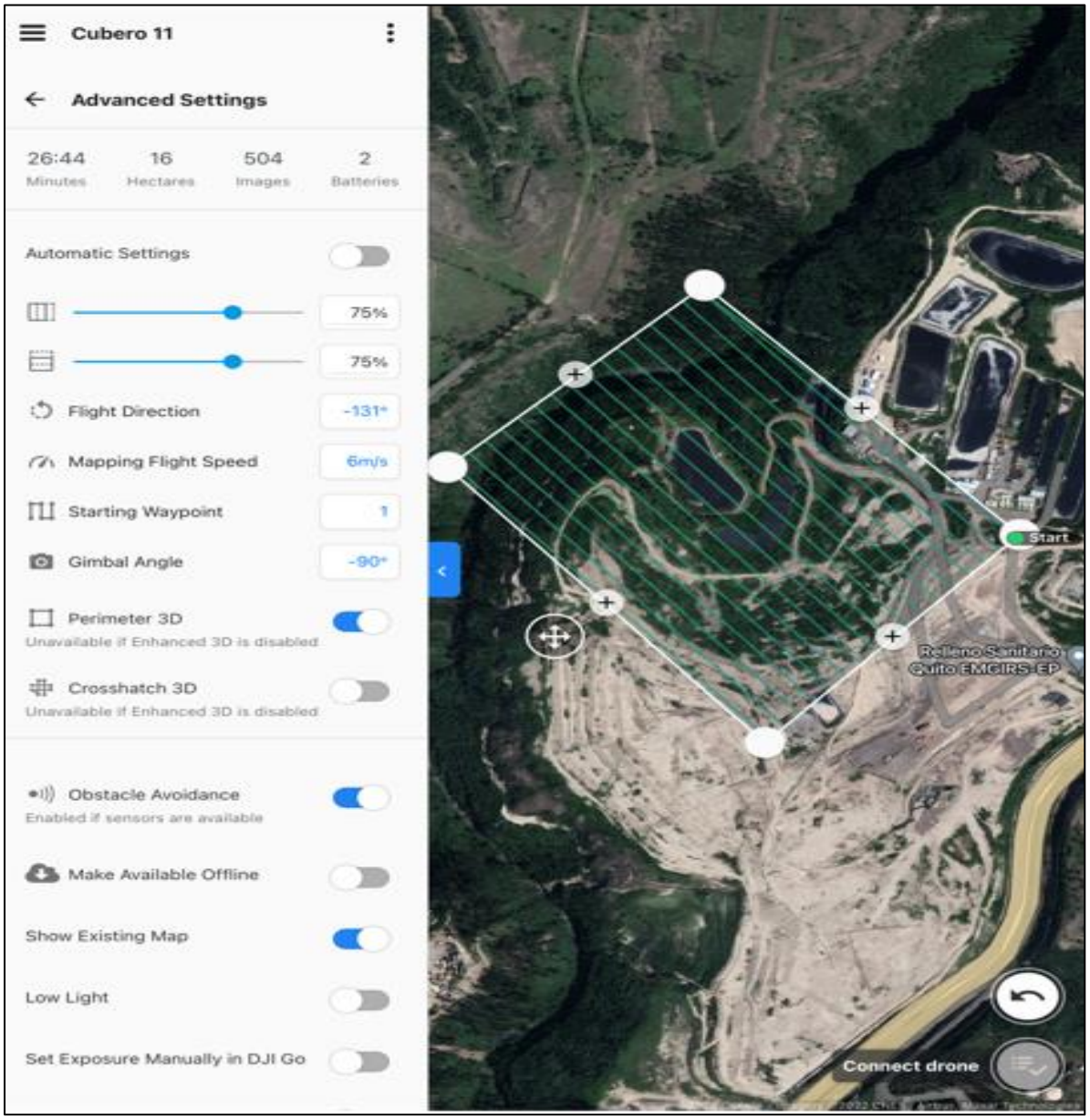
Dentro del área en estudio se encuentran detalles constructivos como chimeneas, manholes, líneas de conducción de biogás, muros de gavión, postes, cajas de hormigón armado, entre otros. Para definir estos detalles se tomaron puntos topográficos con su respectiva codificación con la finalidad de poder identificar estos puntos en la generación del plano.

Adicionalmente para la definición de la planimetría a detalle se realizó un vuelo fotogramétrico del área estudio, en donde se pueda visualizar a escala 1:1000 toda la planimetría del proyecto.

Este vuelo se realizó con el Dron **MAVIC 2PRO** bajo los siguientes parámetros:

- Altura de vuelo 70 metros
- Traslape 75 porciento horizontal
- Traslape 75 porciento vertical

TABLA 102. ***PLAN DE VUELO CUBETO11***



Nota. En la figura correspondiente se muestra los parámetros del plan de vuelo realizado sobre la zona en estudio.
Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

El postproceso fotogramétrico se realizó con el software agisoft metashape profesional 1.8.4., utilizando para su georreferenciación marcadores de control establecidos previamente sobre el área de estudio, obteniendo un error de 0.05 m en todas las líneas de vuelo establecidas.

FIGURA 109. **UBICACIÓN DE MARCADORES DE CONTROL**

Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

6.2.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

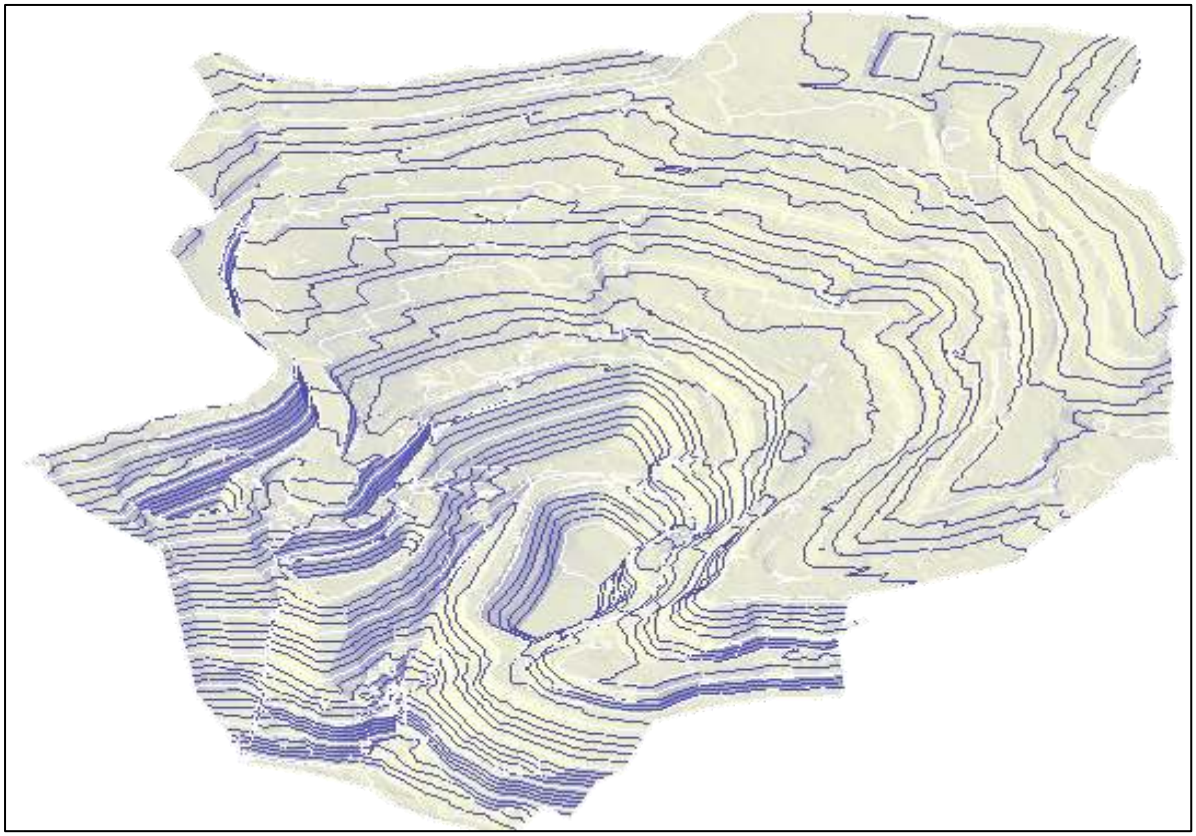
Para la elaboración del plano se generó una nube de puntos, que es la posición verdadera que tienen todos los puntos tomados en campo, a partir del archivo de texto obtenido en el procesamiento de coordenadas. Estos datos se clasifican de acuerdo a la descripción de los puntos en un procesador de texto o una hoja de cálculo y se cargan en un programa de dibujo.

Una vez depurados los datos obtenidos cargamos los puntos geométricos 3D al software de procesamiento AutoCad Civil 3D, obteniendo una nube de puntos, estos datos al ser reconocidos como objetos de CAD, se clasificaron por sus propiedades en grupos de puntos.

A partir del grupo de puntos que representan la superficie de terreno (puntos TOP, grupo Topografía) generamos una representación geométrica del suelo (superficie Tim), la misma se encuentra formada de una red irregular de triángulos que conectan los puntos geométricos interpolándolos linealmente, esto permite la generación de curvas de nivel (cada metro) en donde se puede identificar las bermas, taludes, cunetas, zanjas, existes en la zona de estudio.

Para la realizar la depuración de las triangulaciones en la superficie cargamos la ortofoto obtenida al programa Civil 3D, esta imagen planimétrica nos permitió identificar toda el área en estudio facilitando la purga en las triangulaciones de puntos, obtenido un modelo digital del terreno en 3D con un alto detalle.

FIGURA 110. **VISTA ISOMÉTRICA MODELO DIGITAL DEL TERRENO**



Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

Una vez depurada la superficie utilizando además la ortofoto y los grupos de puntos definimos todos los detalles constructivos existentes en la zona de estudio: chimeneas, manholes, vías de acceso, líneas de conducción de biogás, eje de río, postes, cajas en hormigón, medidores de flujo, piezómetros, datos de monitoreo geotécnicos, muros construcciones.

FIGURA 111. **IMPLANTACIÓN DE TRIANGULACIÓN Y ORTOFOTO**

Nota. En la figura correspondiente podemos visualizar la implantación de los datos topográficos y la ortofoto en una vista en planta. Fuente: (Consultor en cumplimiento a requerimientos 2022)

Para definir la profundidad de las piscinas y posibles bordes de cubetos anteriores, se utilizaron datos históricos de la EMGIRS-EP, esto en vista que el presente estudio no contempla un levantamiento batimétrico ni catastral del área

En cumplimento a los requerimientos de la EMGIRS-EP los planos se realizaron a la escala 1:1000, para la observación precisa y sin distorsión de los detalles levantados.

7 REGISTRO FOTOGRÁFICO

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Rio Inga	
En las fotografías 1 y 2 se muestra fotos de la toma de puntos en la parte inferior del rio Inga.	 *Fotografía 1* *Fotografía 2*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía

Talud rio Inga

En las fotografía 3 y 4 se muestra fotos del descenso al rio Inga tomando puntos para toma de detalles del talud.

Fotografía 3

Fotografía 4

Talud rio Inga desde barrio San Marco

En la fotografía 5 se muestra fotos de la ubicación de la estación de donde se toma los puntos para describir el talud a detalle debido a que desde allí se tiene mejor vista al prisma. ***Ubicación*** *frente al cubeto 7 en San Marco.*

Fotografía 5

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Vías perimetrales junto al rio Inga	
En las fotografías 6 y 7 se muestra fotos de la toma de puntos por los ingresos perimetrales del cubeto 6, 7 y 8, se describían también el inicio de talud.	*Fotografía 6* *Fotografía 7*
Cajas de paso vias perimetrales junto al rio Inga	
En las fotografías 8 y 9 se muestra fotos de los puntos tomados en las cajas de paso de lixiviado ubicado en los ingresos perimetrales de 6,7 y 8.	*Fotografía 8* *Fotografía 9*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Vias perimetrales junto a la piscina 9	
En las fotografías 10 y 11 se muestra fotos de la toma de puntos de vías perimetrales alrededor de la piscina 9	*Fotografía 10* *Fotografía 11*
Piscina 9	
En las fotografías 12 y 13 se muestra fotos de la toma de puntos en la Piscina 9	*Fotografía 12* *Fotografía 13*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Construcciones de la piscina 9	
En las fotografías 14 y 15 se muestra fotos de construcciones junto a la piscina 9	*Fotografía 14* *Fotografía 15*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Perimetro de la piscina 9	
En las fotografía 16 y 17 se muestra fotos de toma de puntos del perímetro de la piscina 9 y talud con el Rio Inga	 *Fotografía 16* *Fotografía 17*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Tuberias de la piscina 9	
En las fotografías 18 y 19 se muestra fotos de toma de puntos de canales y tubería de la piscina 9.	*Fotografía 18* *Fotografía 19*
Ubicación estacion total	
En la fotografía 20 se muestra la foto de la ubicación de la estación total tras la bodega taller del cubeto 5 sobre el GPS 01.	*Fotografía 20*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Talud de los alrededores de la piscina 9	
En las fotografías 21 y 22 se muestra fotos de los alrededores superiores de los cubetos 7,8 y 9 junto a la piscina 9, en donde se ubicaron los marcadores de control.	 *Fotografía 21* *Fotografía 22*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Dique de contención del cubeto 6, 7 y 8	
En las fotografías 23 y 24 se muestra fotos de la toma de puntos del dique de contención del cubeto 6, 7 y 8.	*Fotografía 23* *Fotografía 24*
Calles entre la piscina 9 y los cubetos 7,8 y 9.	
En las fotografías 25 y 26 se muestra fotos de la toma de puntos de la calle entre la piscina 9 y los cubetos 7,8 y 9.	*Fotografía 2* *Fotografía 26*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Chimeneas	
En las fotografías 27 y 28 se muestra fotos de la toma de puntos de chimeneas	 *Fotografía 27* *Fotografía 28*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Cunetas	
En la fotografía 29 se muestra fotos de la toma de puntos de las cunetas.	 *Fotografía 29*
Manholes	
En las fotografías 30 y 31 se muestra fotos de la toma de puntos de los manholes	 *Fotografía 30* *Fotografía 31*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Tuberia de gas	
En la fotografía 32 se muestra fotos de la toma de puntos de tuberías de conducción de biogás	 *Fotografía 32*
GPS1	
En las fotografías 33 y 34 se muestra fotos de la colocación con hormigón y revisión del GPS1	 *Fotografía 33* *Fotografía 34*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
GPS2	
En las fotografías 35 y 36 se muestra fotos de la colocación con hormigón y revisión del GPS2	*Fotografía 35* *Fotografía 36*
GPS3	
En las fotografías 37 y 38 se muestra fotos de la colocación con hormigón y revisión del GPS3	*Fotografía 37* *Fotografía 38*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Revision técnica GPS1	
En la fotografía 39 se muestra fotos de la revisión técnica del GPS1 por parte de los técnicos del EMGIRS EP.	 *Fotografía 39*
Revision técnica GPS2	
En la fotografía 40 se muestra fotos de la revisión técnica del GPS2 por parte de los técnicos del EMGIRS EP.	 *Fotografía 40*

Registro Fotográfico Relleno Sanitario Topografía	
Revision técnica GPS3	
En la fotografía 41 se muestra fotos de la revisión técnica del GPS3 por parte de los técnicos del EMGIRS EP.	*Fotografía 41*

8 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PUNTOS GPS -HITOS MATERIALIZADOS

La ubicación de todos los puntos GPS, obedece a una planeación estratégica proyectada a un control futuro. Los puntos GPS, intervisibles entre sí (con línea de visión directa entre ellos), facilitarán el control futuro de la elevación del dique, de los trabajos de corte y relleno, obras viales, eléctricas, y complementarias. La ubicación de los hitos se consensuó con la Administración del contrato.

8.1 PUNTO GPS 1.

La ubicación del punto GPS 1, punto cercano al punto GPS 4 del relleno, para verificación.

8.2 PUNTO GPS 2.

Colocado cerca de la planta VISEP, facilitará el seguimiento de la construcción de vías.

8.3 PUNTO GPS 3.

Colocado en zona alta de la piscina 9, facilitará el seguimiento de corte y elevación de las obras proyectadas en ese sector.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los trabajos en campo y gabinete del levantamiento topográfico se realizaron en cumplimento a todas las exigencias contractuales detalladas en los términos de referencia en coordinación con personal técnico de la EMGIRS-EP.

Los equipos utilizados para este trabajo cumplen parámetros de calidad además que se encuentran calibrados a la fecha de este informe, avalando la precisión de 2mm +2ppm en la toma de medidas topográficas (ángulos y distancias).

El plano topográfico conseguido brinda toda la información relevante planimétrica y altimétrica necesaria para implantar los diseños del cubeto 11 y su domo final.

Es necesario realizar un levantamiento catastral en los sistemas de conducción de lixiviados y biogás en donde se pueda obtener toda la información relevante de chimeneas, manholes, cajas de revisión, etc.

10 ANEXOS

(1) TOP 001 Monografías de Vértices GPS1, GPS 2, GPS 3, RS4

(2) TOP 002 Reporte de líneas ajustadas UTM - ANTENA QUITO

(3) TOP 003 Libreta de campo SIRES Quito

(4) TOP 004 Plano topográfico georreferenciado – Plano y Perfiles (longitudinal y transversal)

(5) TOP 005 Certificado calibración estación total Geomax modelo ZIPP 20

CAP 06. INGENIERÍAS. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

1 ANTECEDENTES.

Como parte de las soluciones, para ampliar la capacidad de disposición del Relleno Sanitario El Inga, se proyecta una cisterna que recogerá los lixiviados que provienen del cubeto 9B, 9A, 7, 7A, 8 y 6 existentes, del futuro cubeto 11 y domo final.

Por la ubicación de la cisterna y la necesidad de tratamiento de este lixiviado se plantea un sistema de bombeo que trasporte estos fluidos desde la cisterna hasta la piscina unificada.

2 OBJETIVO

Diseñar el sistema de bombeo de los lixiviados generados en el cubeto 11 y domo final, evitando el desborde de lixiviado y la contaminación del río Inga.

3 ALCANCE DEL ESTUDIO

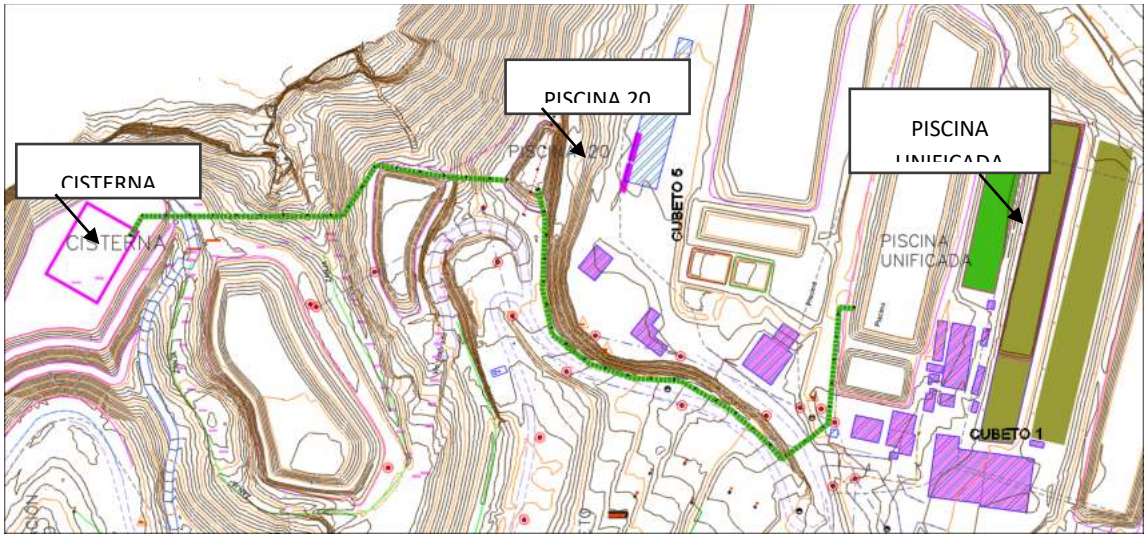
Calcular la capacidad y características de las bombas.

- Determinar la alineación del sistema de impulsión.
- Elaboración de una memoria técnica que contenga la descripción de los cálculos realizados
- Especificaciones de las bombas y las líneas de impulsión.

4 UBICACIÓN

La cisterna está ubicada en el lado occidental del Relleno Sanitario, junto al río El Inga, la piscina 20 se encuentra bajo el cubeto 20 en el centro del Relleno y la piscina unificada se emplaza en la parte alta junto al cubeto 1.

FIGURA 112. **UBICACIÓN DE CISTERNA, PISCINA 20 Y PISCINA UNIFICADA**



Fuente: El Consultor en base a información entregada

5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

- El caudal actual de lixiviado generado, caracterización del mismo, ubicación y volumen de la cisterna son datos proporcionados por el cliente;
- La cisterna proyectada es, en esencia, un tanque de 35x25x8 m3 dividido en dos celdas con un volumen individual de 2441.88 m3;
- Las piscinas denominadas 20 y Unificada son existentes con volúmenes conocidos.
- Al tomar en cuenta que el gasto es variable en el tiempo, se privilegia conservar la capacidad de retención de la cisterna, permitiendo absorber los caudales máximos y de emergencias, por lo cual se bombeará la totalidad del volumen de la cisterna, entre los máximos y mínimos niveles previstos.

- Las celdas de las cisternas trabajarán de manera individual como sistemas independientes incluidas las líneas de impulsión.

- Por el tipo de fluido y la evidencia encontrada en las tuberías existentes que conducen este líquido se considera incrustante.

- Por estar fuera del alcance de esta consultoría no se considera la capacidad de tratamiento de la planta, determinando los caudales a ser bombeados en función de la capacidad de las bombas.

6 MARCO TEÓRICO

Para determinar la potencia de las bombas, se necesita conocer los siguientes aspectos:

- Tipo de fluido
- Lugar de instalación

- Caudal
- Altura dinámica total (ADT)

6.1 TIPO DE FLUIDO.

Existen distintos tipos de fluidos y no todas las *electrobombas* están diseñadas para trabajar con los mismos, para el caso que nos ocupa el fluido es el lixiviado resultado de la descomposición de la basura depositada en los cubetos 9B, 9A, 7, 7A, 8 y 6 existentes, futuro cubeto 11 y domo final para la cisterna, mientras que para la piscina 20 se recoge el lixiviado de las unificaciones de cubetos 7-8 y 8-6; de acuerdo a los análisis realizados por el EMGIRS en los cubetos existentes, las características físicas del fluido son:

- Densidad del fluido entre 1.018-1.025 gr/cm3 se escoge la condición más desfavorable.
- Densidad lixiviada = 1.025 kg/lt
- Viscosidad dinámica similar a la del agua es decir = 1Pa.s
- Sólidos suspendidos totales = 374 mg/l
- pH entre 7,8 – 9
- Temperatura= entre 17-21 °C
- Calcio (Ca) = 153.39 **(a)** mg/l
- Sodio = 1791 **(A)** mg/l
- Magnesio (Mn) = 0.465 mg/l
- Selenio (Se) = < 0,001 mg/l

(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para calcio de 1 a 100 mg/l

(A) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Sodio de 1000 a 50000 ug/l

Los datos reportados de Calcio, Magnesio y Selenio permiten presumir, no de manera concluyente, que el fluido es incrustante, además en la visita de campo se constata el carácter "incrustante" del fluido sobre una tubería plástica, como se muestra en la figura.

FIGURA 113. **INCRUSTACIONES EN TUBERÍA DE PVC DEFORMADA POR PESO**

Fuente: El Consultor en base a información entregada

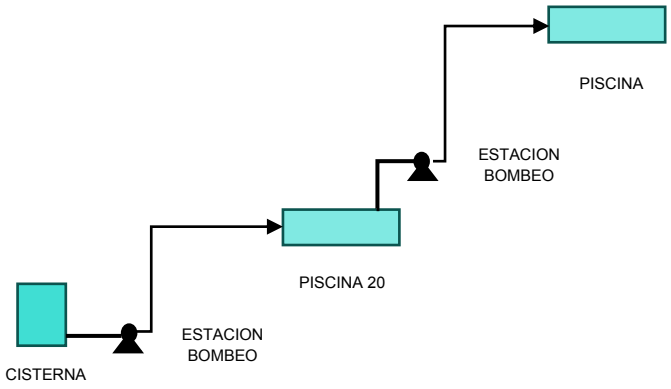
No se dispone del dato del índice de Langelier del lixiviado que permita calificar al fluido como corrosivo o incrustante, se debe tomar en cuenta que las propiedades físicas como temperatura, pH conductividad son variables, lo que también puede provocar que el lixiviado sea en unos casos más corrosivo o más incrustante.

El peso específico y viscosidad similares al agua permiten presumir que no existirán pérdidas adicionales en el transporte del líquido; sin embargo, se considera que puede contener piedras o basura, formación de lodos, que provoque obstrucción en las bombas centrífugas, de ahí que para la ubicación del nivel de succión se considera un margen de seguridad de 1m sobre el fondo de la cota de la cisterna.

6.2 LUGAR DE INSTALACIÓN

El proyecto contempla dos estaciones de bombeo, la una ubicada junto a la cisterna en la cota 2582 msnm con carga positiva de succión, y la otra situada en el lado oriental de la piscina 20 en la cota 2614.20 msnm, que tiene succión negativa, conforme se indica en los siguientes gráficos:

FIGURA 114. **ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO E IMPULSIÓN**



Fuente: El Consultor

La casa de bombas tiene un área de 5*25 m², estará instalada en estructuras de hormigón con cubiertas metálicas, en la que se incluirá, para la primera estación de bombeo, un sistema de rieles con tecle que facilite la instalación, desinstalación y mantenimiento de las bombas, además de la operación de la bomba sumergible.

6.3 CAUDAL.

El caudal a ser bombeado se ha establecido en función del tiempo requerido para vaciar cada celda de la cisterna y la piscina 20.

Según los datos proporcionados por los operadores del relleno ha estimado que el caudal de llegada a la cisterna y la piscina 20 será de:

TABLA 103. ***CAUDALES DE INGRESO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO CISTERNA Y PISCINA 20***

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CISTERNA	PISCINA 20
Caudal de ingreso	m3/día	850	0.7
Caudal Mayorado 15 %	m3/día	977.5	0.805
caudal de ingreso	l/s	9.84	0.0081
Caudal Mayorado 15%	l/s	11.31	0.01

Fuente: El Consultor, en base a Información EMGIRS-EP

Los datos de gastos de ingreso actuales servirán para establecer el tiempo de llenado de las estructuras de almacenamiento; así, para la cisterna se calcula el tiempo de 60 horas para llenar cada celda, mientras que en la piscina 20 tomando un nivel de succión de 4 m de altura del borde superior a nivel del terreno, y sumando el caudal bombeado desde la cisterna y el de ingreso a la misma se tiene como resultado que esta se llenaría en 221.4 horas.

TABLA 104. ***TIEMPO DE LLENADO DE LAS ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO***

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CISTERNA 1	CISTERNA 2	PISCINA 20
VOLUMEN	m3	2441.9	2441.9	2613.80
CUADAL DE BOMBEO	l/s	20.0	20.0	24.20
TIEMPO DE LLENADO	día	2.5	2.5	9.22

Fuente: Elaborado por el Consultor

6.4 ALTURA DINÁMICA TOTAL (TDH).

La altura manométrica se calcula sumando la altura geométrica (altura de aspiración y altura de impulsión) más las pérdidas de carga por rozamiento con las tuberías y por los accesorios.

HDT = Altura de succión (h) + Altura de impulsión (H) + Pérdidas por fricción

6.4.1 ALTURA DE SUCCIÓN (H)

Representa la presión a la entrada de la bomba. Es la suma algebraica de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre del líquido al eje de la bomba).

CARGA NETA POSITIVA DE ASPIRACIÓN. - Se representa por las siglas NPSH (Net Positive Suction Head), para poder determinar la altura de succión es necesario conocer la NPSH requerida y la NPSH disponible.

- $NPSH_r$ = depende del diseño de bomba y representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración de la misma y vencer las pérdidas por rozamiento y aumento de velocidad desde la conexión de aspiración hasta el punto donde se incrementa la energía.
- $NPSH_{dis}$ = es la diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del fluido a la temperatura de funcionamiento, medidos ambas en metros de columna de líquido.

Siempre debe cumplirse la condición de que:

$$NPSH_{dis} \geq NPSH_r + 0.5$$

Para el cálculo se han utilizado las siguientes ecuaciones:

Succión Positiva

$$NPSH_{disp} = 10^5 * \frac{(Pl - Pv)}{\rho * g} + H_a - h_a$$

Succión Negativa

$$NPSH_{disp} = 10^5 * \frac{(Pl - Pv)}{\rho * g} - H_a - h_a$$

Donde:

Pl: Presión sobre el líquido en el depósito de aspiración en bares

Pl: Presión atmosférica en función de la altitud (10,33 mca = 760 Hg a nivel del mar)

Pv: presión de vapor a una temperatura determinada equivale a la presión bajo la cual el agua comienza a desprender burbujas

H_a: Altura de aspiración en metros

h_a: Perdidas de carga que se produce en el tramo de la aspiración

La presión de vapor debe ser corregida por la altitud así se ha utilizado la expresión matemática:

$$P_{ATM}(mca) = 10{,}33 - \frac{altitud\ (m)}{900}$$

Valores para el proyecto:

TABLA 105. ***VALORES DISEÑO DEL PROYECTO***

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Temperatura	° C	17
Presión de vapor	bar	0.0194
Peso específico	Kgf/m3	1.025
Altitud	msnm	2614
Presión atmosférica	bar	0.728
$NPSH_{dis.}$	m	2.54
$NPSH_{req.}$	m	2.04

Fuente: Elaborado por el Consultor

6.4.2 ALTURA DE IMPULSIÓN (H)

Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión, perdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción.

La diferencia entre las alturas totales de impulsión y de aspiración es la carga de la bomba, es decir, la energía que será conferida al fluido.

6.4.3 PERDIDAS DE CAGA (H_M)

En flujos turbulentos como es el caso que nos ocupa la pérdida de carga es debida al efecto combinado de las fuerzas relativas a la inercia y a la viscosidad del fluido, conocer este valor es necesario para el cálculo de las bombas y también para comprobar el diámetro elegido para la conducción es suficiente y no producen pérdidas muy elevadas.

Para el cálculo de pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach

$$hf = f.\frac{L}{D}.\frac{v^2}{2g}$$

Donde:

SÍMBOLO	NOMBRE	UNIDAD
hf	Perdida de caga por fricción	m
f	Factor de fricción de Darcy	
L	Longitud de tubería	m
D	Diámetro interno de la tubería	m
v	Velocidad media del fluido	m/s

g	Aceleración de la gravedad	m/s^2

Para obtener el valor de f se ha utilizado la siguiente expresión matemática:

$$f = \frac{0.25}{\left[log\left(\frac{\varepsilon}{3.71.D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2}$$

Los accesorios incluidos las válvulas, codos, reducciones, etc., provocan también pérdidas de carga en el fluido que deben ser calculadas para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_i = k_i . \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_i = Pérdida local hidráulica por accesorio (m)

k_i = Factor que depende del accidente u obstrucción del flujo y es adimensional

v : Velocidad media del tramo

g : aceleración de la gravedad

Obteniéndose:

PARÁMETRO	UNIDAD	CISTERNA	PISCINA 20
ε	mm	0.0025	0.0025
f		0.0166	0.0159
$\mu *$	m/s	1.141x10^{-6}	1.141x10^{-6}
Re		1.50x10^5	1.50x10^5
hf	mca	1.25	2.62

Fuente: Elaborado por el Consultor

$\mu *$ Valor tomado de las tablas a 17 °C

Dadas las condiciones del diámetro, número de Reynolds y material utilizado también es posible utilizar para el cálculo de las pérdidas en la conducción la fórmula de Hazen –Williams.

$$hf_{[m]} = 10{,}67 \cdot \left(\frac{Q_{[m^3/s]}}{C}\right)^{1{,}852} \frac{L_{[m]}}{D_{[m]}^{4{,}87}}$$

Donde:

SÍMBOLO	NOMBRE	UNIDAD
hf	Perdida de caga por fricción	m
Q	Caudal	m3/s
L	Longitud de tubería	m
D	Diámetro interno de la tubería	m
C	Coeficiente adimensional experimental	

Para el proyecto de los valores calculados con los dos métodos se escoge el valor mayor por representar la condición más desfavorable.

6.4.4 DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA TUBERÍA DE BOMBEO:

Para la determinación del diámetro de la tubería de bombeo se ha utilizado la fórmula de Bresse:

$$D = K\sqrt{Q}$$

Dónde: D=Diámetro (pulg)

K=Coeficiente 1<K<1.5

Q=Caudal (l/s)

6.5 CÁLCULO POTENCIA DE LA BOMBA.

Partiendo de la ecuación:

$$P = \rho * H_t * \frac{Q}{76\,\eta}$$

ρ = peso específico del lixiviado

Ht = Altura dinámica total

Q = Caudal de diseño

η = Eficiencia motor-bomba = 60%

Para el motor se considera $\eta = 80\%$

Según la literatura para bombas mayores de 20Hp se recomienda subir un 10%

Finalmente, para la selección del modelo adecuado de bomba se recurre a las llamadas curvas característica de la bomba, requiriéndose las siguientes curvas:

- Curva de caudal y carga de la bomba
- Potencia del motor
- Carga positiva Neta de aspiración requerida (NPSHr)

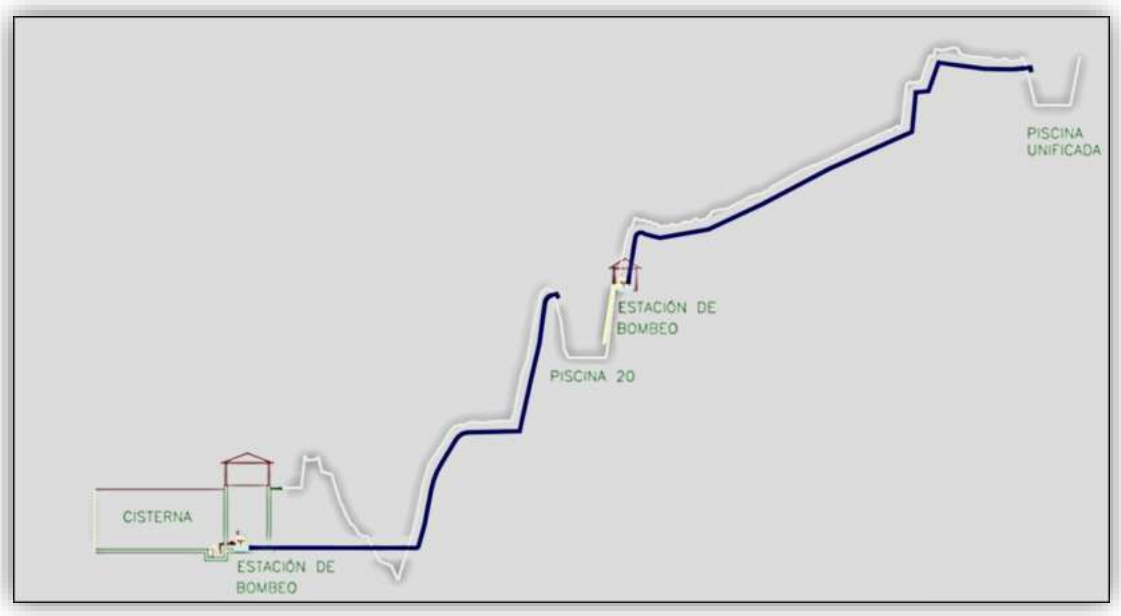
7 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE BOMBEO PROPUESTO

El sistema de bombeo contempla 2 fases, la primera que corresponde desde la cisterna hasta la piscina 20, y la segunda desde esta piscina hasta la denominada piscina Unificada.

El sistema de bombeo a ser implementado estará constituido por los siguientes elementos:

- Casa de máquinas junto a la cisterna, en donde se ubicarán las bombas y válvulas.
- Línea de impulsión
- Caseta de bombeo piscina 20
- Línea de impulsión

FIGURA 115. **ESQUEMÁTICO DE SISTEMA DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN**



Fuente: Elaborado por el Consultor

7.1 FASE 1 (CISTERNA-PISCINA 20)

La cisterna está proyectada en la cota 2582 msnm como cota de fondo, el área interna planificada es de 33.8x24.2 m2 y 8 m de altura, se consideran paredes de 0.4 metros de ancho y 0.5 m de altura de seguridad de desborde, con una altura útil de 6 m, lo que corresponde a una capacidad de 4883.76

m; la cisterna se divide en 2 celdas cada una con un volumen de 2441.88 m3 de donde se bombeará un caudal de 20.0 l/s, por 34 horas.

La capacidad de retención de la cisterna corresponde a 2.5 días considerando el caudal de 11.31 lt/s estos caudales y la capacidad de regulación se consideran variables por las siguientes razones:

- Clima de la zona, estaciones de invierno y verano
- Proceso de llenado de cubeto 11
- Producción de lixiviado del cubeto 11 que se espera siga el patrón de las curvas de los otros cubetos monitoreados por el EMGIRS, es decir la curva de Gauss.

TABLA 106. ***CAUDALES DE INGRESO Y BOMBEO***

SISTEMA DE BOMBEO							
PROYECTO: RELLENO SANITARIO							
TRAMO		CAUDAL INST.(l/s)	CAUDAL INGRESO	Q. BOMBEO. l/seg	DIAMETRO PULG.	DIAMETRO INT. (m)	VELOCIDAD m/seg
CISTERNA - PISCINA 20 FASE 1							
		11.31	11.31	19.95	6	0.1507	1.12

Fuente: Elaborado por el Consultor

El cálculo de la altura dinámica total se realizó de acuerdo a como se indica en el marco teórico obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla correspondiente.

TABLA 107. ***CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA FASE 1***

CALCULO DE PERDIDAS DE PRESION EN EL SISTEMA DE BOMBEO													
PROYECTO: RELLENO SANITARIO													
TRAMO DE	TRAMO A	ACCESORIO	CANT.	DIAMETRO PULG.	DIAMETRO m.	LONGITUD (m HORZ.	LONGITUD (m VERT.	K	PERDIDAS UNIT.	PERDIDAS TOTAL	PERDIDAS ACUM.	PRESION TOTAL	CAUDAL (l/s)
DESCARGA PISCINA 20								PARA 6'	C=	140	PVC		
										ST			
BOMBA	A			6	0.151	3.00	0.00		0.0323	0.032	0.463	0.463	20.0
		CODO 90°	1	6				0.45	0.0287	0.029			
		VALV DE PIE CON COLADOR	1	6	0.151			6.30	0.4020	0.402			
IMPULSION										PVC			
A	B			6	0.151	189.0	32.26		1.5292	33.79	34.00	34.463	20.0
		CODO 45°	7	6	0.151			0.22	0.0140	0.098			
		CODO 90°	1	6	0.151			0.45	0.0287	0.029			
		VALV. COMPUERTA	1	6	0.151			0.12	0.0077	0.008			
		VALV. CHECK	1	6	0.151			0.75	0.0479	0.048			
		BIFURCACION	1	6	0.151			0.10	0.0064	0.006			
		REDUCCION GRADUAL	1	6-4				0.35	0.0223	0.022			
										0.211			
										PVC			
B	PISCINA 20			6	0.151	5.00	0.00		0.0538	0.054	0.081	34.544	20.0
		CODO 90°	1	6				0.42	0.0268	0.027			
PRESION RESIDUAL EN LA DESCARGA												2.00	
ALTURA DINÁMICA TOTAL TDH (m)						197.0				0.669		**36.54**	

Fuente: Elaborado por el Consultor

A continuación, se presenta un resumen de las características del sistema para la fase 1.

TABLA 108. ***CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FASE 1***

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	BOMBA 1
VOLUMEN	m3	2441.9
TIEMPO DE LLENADO	día	2.5
ALTURA ESTÁTICA	m	32.3
TDH	m	36.5
LONGITUD	m	189.0
CAUDAL A BOMBEAR	l/s	20.0
TIEMPO DE BOMBEO	hora	34.0
DIAMETRO DE IMPULSIÓN	Pulg.	6.0
MATERIAL TUB. IMPULSIÓN		PVC
VELOCIDAD	m/s	1.1
SUCCION		POSITIVA
ENERGIA TRIFASICA		

Fuente: Elaborado por el Consultor

TABLA 109. ***RESULTADO DE CÁLCULO, CON LAS CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA***

CALCULO DE EQUIPOS DE BOMBEO								
PROYECTO: RELLENO SANITARIO								
POTENCIA DE LA BOMBA FASE 1 CISTERNA-PISCINA 20								
$P = \rho * Ht * Q / 76\eta$								
	ρ = Peso específico del lixiviado	1.025	kg/lt					
	Ht = Altura dinamica total	36.54	m	120	pies	52	psi	
	Q = Caudal total de diseño	19.95	lts/seg.	317	gpm			
	76 = Constante de conversion	76						
	ŋ = Eficiencia motor-bomba	60	%					
P = 16.4 HP	(Potencia de cálculo)							
Potencia del motor Trifasico =	P * 1,1/0.8	para bombas mayores de 20 HP subir e 10%						
	ŋ = Eficiencia motor-bomba	80	%					
	Potencia del motor = 22.5 HP							
	25 HP tamaño comercial, a ser comprobado con la							
	curva caracteristica del fabricante.							
	TIPO DE SUCCION: POSITIVA							

Fuente: Elaborado por el Consultor

El nivel de succión positiva de la bomba se ubica un metro arriba de la cota de fondo y el nivel mínimo de bombeo se establece 0.5 m por encima del nivel de succión con el fin de evitar el ingreso de aire, nivel máximo o encendido estará 7.5 m sobre la cota de fondo de la cisterna, es decir 0.5 m de seguridad para desborde. Ver Plano

Finalmente, las celdas funcionarán en forma independiente, incluyendo el sistema de impulsión, con 5 bombas centrífugas de acero inoxidable de 25 HP de capacidad. En el número de bombas se ha considerado, la bomba de impulsión, una de reposición, y una bomba a diésel con su respectivo motor.

En la línea de impulsión se han previsto 3 válvulas de aire de 2 pulgadas para los puntos de variación de inclinación en los tramos ascendentes y 2 válvulas de desagüe (válvulas de compuertas) de 2 pulgadas para los puntos bajos; también se incluyen los bloques de anclaje.

Se ha previsto una tubería de desagüe que llega a cada celda de la cisterna con el fin de que se vacíe la tubería de impulsión, en caso de requerirse.

Para el caso de mantenimiento o reparación de una de las celdas de la cisterna se ha previsto una bomba sumergida como back up, que será ingresada a la cisterna a través del tecle previsto y que tiene las siguientes características:

TABLA 110. ***CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA SUMERGIBLE***

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	BOMBA
VOLUMEN	m3	1220.9
ALTURA ESTÁTICA	m	10.0
TDH	m	11.0
LONGITUD	m	15.0
CAUDAL A BOMBEAR	l/s	24.2
TIEMPO DE BOMBEO	hora	14.0
DIAMETRO DE IMPULSIÓN	pulg	6.0
MATERIAL TUB. IMPULSIÓN		PVC
VELOCIDAD	m/s	1.3

Fuente: Elaborado por el Consultor

7.2 FASE 2 (PISCINA 20-PISCINA UNIFICADA)

La piscina 20 es existente, no sujeta a modificación, se ubica en la cota 2614.20 msnm como nivel de terreno, tiene forma de cono truncado de dimensiones irregulares, con una profundidad de 8 m y alcanza un volumen de 2613.80 m3 hasta el nivel de seguridad de llenado, en la tabla correspondiente se establece el volumen según la cota.

TABLA 111. ***VOLÚMENES PISCINA 20***

COTA	VOLUMEN	OBSERVACIÓN
2606.00	0	Cota de terreno
2606.50	94	
2607.00	202.67	
2607.50	322.25	
2608.00	449.79	
2608.50	585.9	
2609.00	731.23	
2609.50	885.36	
2610.00	1048.24	
2610.50	1220.72	Nivel de Succión
2611.00	1404.07	
2611.50	1598.66	
2612.00	1805.04	
2612.50	2024.53	
2613.00	2258.29	
2613.50	2508.60	
2613.70	2613.80	Nivel de llenado
2614.20	2777.50	Cota de terreno

Fuente: Elaborado por el Consultor.

A esta piscina ingresa un caudal variable con un máximo de 0.73 lt/s al cual se le debe añadir el caudal bombeado desde la cisterna en la Fase 1, es decir el caudal total de ingreso es de 24.16 lt/s. Ver tabla correspondiente.

TABLA 112. ***CAUDAL DE INGRESO Y BOMBEO***

SISTEMA DE BOMBEO							
PROYECTO: RELLENO SANITARIO							
TRAMO		CAUDAL INST.(l/s)	CAUDAL INGRESO	Q. BOMBEO. l/seg	DIAMETRO PULG.	DIAMETRO INT. (m)	VELOCIDAD m/seg
PISCINA 20- PISCINA UNIFICADA FASE 2							
		0.73	20.68	24.16	6	0.1507	1.35

Fuente: Elaborado por el Consultor

Para el sistema de impulsión de esta fase se propone una bomba centrífuga con succión negativa de 4 m de profundidad y de acuerdo a la tabla correspondiente, el volumen a ser bombeado es de 1565.6 m3, que es el resultado de la diferencia entre el volumen de llenado y el volumen de succión.

Las perdidas obtenidas para esta fase se muestran en la siguiente tabla

TABLA 113. ***CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA FASE 2***

CALCULO DE PERDIDAS DE PRESION EN EL SISTEMA DE BOMBEO													
PISCINA 20 - PISCINA UNIFICADA													
TRAMO		**ACCESORIO**	**CANT.**	**DIAMETRO**					**PERDIDAS**			**PRESION TOTAL**	**CAUDAL(l/s)**
DE	**A**			**PULG.**	**m.**	**HORZ.**	**VERT.**	**K**	**UNIT.**	**TOTAL**	**ACUM.**		
DESCARGA PISCINA UNIFICADA								**PARA 6'**	**C=**	**140**	**PVC**		
										ST			
SUCC.	A			6	0.151	0.00	4.00		0.046	4.046	4.489	4.489	24.16
		CODO 45°	2	6	0.151			0.22	0.021	0.041			
		VALV DE PIE DE DISCO CON COLADOR	1	6	0.151			6.30	0.402	0.402			
IMPULSION										**PVC**			
A	B			6	0.151	268.0	29.30		2.168	31.47	31.84	36.328	24.16
		CODO 45°	12	6				0.22	0.021	0.247			
		VALV. COMPUERTA	1	6	0.151			0.12	0.011	0.011			
		VALV. CHECK	1	6	0.151			0.75	0.070	0.070			
		BIFURCACION	1	6	0.151			0.10	0.009	0.009			
		REDUCCION GRADUAL	1	6-4				0.35	0.033	0.033			
										0.371			
										PVC			
B	PISCINA UNIFICADA			6	0.151	5.00	0.00		0.054	0.054	0.138	36.466	24.16
		CODO 90°	1	6				0.90	0.084	0.084			
PRESION RESIDUAL EN LA DESCARGA												2.00	
ALTURA DINÁMICA TOTAL TDH (m)						273.0				0.496		**38.47**	

Fuente: Elaborado por el Consultor

A continuación, se presenta un resumen de las características del sistema para la fase 2.

DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**BOMBA 2**
VOLUMEN	m3	1565.6
TIEMPO DE LLENADO	día	0.9
ALTURA ESTÁTICA	m	29.3
TDH	m	38.5
LONGITUD	m	268.0
CAUDAL A BOMBEAR	l/s	24.2
TIEMPO DE BOMBEO	hora	18.0
DIAMETRO DE IMPULSIÓN	pulg	6.0
MATERIAL TUB. IMPULSIÓN		PVC
VELOCIDAD	m/s	1.3

SUCCION		NEGATIVA
NPSH disp =	m	2.56
NPSH req =	m	2.06
ENERGIA TRIFASICA		

Fuente: Elaborado por el Consultor

Con estas características la potencia de la bomba resulta:

CALCULO DE EQUIPOS DE BOMBEO

PROYECTO: RELLENO SANITARIO

POTENCIA DE LA BOMBA FASE 2 PISCINA 20- PISCINA UNIFICADA

$$P = \rho * Ht * Q / 76\eta$$

ρ = Peso específico del lixiviado	1.025	kg/lt					
Ht = Altura dinamica total	38.47	m	126	pies	55	psi	
Q = Caudal total de diseño	24.16	lts/seg.	383	gpm			
76 = Constante de conversion	76						
ŋ = Eficiencia motor-bomba	60	%					

P = 20.9 HP (Potencia de cálculo)

Potencia del motor Trifásico = P * 1,1/0.8 para bombas mayores de 20 HP subir e 10%

ŋ = Eficiencia motor-bomba	80	%
Potencia del motor =	28.7	HP

30 HP tamaño comercial, a ser comprobado con la curva caracteristica del fabricante.

TIPO DE SUCCION: NEGATIVA

El sistema de bombeo desde la piscina 20 hasta la piscina Unificada está compuesto igualmente de la bomba centrífuga de succión negativa de acero inoxidable de 30 HP de capacidad, una de repuesto y una bomba a diésel para los casos en los que no se cuente con energía eléctrica, la línea de impulsión está alineada por la vía existente.

En la línea de impulsión se han previsto 2 válvulas de aire de 2 pulgadas para los puntos de variación de inclinación en los tramos ascendentes y 2 válvulas de desagüe (válvulas de compuertas) de 2 pulgadas para los puntos bajos.

8 ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Equipos de bombeo:

- FASE 1: bombas centrífugas
- Cantidad: 4 bombas eléctricas y 2 bombas a diésel
  - **Caudal: 20 l/s**
  - Succión: Positiva

- Altura dinámica total (TDH): 37 mca
- Potencia estimada 25 HP
- Tipo: Centrifuga de eje horizontal
- Bomba: Acero inoxidable
- Velocidad: menor a 3500 rpm
- Viscosidad: 1.141 x 10^{-6} Pa-s
- Temperatura: variable entre 17-21 °C
- Bomba sumergible
- Cantidad: 1 bomba
- **Caudal: 24 l/s**
- Altura dinámica total (TDH): 15 mca
- Potencia estimada 12 HP
- Bomba: hierro fundido
- Velocidad: menor a 3550 rpm

8.1 FASE 2:

- Cantidad: 2 bombas eléctricas y 1 bomba a diésel
  - **Caudal: 25 l/s**
  - Succión: Negativa
  - NPSH disponible: 2.55 mca
  - Altura dinámica total (TDH): 39 mca
  - Potencia estimada 30 HP
  - Tipo: Centrifuga de eje horizontal
  - Bomba: Acero inoxidable
  - Velocidad: menor a 3500 rpm
  - Viscosidad: 1.141 x 10^{-6} Pa-s
  - Temperatura: variable entre 17-21 °C

Nota: La bomba que se suministre, deberá tener un NPSH requerido menor a 2.55 mca

Tubería de impulsión: Material: PVC 1.25 Mpa, norma INEN 1373., tipo de unión elastomérica.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema propuesto funcionará en 2 fases, la primera que corresponde desde el tanque de almacenamiento cisterna hasta la Piscina 20 y la segunda desde la piscina 20 hasta la piscina Unificada, desde donde se tomará hacia el tratamiento o almacenamiento en otras piscinas, según lo designe EmgirsEP.
- La cisterna tiene dos celdas que funcionarán en forma independiente y alternada, incluido el sistema de impulsión, lo cual requiere 3 bombas centrífugas de succión positiva por celda. Dos bombas eléctricas, además se instará una bomba con motor a Diésel en caso de no disponer temporalmente de energía eléctrica, por desperfecto o mantenimiento.
- La Fase 2 funcionará con un solo equipo de bombeo que consta de 3 bombas centrífugas de succión negativa, dos bombas serán eléctricas, además se instalará una bomba con motor a diésel en caso de no disponer de energía eléctrica, por desperfecto o mantenimiento.

- La potencia de las bombas calculadas es de 25 y 30 HP, tomando como rendimiento de la bomba el 60% y 80% eficiencia del motor.
- La potencia de las bombas es referencial, de acuerdo a resultados de cálculo, el oferente debe ajustar este valor de acuerdo a la eficiencia del equipo ofertado, de acuerdo a las curvas de cada equipo en específico, únicas para cada tipo de bomba, de acuerdo a su marca.
- Se recomienda revisar el estado de la geomembrana de la piscina 20 antes de iniciar el funcionamiento de sistema de bombeo.

10 ANEXOS

1. HID 001 a HID 005 Planos del Sistema
2. HID 006 Curvas Bombas Comerciales

11 BIBLIOGRAFIA.

- ***https://ecoflusa.com/equipos-de-bombeo/***
- *HIDROMEC ingenieros s.a.c.*
- *J. M Azevedo- G. Acosta,* ***MANUAL DE HIDRÁULICA****. México, Sexta Edición 1975.*
- *Gilberto Sotelo,* ***HIDRUALICA GENERAL****, Volumen 1 Ed. LUMUSA, México 1973*
- *Sección TECH-A, Centrifugal Pump Fumdamentals*
- *Especificaciones EPMAPS-Q, 2022.*

CAP 07. INGENIERÍAS. ESTUDIOS ESTRUCTURALES

1 ANTECEDENTES

La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP), con el propósito de dar soluciones y ampliar la capacidad de la disposición final de los residuos sólidos generados en la ciudad y que llegan al Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito El Inga, contrata la "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA", dentro de lo cual se tiene proyecto la construcción de una Cisterna para recoger los lixiviados de los cubetos existentes y del nuevo a construir.

2 ALCANCE

Presentar un informe con el Diseño Definitivo de Ingeniería para la Construcción de una Cisterna para recoger los lixiviados que se generan de los cubetos existentes y del nuevo a construir, además de la Cubierta Metálicas que se encuentran sobre la Estación de Bombeo ubicada en la Cisterna y la Cubierta Metálica de otra Estación de Bombeo que se encarga de llevar el lixiviado desde la Piscina 20 hasta la Piscina Unificada.

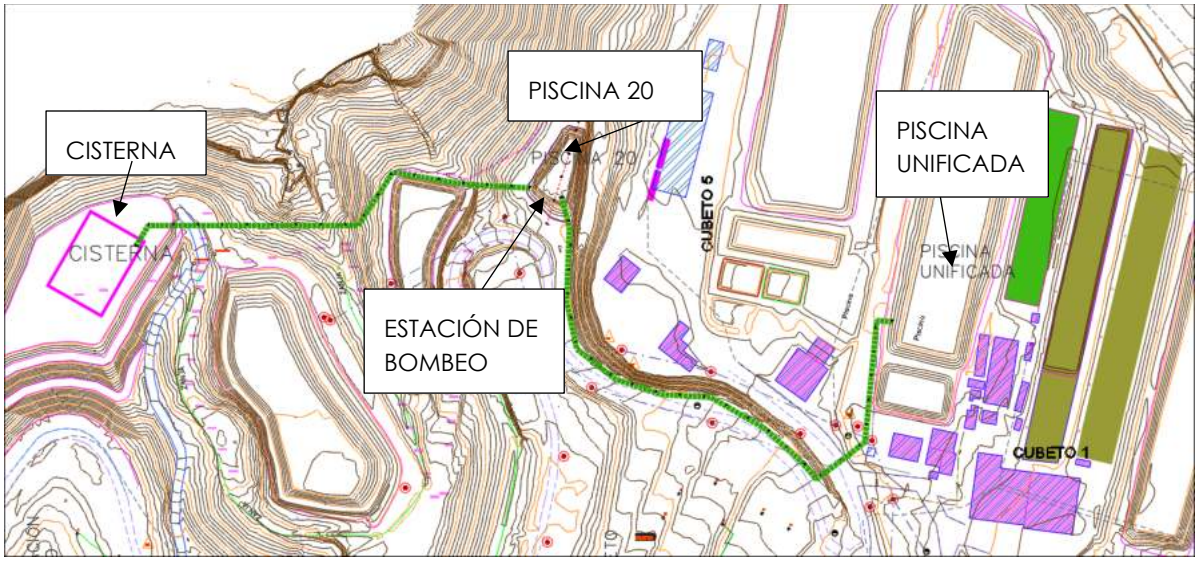
3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- El Estudio Estructural se desarrolla en base al Diseño Hidráulico y Mecánica de Suelos presentado.
- Realizar una Modelación de la Estructura para determinar las condiciones de trabajo del sistema Estructural Propuesto, de tal forma que permita mantener la seguridad local y general de los elementos que forman parte de este estudio.
- Generar planos estructurales donde se encuentran los diferentes elementos del sistema motivo de esta consultoría.

4 UBICACIÓN

La implantación del proyecto "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA" está localizado en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Sector Itulcachi – El Inga Bajo sobre la vía E 35 (entre Pifo y Píntag).

FIGURA 116. **UBICACIÓN DE RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**



Fuente: Del Consultor en base a información entregada

5 CRITERIOS DE DISEÑO

En base al Estudio Hidráulico del Proyecto, se localizan los ejes principales del área a construir, con esta referencia se adoptan cotas y niveles de los elementos estructurales. El desarrollo de los diferentes elementos de cimentación se los realizó en base al informe de Mecánica de Suelos.

- Las estructuras calculadas son:
- Cisterna para lixiviados.
- Viga Trasversal sobre paredes de Cisterna.
- Cubierta Metálica sobre la Estación de Bombeo que se encuentra en la Cisterna.
- Cubierta Metálica de Estación de Bombeo ubicada cerca de la Piscina 20.
- Cubierta Metálica Curva ubicada sobre Vigas Transversales de la Cisterna.
- Cámara para Generador y Tableros de Distribución del Sistema Eléctrico.
- Escaleras Metálicas.

5.1 CARGAS DE DISEÑO

La posición de las cargas y sus combinaciones a las que han sido sometidas los elementos estructurales del presente proyecto están evidenciados en el cálculo realizado.

5.2 MATERIALES

5.2.1 HORMIGONES

Los hormigones utilizados en este estudio son los siguientes:

- Hormigón f'c = 280 Kg / cm2, para Losa de Cimentación, Paredes de Sostenimiento Lateral, Bases de apoyo de bombas, tuberías y generador, Vigas, Columnas y Losa.
- Hormigón f'c = 180 Kg / cm2, para Replantillos.

5.2.2 ACERO DE REFUERZO

Se usará Acero de Refuerzo en varillas calibrado en milímetros y Límite de fluencia fy = 4200 Kg / cm2.

5.2.3 ACERO ESTRUCTURAL

El Acero Estructural utilizado es ASTM A-36 fy = 2520 Kg / cm2.

5.2.4 ACERO INOXIDABLE

Este tipo de Acero Inoxidable AISI 316 será utilizado en la fabricación de las Escaleras Marineras debido a permanente contacto con el lixiviado.

5.3 CÓDIGOS UTILIZADOS

Para el Cálculo y diseño de los elementos, se aplicaron los siguientes Códigos:

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN	NEC-15
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE	ACI 318-14
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION	AISC- 360-10

6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

6.1 CISTERNA DE LIXIVIADOS

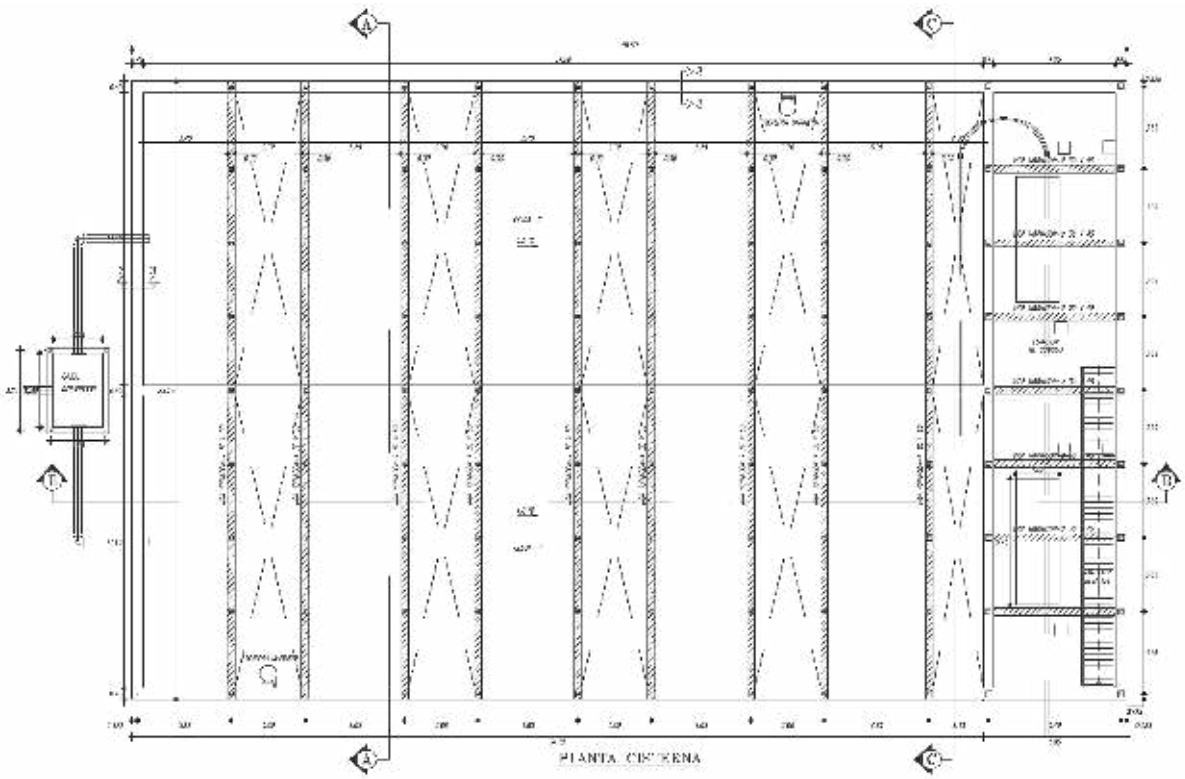
Para el diseño de la cimentación de los diferentes elementos estructurales se utilizará la recomendación de los parámetros del estudio geotécnico:

q adm = 37.10 t/m2 (capacidad portante del suelo)

γ = 1.76 t/m3 (peso específico del relleno + presión externa)

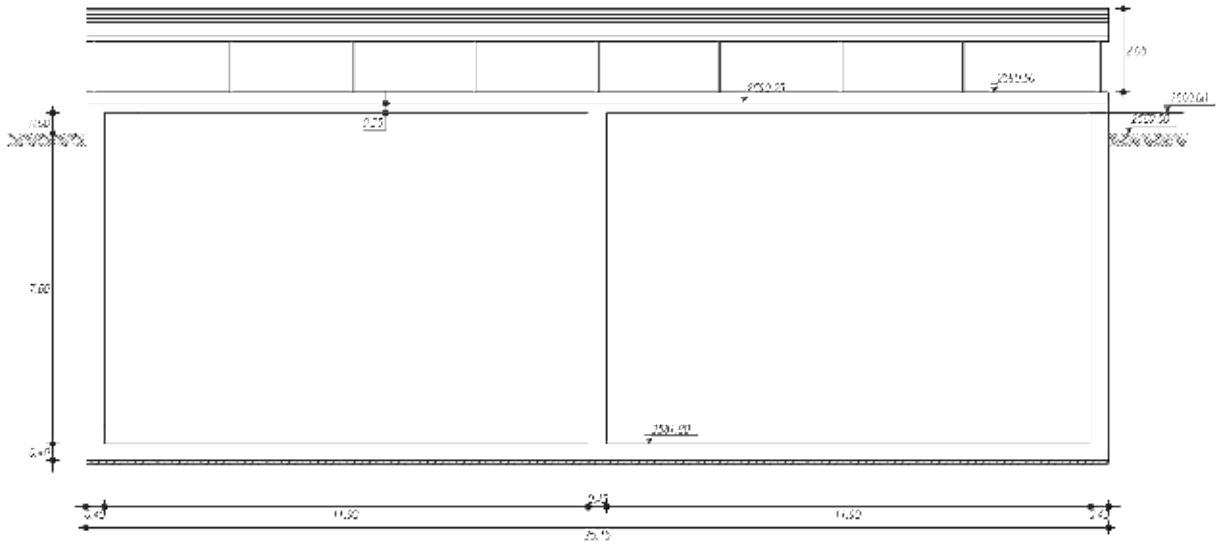
El constructor deberá verificar que este valor asumido sea mayor o por lo menos igual, realizando un estudio de suelos el mismo que deberá ser certificado por un profesional competente, y en caso de obtenerse valores menores al asumido se deberá notificarlo para realizar los ajustes necesarios a fin de que la cimentación transmita las presiones de una forma adecuada al suelo.

FIGURA 117. **PLANTA CISTERNA**



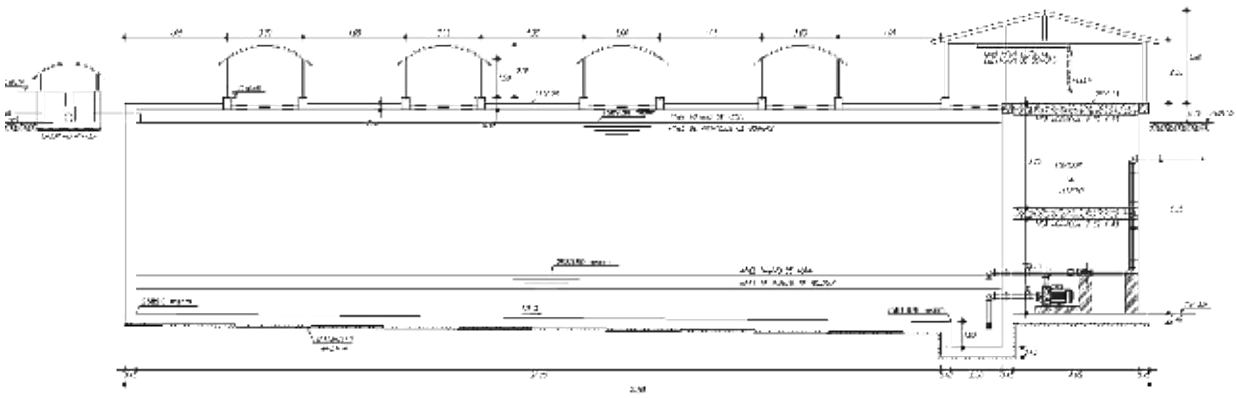
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

FIGURA 118. **CORTE A-A**



Fuente: Elaboración Propia - Consultor

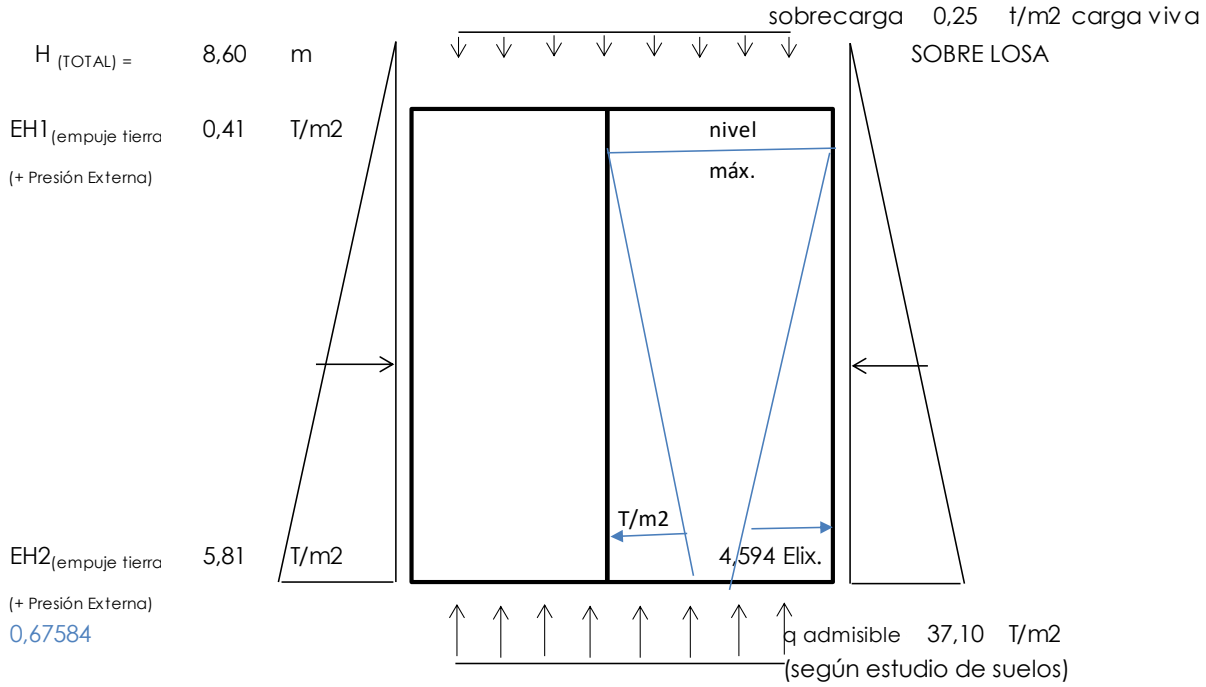
FIGURA 119. **CORTE B-B**



Fuente: Elaboración Propia - Consultor

6.1.1 CARGAS EN CISTERNA DE LIXIVIADOS

f´c =	280	T/m2	
$H_{(tierra)}$=	8,00	m	
$H_{(sobrecarga)}$ =	0,60	m	Sección (3,11,6,4-2) (en operación de montaje)
g =	1,76	T/m3	suelo+ presión externa
g =	1,23	T/m3	agua (lixiviados-adoptado)
Ko =	0,384		
$s_{(ADMISIBLE)}$=	37,10	T/m2	
H(lixiviados)	1,23	T/m3	
H lixiv. =	7,50	m	
H lixiv. Diseí	3,75	m	para diseño



E =	2175316,1	T/m2	
kresorte =	4452	T/m3	asumido

NOMENCLATURA DE CARGAS :

peso muerto		dead	
Asfalto		qas	
carga muerta veredas		qcm	carga muerta adicional
sobrecara Carga distribuida (peatonal)		qvd	sobre losa superior
Carga vehícular puntual + impacto		qvp	
Empuje de Tierras + Presión Externa		EH	
Supresión			
Empuje lixiviados	(horizontal)	F	Elix.
Carga lixiviados	(vertical)	CF	

(F)

COMBINACIONES DE CARGA:

comb1	1,4(dead) -1,6 EH
comb2	1,2(dead) + 1,2 (F) + 1,6 qvd + 1,6(EH)+ 1,2 CF
comb3	1,0 (dead)+1 (qcm)+1,0 (qvd) + 1,0 (F) +1,0 (EH) 1,0(CF)
ENVLV	1,0(COMB1)+1,0(COMB2)

6.1.2 NOMENCLATURA DE CARGAS:

Peso muerto		dead	
Asfalto		qas	
Carga muerta veredas		qcm	carga muerta adicional
Sobrecara Carga distribuida (peatonal)		qvd	sobre losa superior
Carga vehicular puntual + impacto		qvp	
Empuje de Tierras + Presión Externa		EH	
Supresión		(F)	
Empujes lixiviados	(horizontal)	F	Elix.
Carga lixiviados	vertical)	CF	

6.1.3 COMBINACIONES DE CARGA:

comb1 1,4(dead) + 1,4(F)

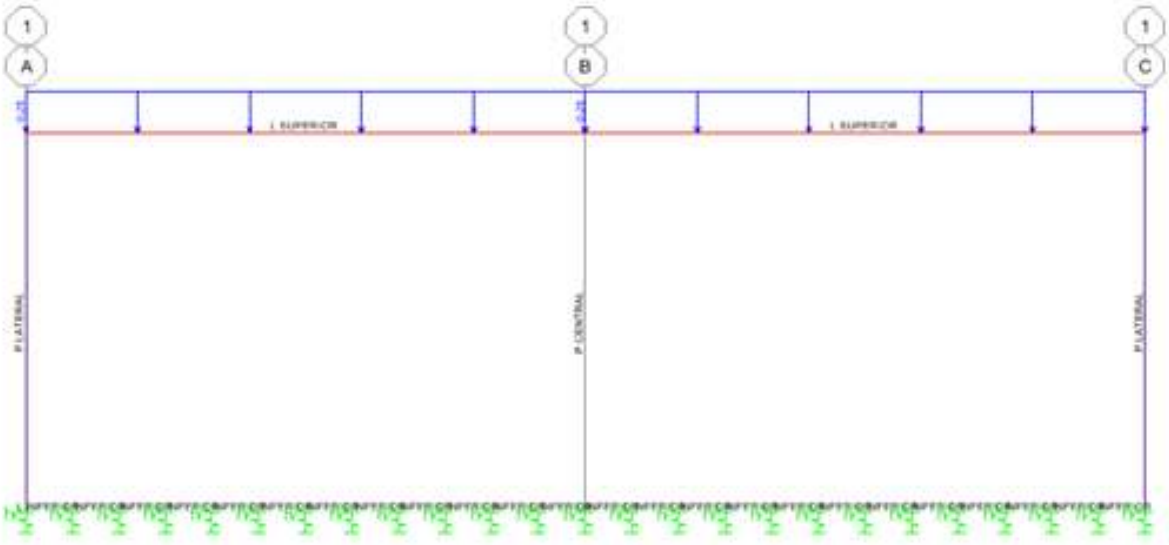
comb2 1,2(dead) + 1,2 (F) + 1,6 qvd + 1,6(EH)+ 1,2 CF

comb3 1,0 (dead)+1 (qcm)+1,0 (qvd) + 1,0 (F) +1,0 (EH) 1,0(CF)

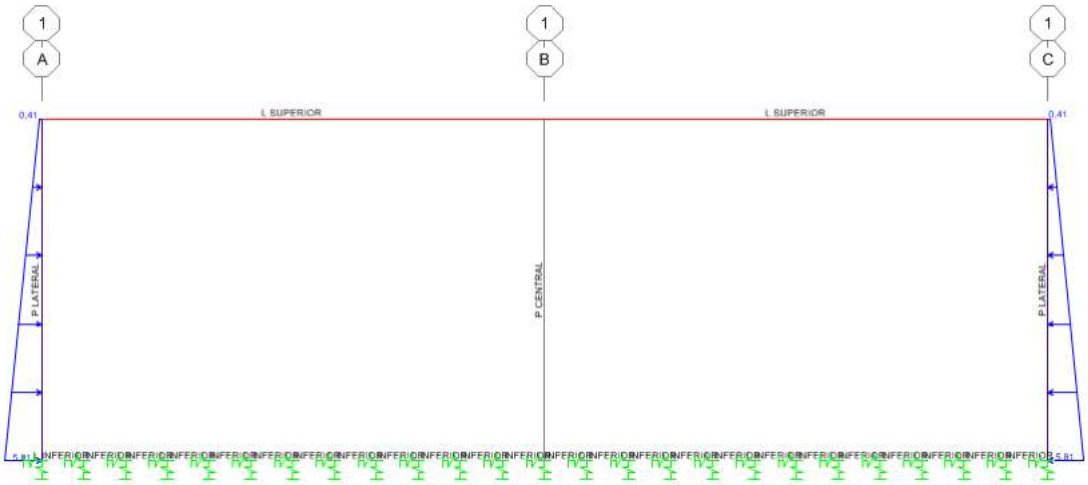
ENVOLV1,0(COMB1+1,0(COMB2)

6.1.4 CARGAS APLICADAS

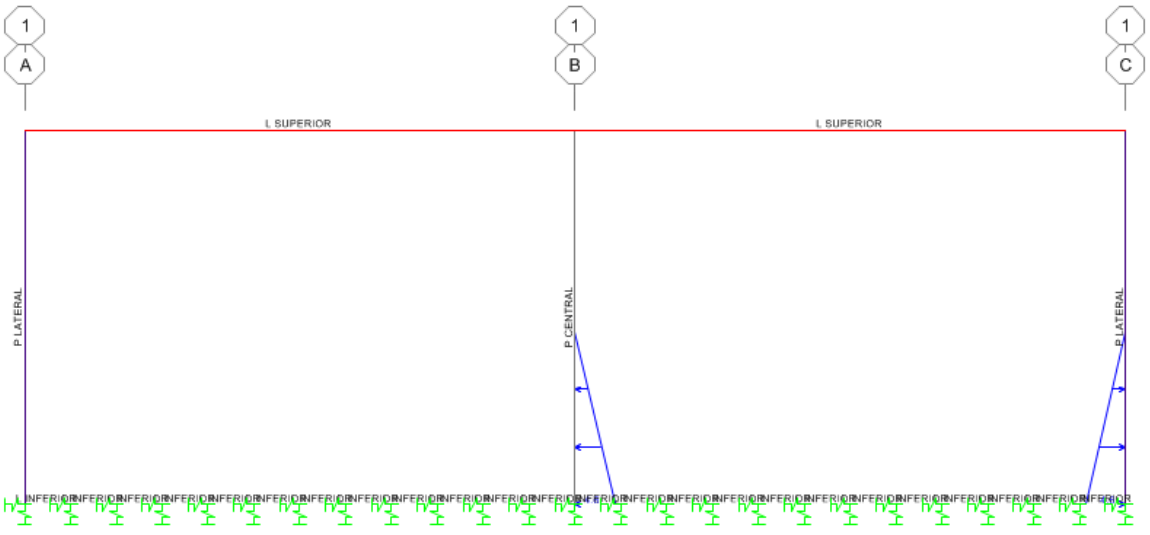
6.1.4.1 CARGA VIVA



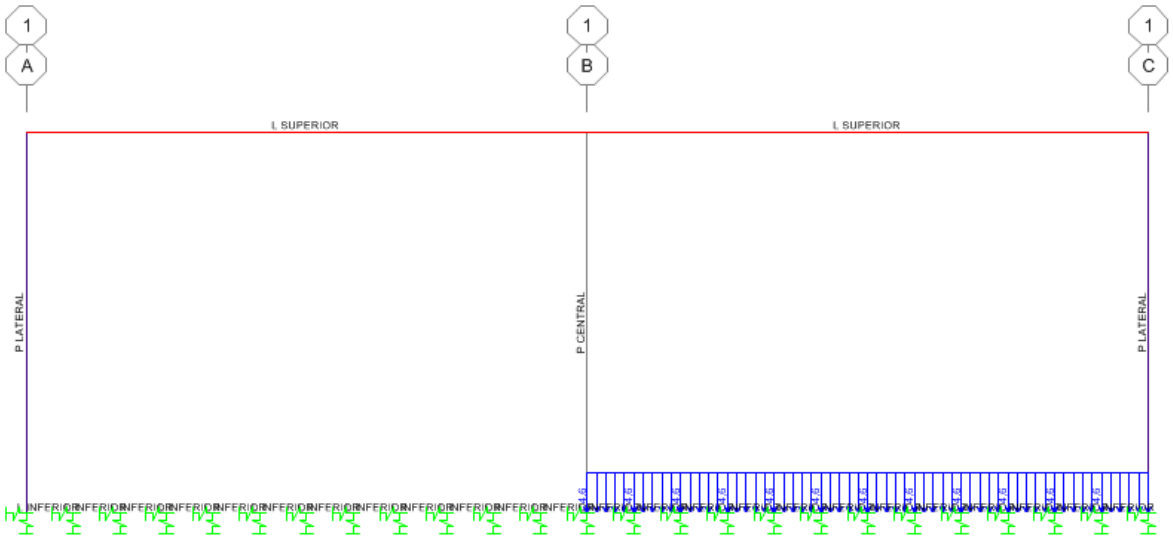
6.1.4.2 EMPUJE DE RELLENO



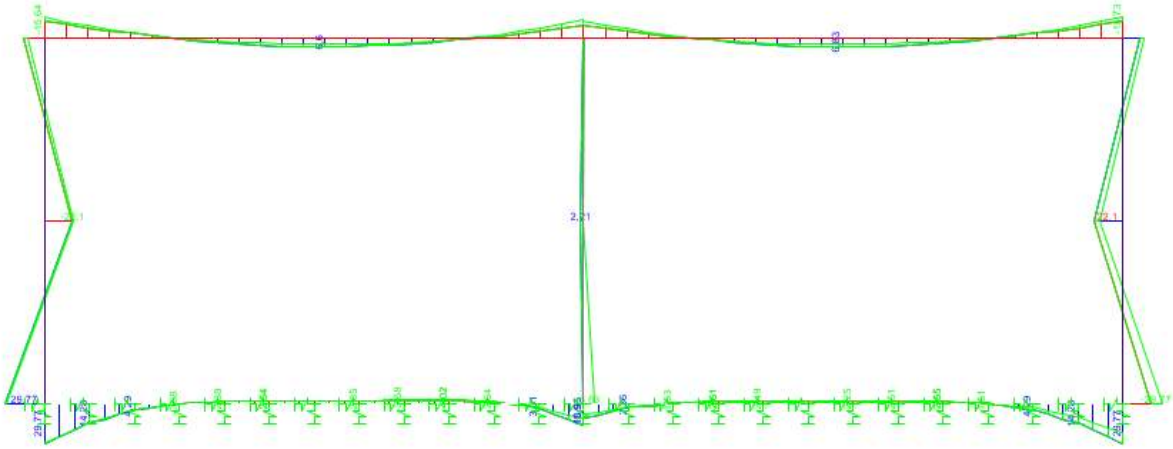
6.1.4.3 EMPUJE DE FLUIDO



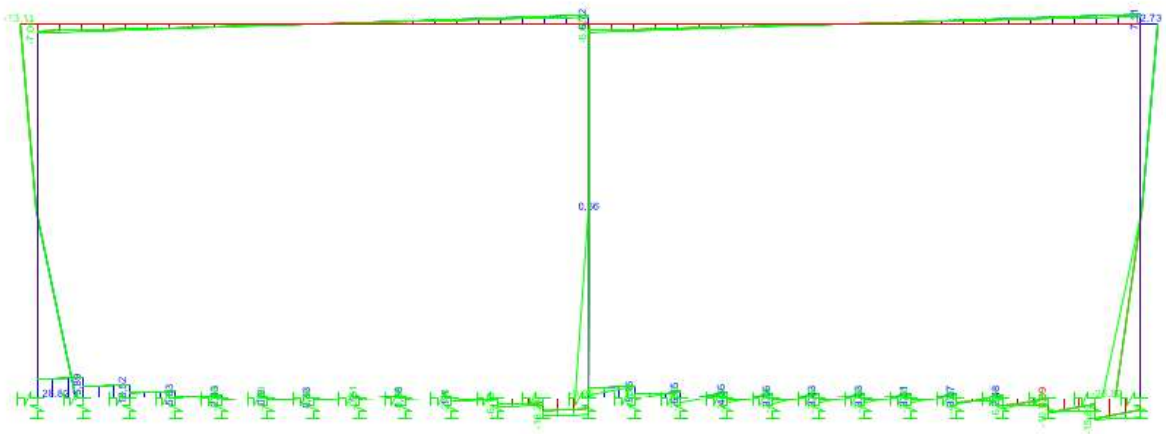
6.1.4.4 PRESIÓN VERTICAL DE AGUA



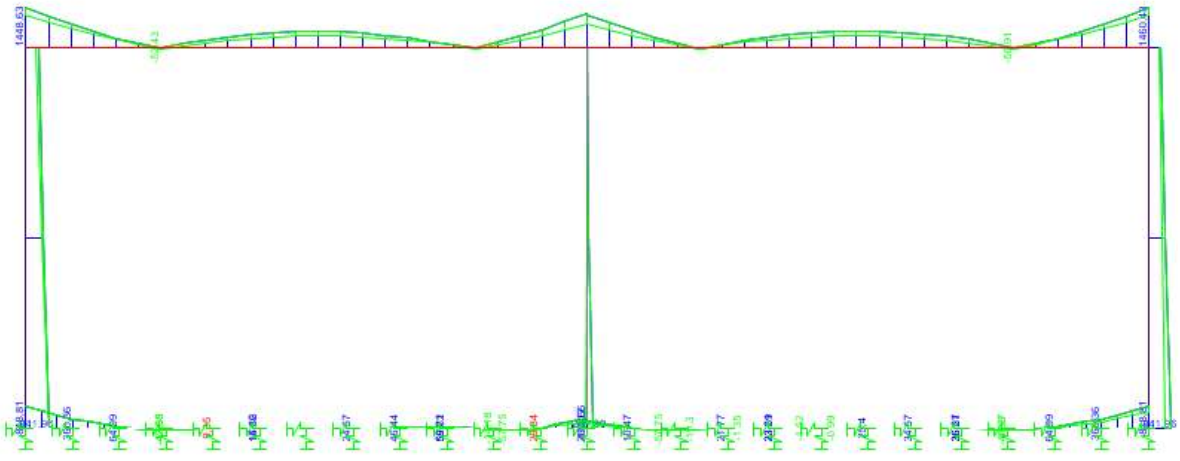
6.1.4.5 GRÁFICO DE MOMENTOS (ENVOLVENTE)



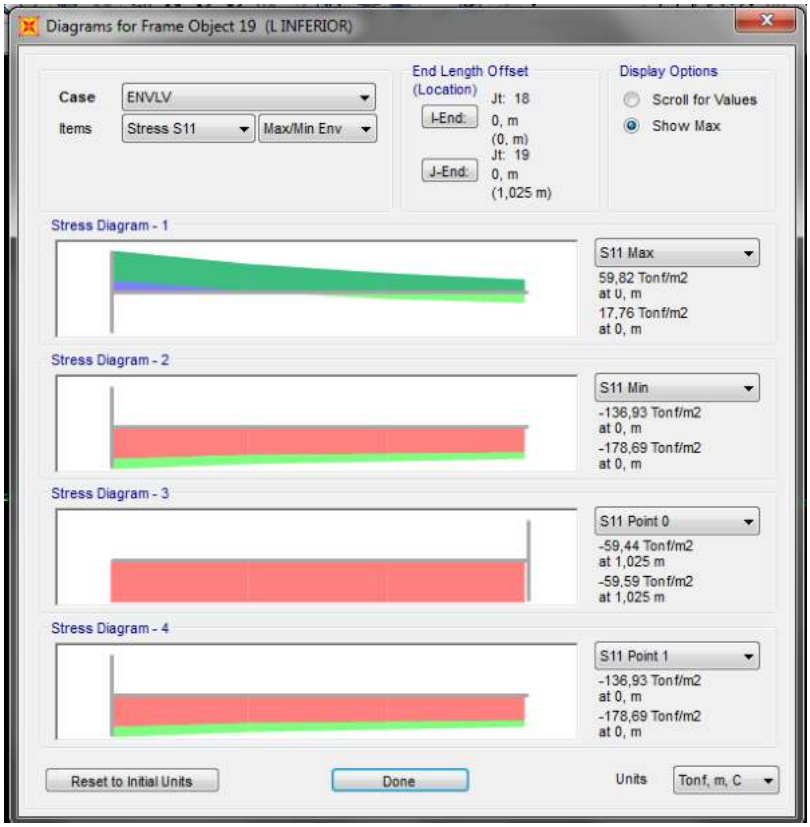
6.1.4.6 GRÁFICO DE CORTANTES



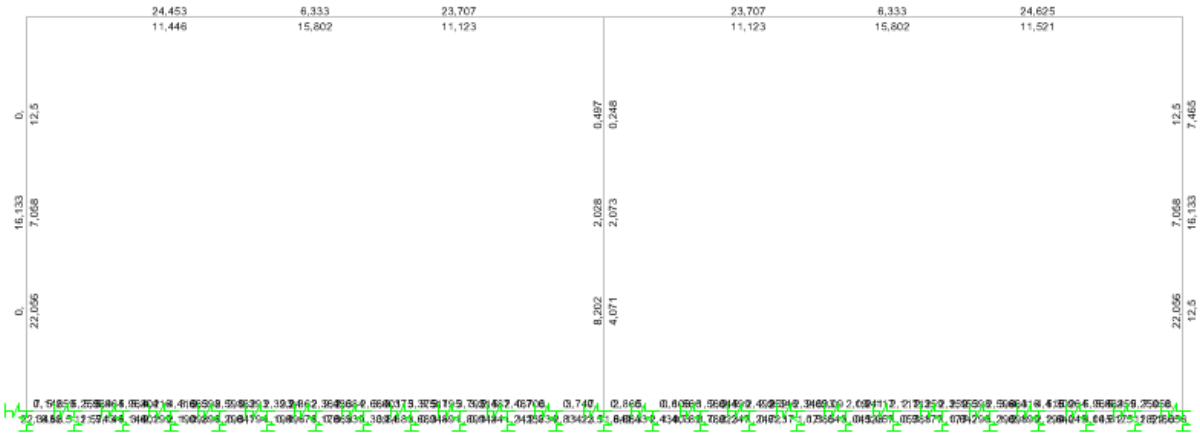
6.1.4.7 DIAGRAMA DE ESFUERZOS



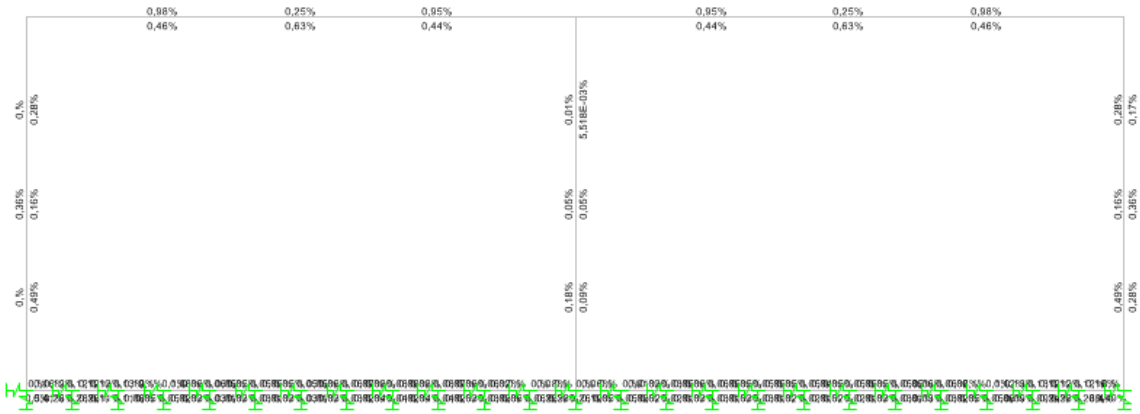
6.1.4.8 ESFUERZOS DEL ELEMENTO INFERIOR MÁS CRITICO



6.1.4.9 ÁREA DE REFUERZO(CM2/M)

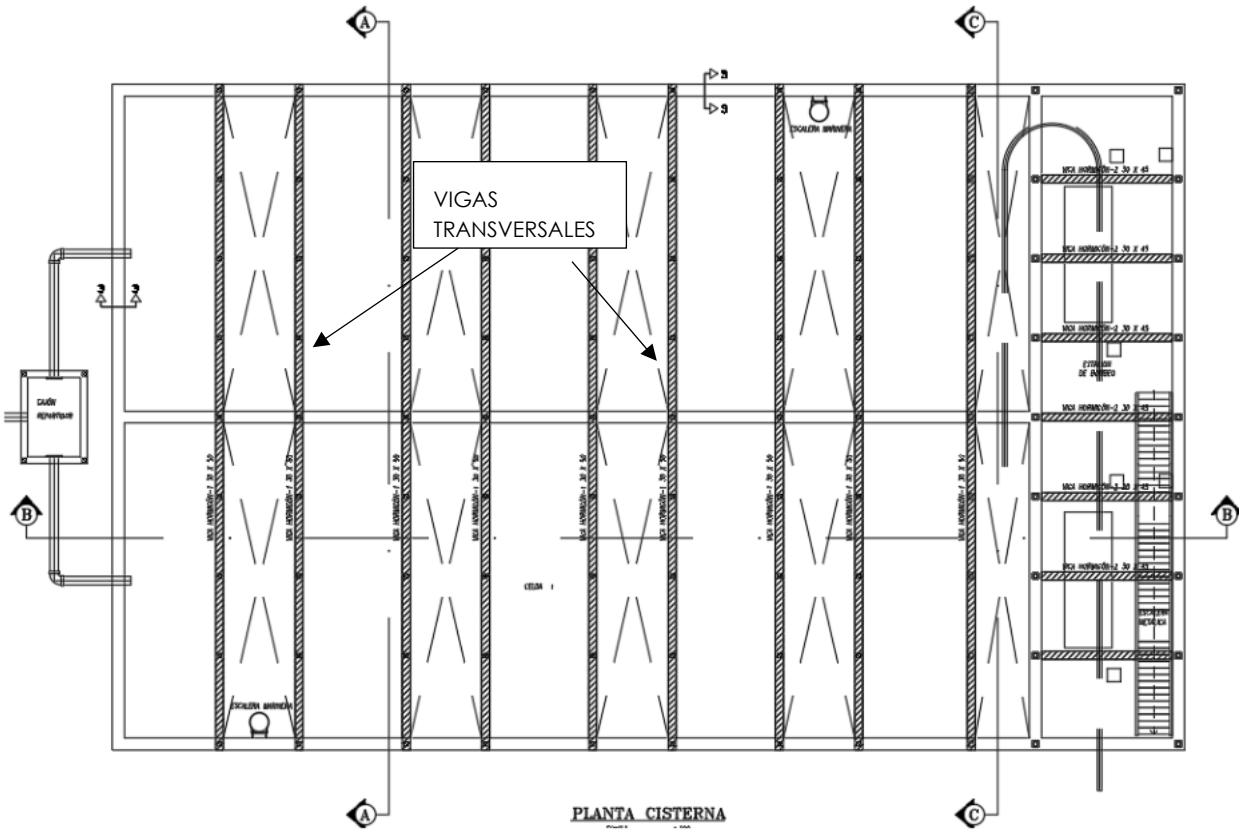


6.1.4.10 CAPACIDAD – DEMANDA



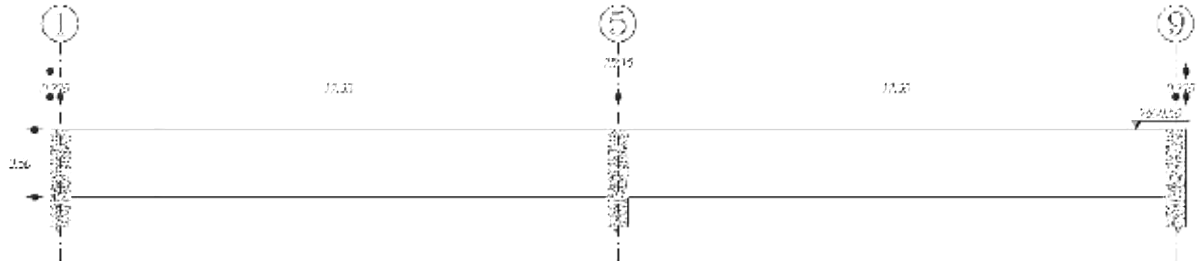
6.2 VIGA TRANSVERSAL SOBRE PAREDES DE LA CISTERNA (APOYO DE COLUMNAS DE CUBIERTAS CURVAS)

FIGURA 120. **UBICACIÓN VIGAS TRASVERSALES (9 UNIDADES)**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

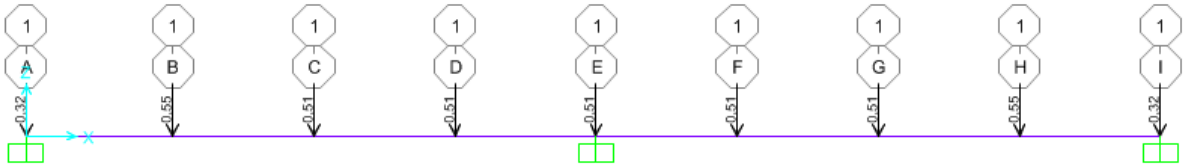
FIGURA 121. **VISTA FRONTAL VIGA TRANVERSAL**



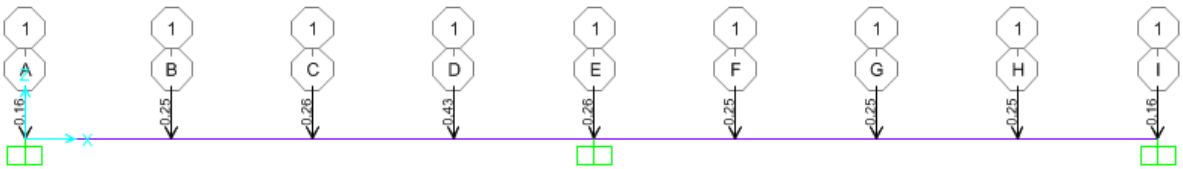
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.2.1 CARGAS APLICADAS

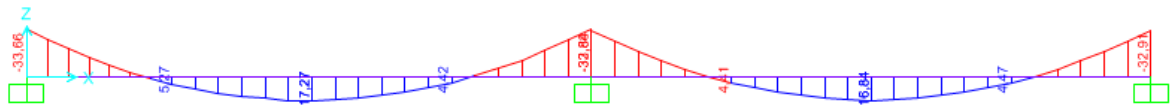
6.2.1.1 CARGA VIVA



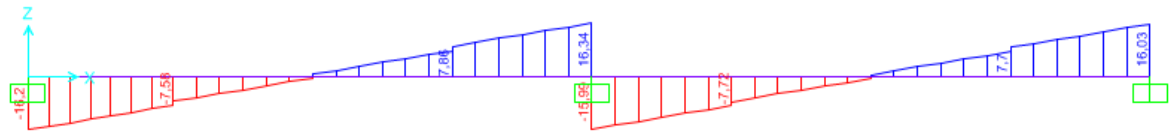
6.2.1.2 CARGA MUERTA



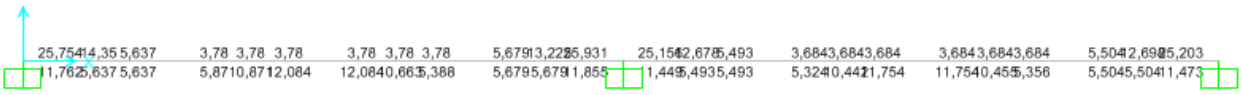
6.2.1.3 GRÁFICO MOMENTOS



6.2.1.4 GRÁFICO DE CORTANTES

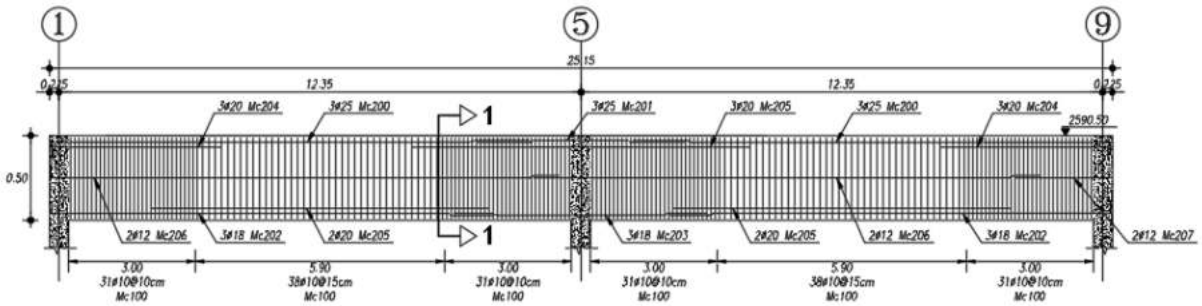


6.2.1.5 ARMADURA (CM2)



6.2.1.6 ARMADO DE VIGAS

FIGURA 122. **ACERO DE REFUERZO EN VIGA**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.3 CUBIERTA SOBRE CISTERNA DE LIXIVIADOS

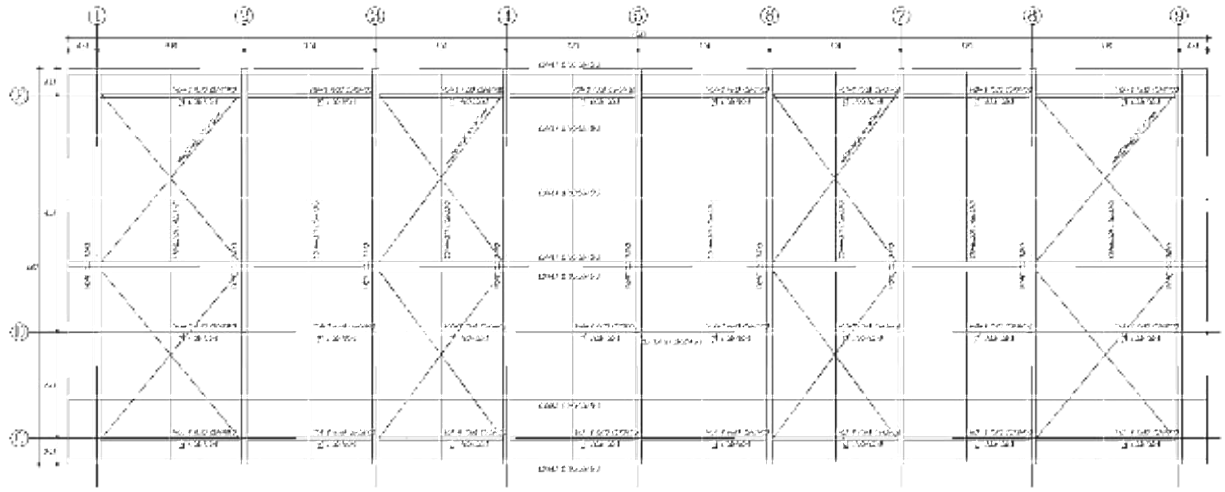
La cubierta para la Estación de Bombas tiene un ancho de 8.00 metros con voladas de 0.50 metros a cada lado y una longitud que cubre todo el ancho de la Cisterna.

La estructura será anclada a las paredes de la Cisterna, estructurada con tubos de acero de 150x150mm (columnas y vigas principales), de 100x100mm (parantes, vigas secundarias) y correas G 100x50x15mm.

Para los pórticos metálicos de la cubierta se ha previsto la utilización de perfiles de acero ASTM A-36 con fy= 2520 kg/cm2.

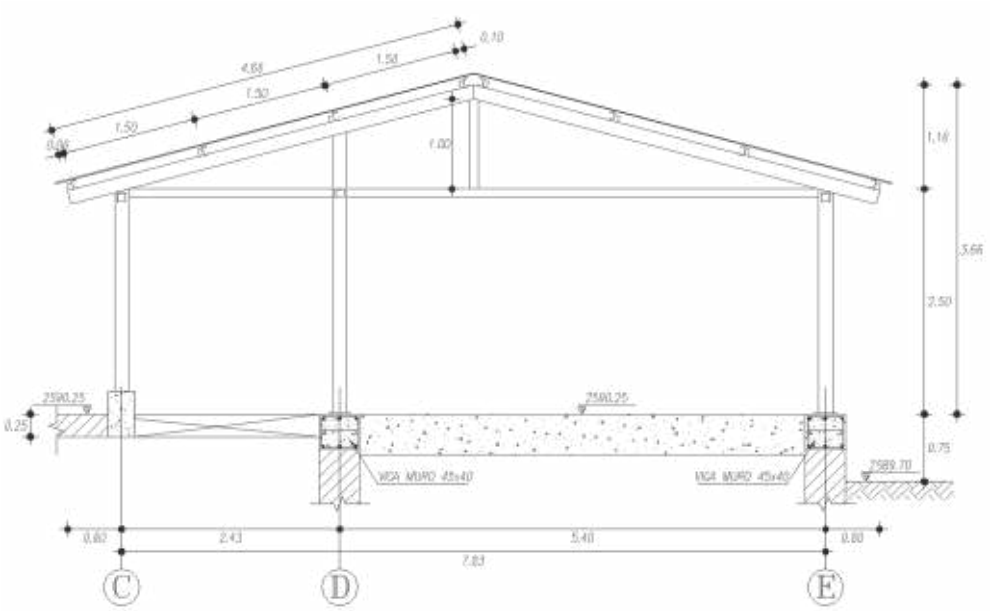
Se considera una sobrecarga de grúa de 2T.

FIGURA 123. **CUBIERTA METÁLICA SOBRE CISTERNA**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

FIGURA 124. **PÓRTICO TIPO-CUBIERTA 1**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.3.1 DISEÑO DE PÓRTICOS

Los pórticos de la cubierta están conformados de estructura metálica tienen la característica de ser livianos.

Parámetros de diseño:

Los parámetros asumidos son:

Resistencia del Hormigón		f'c =	280 kg/cm2
Fluencia del Acero de refuerzo	fy =	4200	kg/cm2
Fluencia del Acero A36		fy =	2520 kg/cm2
Capacidad portante del suelo		σadm. =	37.1 t/m2

6.3.2 CARGAS CALCULADAS EN PÓRTICOS PRINCIPALES Y CUBIERTA

6.3.2.1 CARGA MUERTA

Se incluye aquí las cargas de peso propio de la estructura, así como cargas que se consideren permanentes durante la vida útil de la estructura.

C muerta 1 = 4.00 kg/m2

C muerta 2 = 6.00 kg/m2

C. MUERTA TOTAL = 10.00 kg/m2

6.3.2.2 CARGA VIVA

La sobrecarga utilizada depende del tipo de la estructura, para lo cual se ha revisado la sección 4.2.1 NEC-SE-C.

CARGA VIVA = 70.00 Kg/m2

6.3.2.3 CARGA DE GRANIZO

Según la sección 3.2.5 NEC-SE-CG, para cubiertas con pendiente de 15 % se debe considerar una carga mínima de 50 Kg/m2.

6.3.2.4 CARGA DE VIENTO

Se considera la sección 3.2.4 NEC-SE-CG, en donde se tiene:

El valor asumido es 40.00 Kg/m2.

Entonces se tiene:

Carga muerta: 0,01 T/m2

Carga viva: 0,07 T/m2

Carga granizo: 0,05 T/m2

Carga viento: 0,04 T/m2

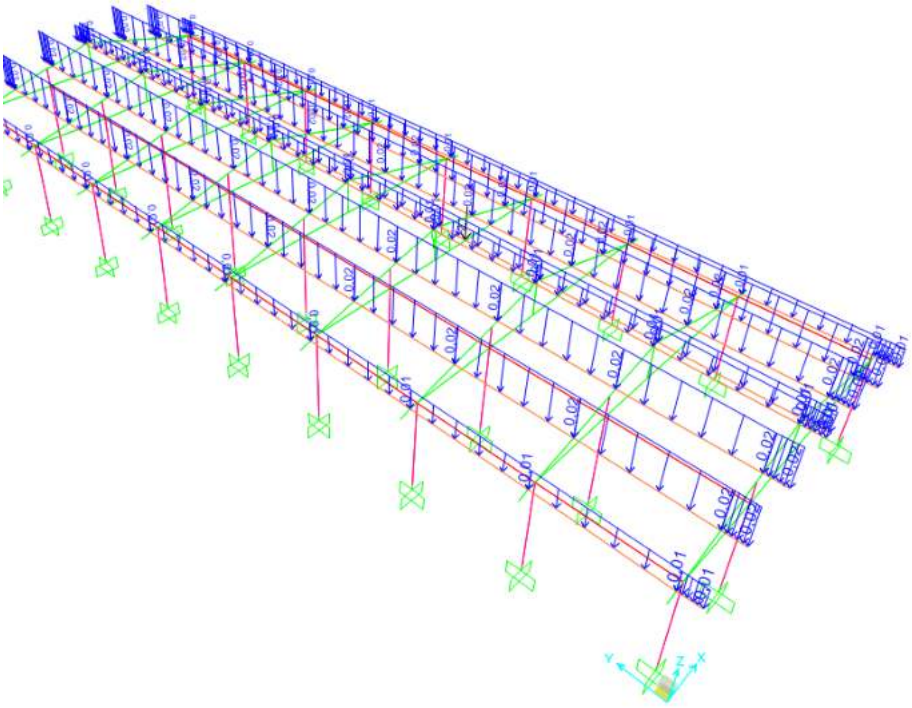
TABLA 114. ***CUADRO DE CARGAS EN CORREAS***

#	ANCHO	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA
1	1,0	0,01	0,07	0,05	0,04	0,16
2	1,5	0,02	0,11	0,08	0,06	0,26
3	1,5	0,02	0,11	0,08	0,06	0,26
4	0,9	0,01	0,06	0,04	0,03	0,14
5	0,9	0,01	0,06	0,04	0,03	0,14
6	1,5	0,02	0,11	0,08	0,06	0,26
7	1,5	0,01	0,10	0,07	0,06	0,25
8	0,9	0,01	0,06	0,05	0,04	0,15

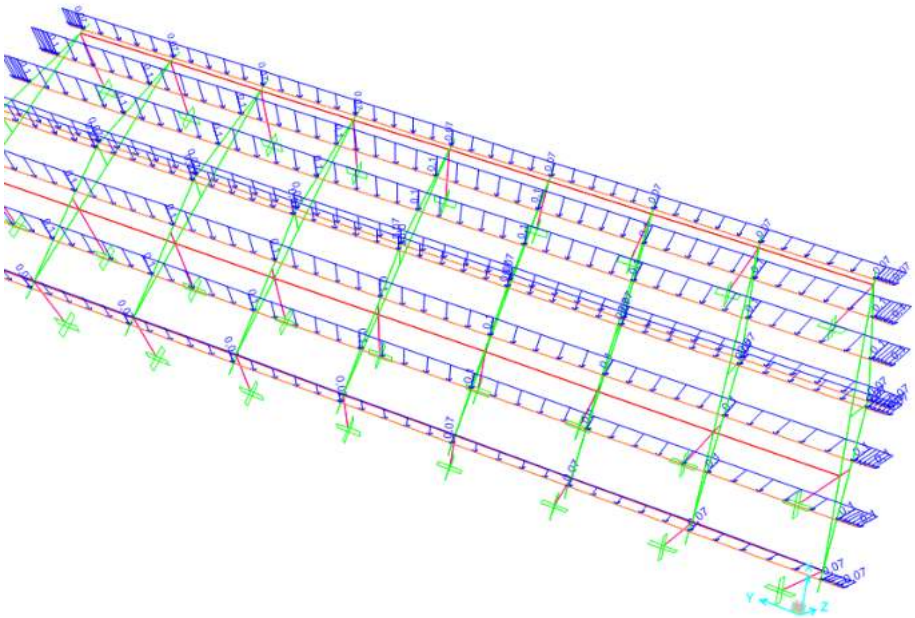
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.3.3 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA:

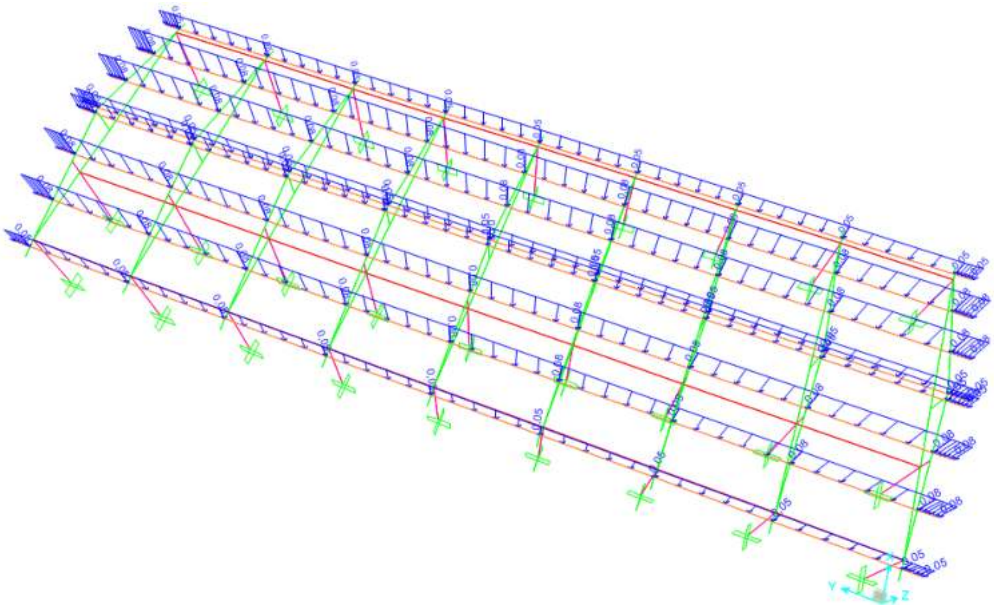
6.3.3.1 CARGA MUERTA



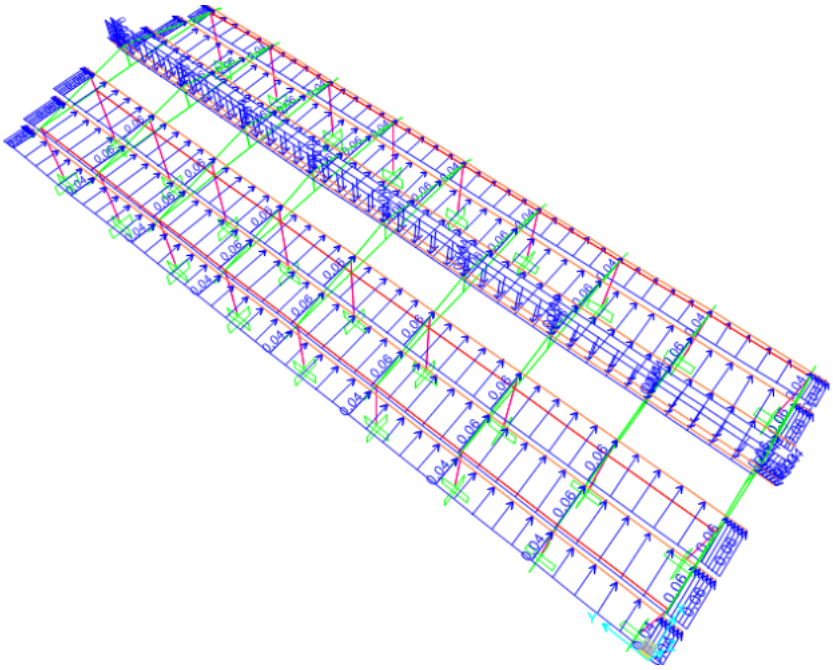
6.3.3.2 CARGA VIVA



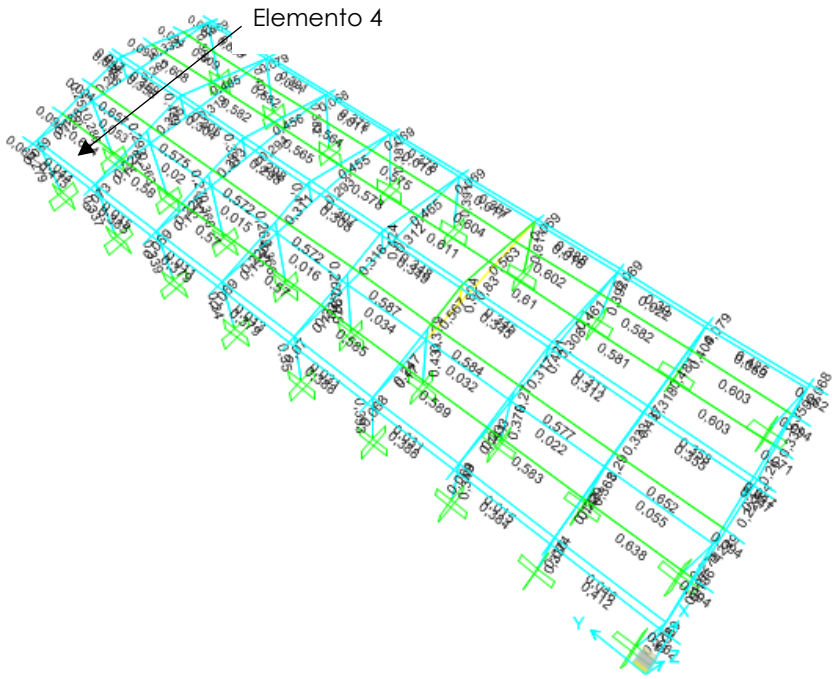
6.3.3.3 CARGA DE GRANIZO



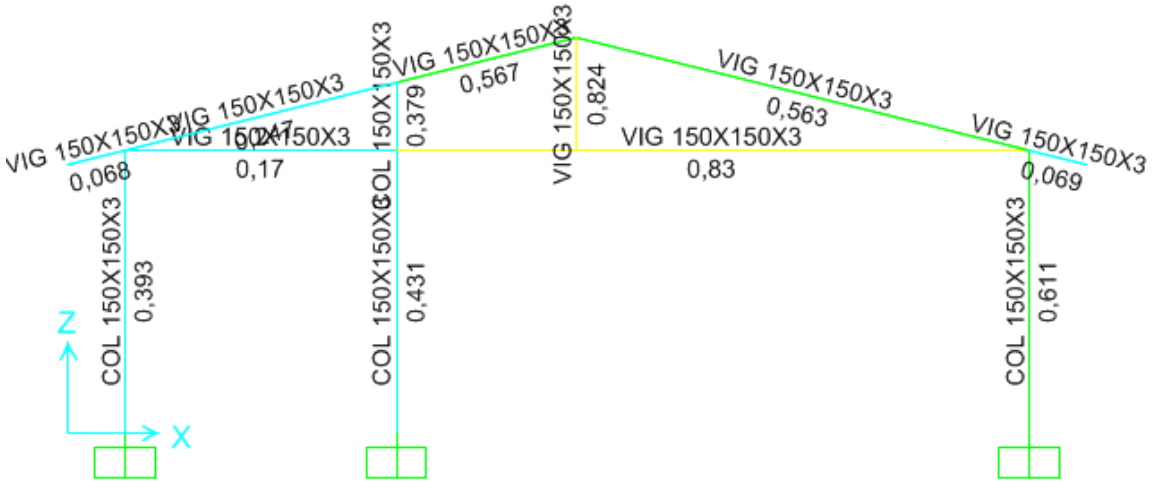
6.3.3.4 CARGA DE VIENTO



6.3.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS (3D)



6.3.4 GRÁFICOS DEMANDA / CAPACIDAD



6.3.4.1 ELEMENTO 1

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 16	X Mid: 8,500	Combo: DSTL3	Design Type: Column
Length: 2,500	Y Mid: 9,620	Shape: COL 150X150X3	Frame Type: OMF
Loc : 2,500	Z Mid: 1,250	Class: Slender	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,075	AlphaPr/Pe=0,016	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		
A=0,002	I33=6,356E-06	r33=0,060	S33=8,474E-05	Av3=9,000E-04
J=9,530E-06	I22=6,356E-06	r22=0,060	S22=8,474E-05	Av2=9,000E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=9,725E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=9,725E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL3)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2,500	-3,360	-0,979	1,978E-04	0,667	-2,561E-04	-8,248E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,611 = 0,054 + 0,556 + 0,000
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,318
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,421

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,213

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-3,360	30,895	40,166

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,979	1,759	1,759	2,214
Minor Moment	1,978E-04	1,759		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-8,248E-05	1,967	1,475

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,667	11,558	0,058	OK
Minor Shear	2,561E-04	11,558	2,216E-05	OK

6.3.4.2 ELEMENTO 2

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 211	X Mid: 6,500	Combo: DSTL2	Design Type: Brace
Length: 4,123	Y Mid: 9,620	Shape: VIG 150X150X3	Frame Type: OMF
Loc : 0,000	Z Mid: 3,000	Class: Slender	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,138	AlphaPr/Pe=0,082	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=0,002	I33=6,356E-06	r33=0,060	S33=8,474E-05	Av3=9,000E-04
J=9,530E-06	I22=6,356E-06	r22=0,060	S22=8,474E-05	Av2=9,000E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=9,725E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=9,725E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	-6,142	-0,659	0,003	-1,348	3,851E-04	0,003

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,563 = 0,228 + 0,333 + 0,002
= (Pr/Pc) + (8/9)(Mr33/Mc33) + (8/9)(Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,350	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	0,350	1,000	1,007

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-6,142	26,897	40,166

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,659	1,759	1,759	2,214
Minor Moment	0,003	1,759		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	0,003	1,967	1,475

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	1,348	11,558	0,117	OK
Minor Shear	3,851E-04	11,558	3,332E-05	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-6,700	0,000

6.3.4.3 ELEMENTO 3

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 254	X Mid: 5,700	Combo: DSTL1	Design Type: Beam
Length: 5,600	Y Mid: 9,620	Shape: VIG 150X150X3	Frame Type: OMF
Loc : 1,600	Z Mid: 2,500	Class: Slender	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,950 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,112 AlphaPr/Pe=0,122 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		
A=0,002	I33=6,356E-06	r33=0,060	S33=8,474E-05	Av3=9,000E-04
J=9,530E-06	I22=6,356E-06	r22=0,060	S22=8,474E-05	Av2=9,000E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=9,725E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=9,725E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL1)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1,600	4,984	-1,350	4,736E-04	-2,184	2,211E-04	3,391E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,830 = 0,062 + 0,768 + 0,000
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0,714	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,742

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	4,984	22,351	40,166

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-1,350	1,759	1,759	2,214
Minor Moment	4,736E-04	1,759		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	3,391E-04	1,967	1,475

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	2,184	11,558	0,189	OK
Minor Shear	2,211E-04	11,558	1,913E-05	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,611	0,694

6.3.4.4 ELEMENTO 4

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 76	X Mid: 3,100	Combo: DSTL3	Design Type: Beam
Length: 3,130	Y Mid: 23,185	Shape: G 100X50X15X3	Frame Type: OMF
Loc : 0,000	Z Mid: 3,150	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,011	AlphaPr/Pe=0,033	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=7,020E-04	I33=1,110E-06	r33=0,040	S33=2,219E-05	Av3=3,085E-04
J=0,000	I22=0,000	r22=0,020	S22=8,687E-06	Av2=3,341E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=2,598E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=1,246E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL3)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	-0,194	-0,200	0,048	-0,369	0,094	-1,166E-06

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,657 = 0,022 + 0,395 + 0,240
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,390

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0,194	4,377	15,985

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,200	0,505	0,505	0,505
Minor Moment	0,048	0,198		

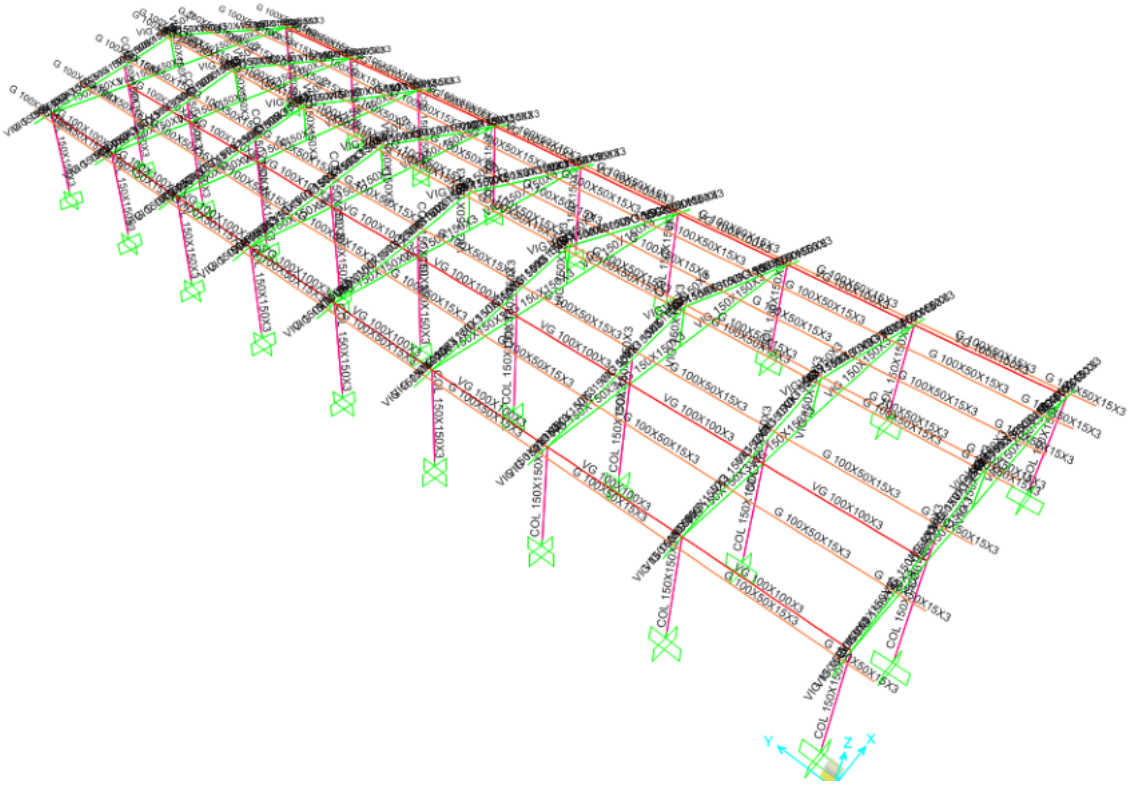
SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,369	4,564	0,081	OK
Minor Shear	0,094	4,215	0,022	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,466	0,431

6.3.4.5 PERFILES UTILIZADOS EN EL DISEÑO



6.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

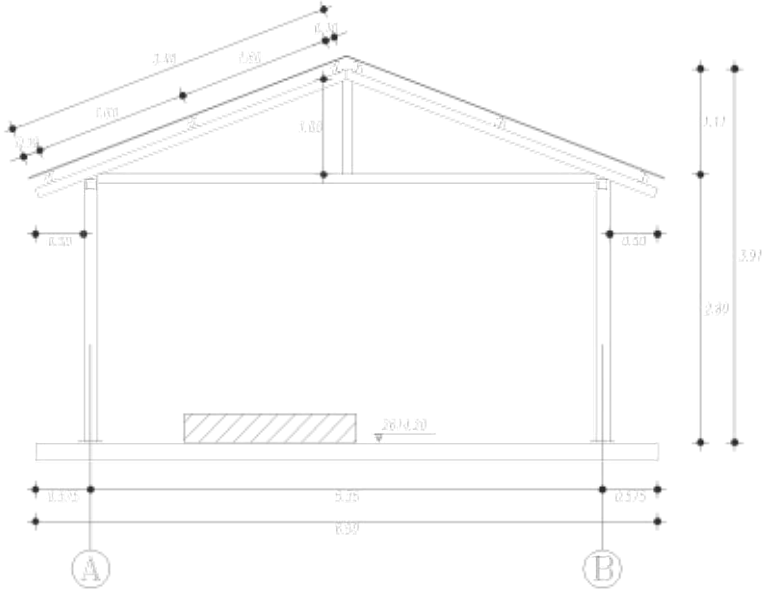
Los valores marcados anteriormente, corresponden a la relación demanda/capacidad, lo cual indica que son menor a 1, esto quiere decir que el perfil en análisis se encuentra trabajando dentro del rango admisible.

6.4 CUBIERTA METÁLICA ESTACIÓN DE BOMBEO 2

La estructura es tubular y está anclada a la losa de cimentación. La cubierta tiene un ancho de 5.35 metros con voladas de 0.50 metros a cada lado y una longitud de 13.00 metros que cubre todo el largo de la losa.

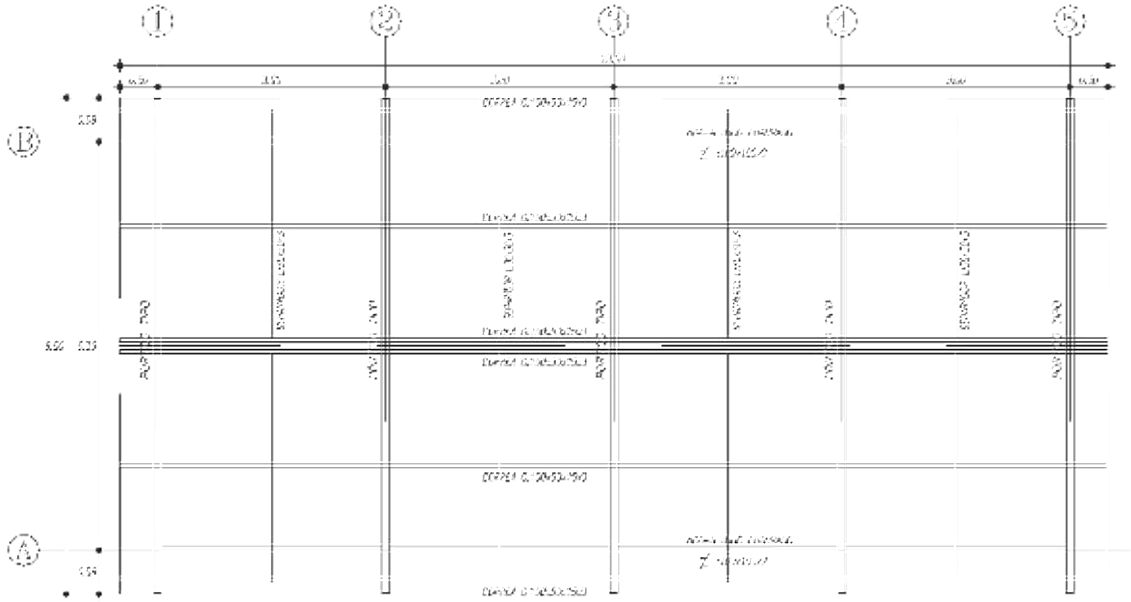
Las cargas de columnas que deposita en la losa inferior son bajas por lo tanto la cimentación está conformada con armadura mínima.

FIGURA 125. **PÓRTICO TIPO ESTACIÓN DE BOMBEO**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

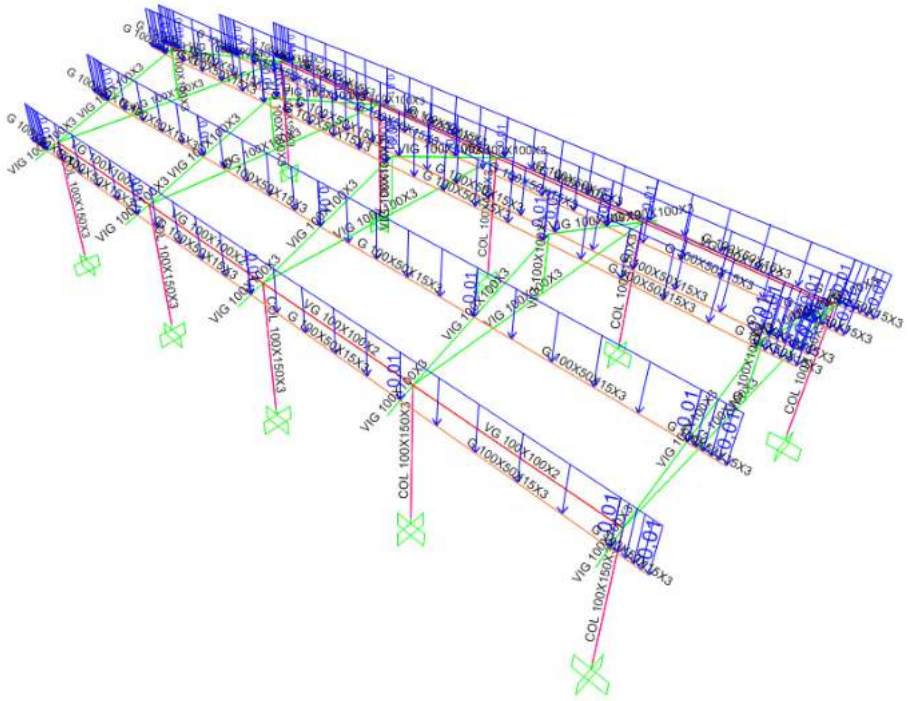
FIGURA 126. **PLANTA CUBIERTA METÁLICA ESTACIÓN DE BOMBEO 2**



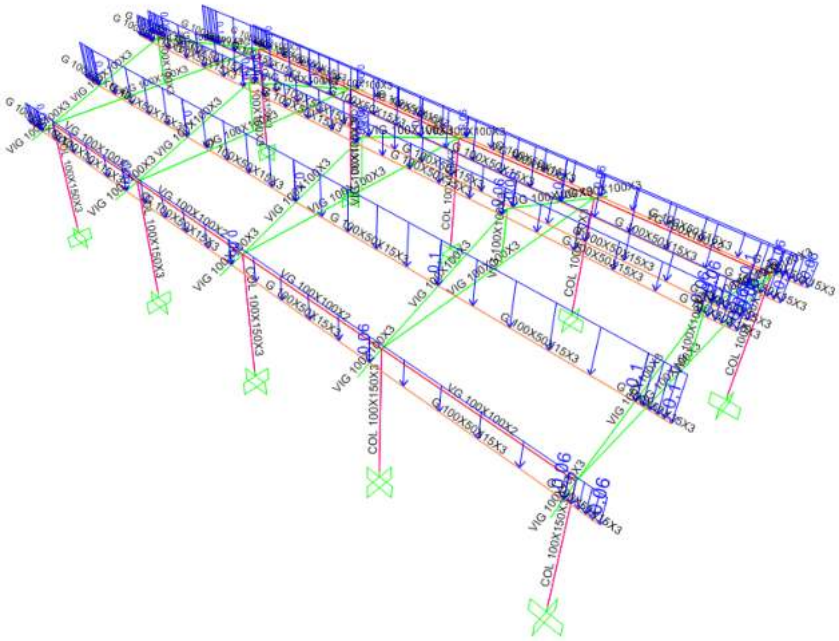
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.4.1 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA:

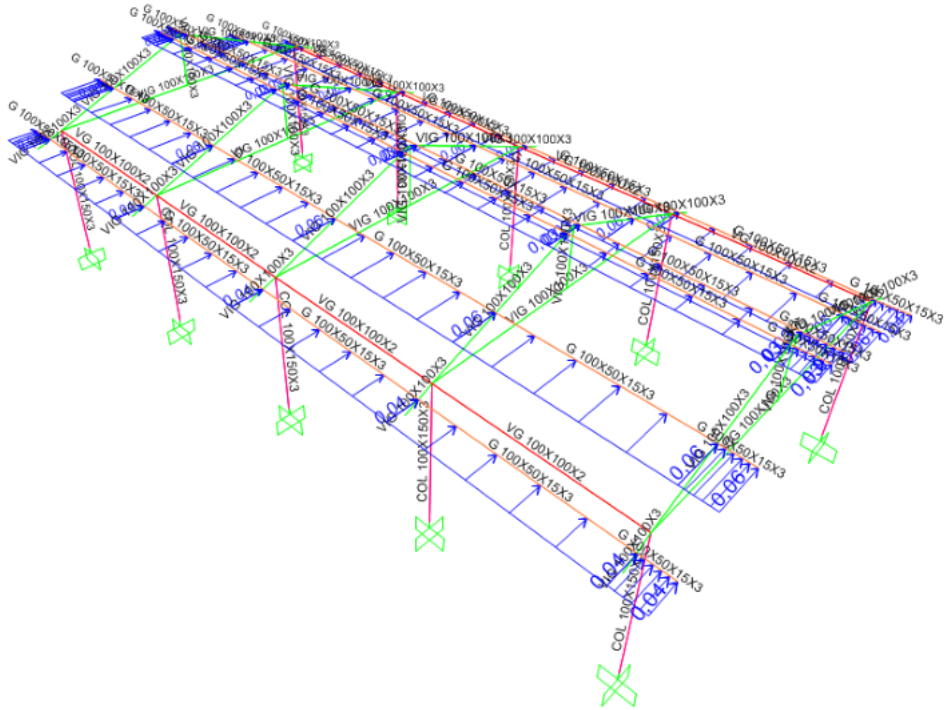
6.4.1.1 CARGA MUERTA



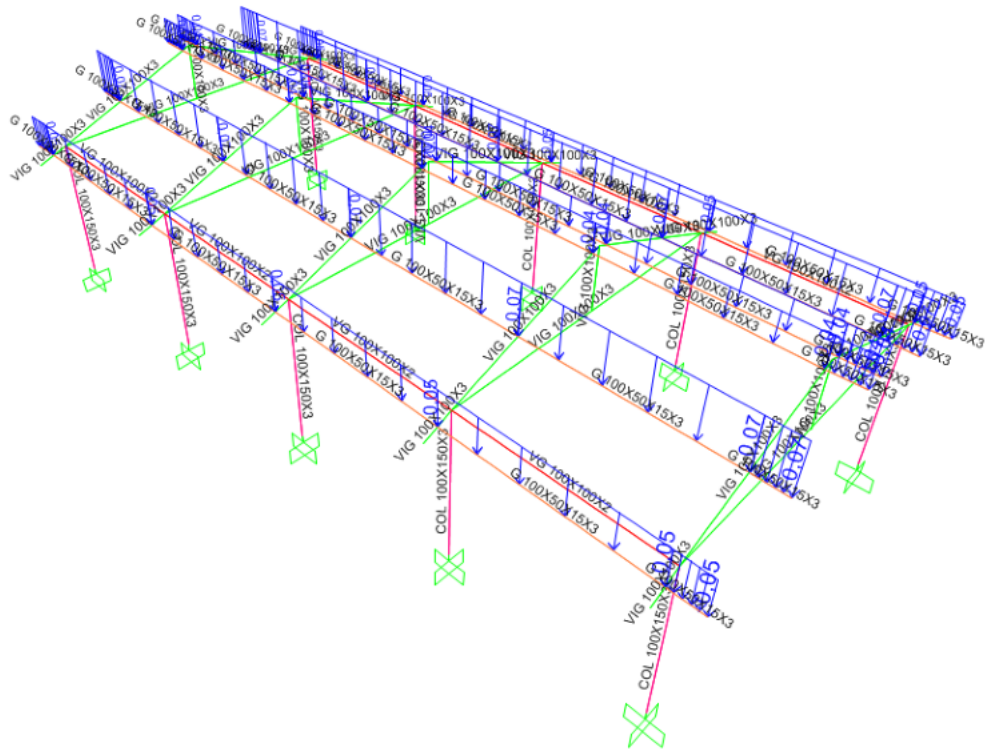
6.4.1.2 CARGA VIVA



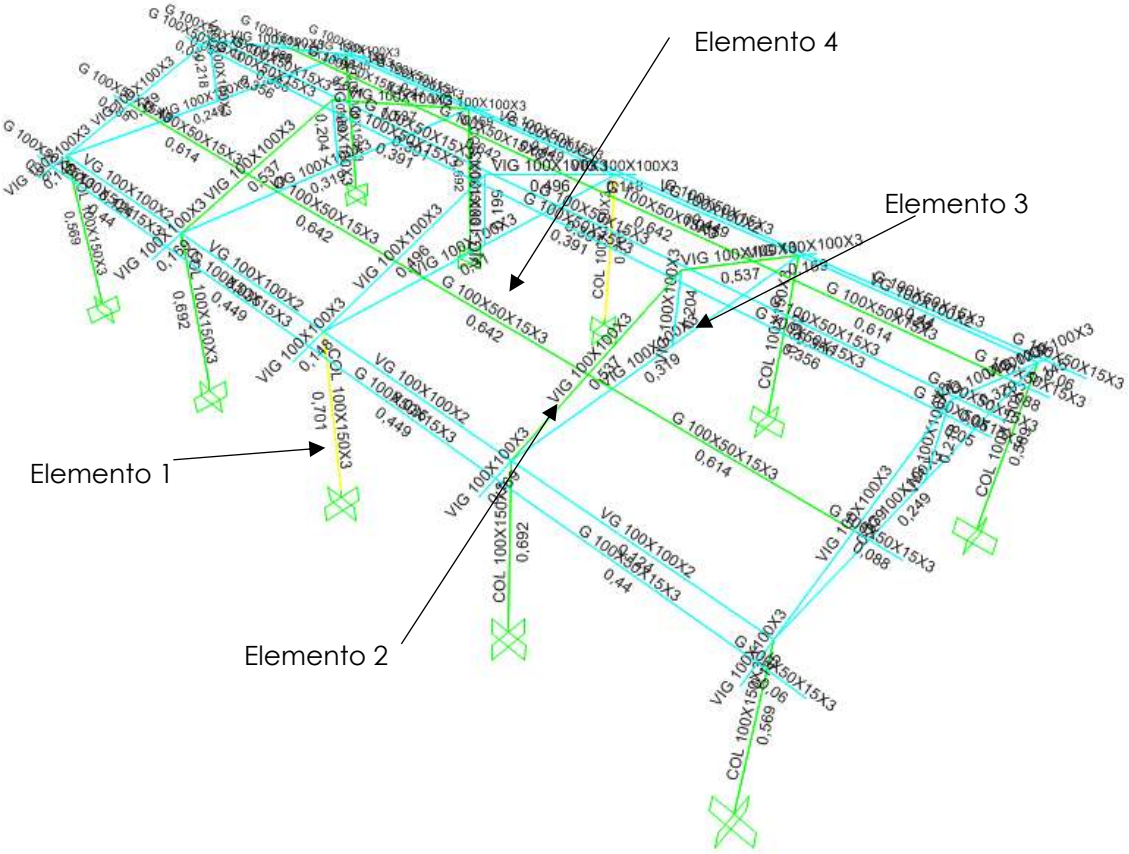
6.4.1.3 CARGA VIENTO



6.4.1.4 CARGA GRANIZO



6.4.2 GRÁFICOS CAPACIDAD – DEMANDA



6.4.2.1 ELEMENTO 1

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 53	X Mid: 0,500	Combo: DSTL4	Design Type: Column
Length: 2,700	Y Mid: 6,950	Shape: COL 100X150X3	Frame Type: OMF
Loc : 2,700	Z Mid: 1,350	Class: Slender	Princpl Rot: 90,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,049	AlphaPr/Pe=0,026	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		
A=0,001	I33=2,533E-06	r33=0,042	S33=5,066E-05	Av3=9,000E-04
J=5,000E-06	I22=4,735E-06	r22=0,057	S22=6,313E-05	Av2=6,000E-04
Ixy=0,000	Imax=4,735E-06	rmax=0,057	Smax=6,313E-05	
Rot= 90 deg	Imin=2,533E-06	rmin=0,042	Smin=5,066E-05	
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=5,690E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=7,520E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL4)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2,700	-1,820	-0,691	0,000	0,458	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,701 = 0,038 + 0,663 + 0,000
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,284
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,230

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-1,820	23,811	33,335

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,691	1,043	1,043	1,296
Minor Moment	0,000	1,712		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	0,000	1,297	0,973

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,458	7,459	0,061	OK
Minor Shear	0,000	11,558	0,000	OK

6.4.2.2 ELEMENTO 2

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 65	X Mid: 1,900	Combo: DSTL4	Design Type: Brace
Length: 3,008	Y Mid: 10,150	Shape: VIG 100X100X3	Frame Type: OMF
Loc : 3,008	Z Mid: 3,250	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,081	AlphaPr/Pe=0,059	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=0,001	I33=1,827E-06	r33=0,040	S33=3,654E-05	Av3=6,000E-04
J=2,738E-06	I22=1,827E-06	r22=0,040	S22=3,654E-05	Av2=6,000E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=4,235E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=4,235E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL4)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
3,008	-2,383	-0,429	0,026	0,444	-0,030	-0,007

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,537 = 0,064 + 0,445 + 0,027
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,518	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	0,518	1,000	1,374

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-2,383	18,481	26,504

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,429	0,964	0,964	0,964
Minor Moment	0,026	0,964		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-0,007	0,855	0,642

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,444	7,459	0,059	OK
Minor Shear	0,030	7,459	0,004	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-2,383	0,000

6.4.2.3 ELEMENTO 3

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 28	X Mid: 3,300	Combo: DSTL4	Design Type: Beam
Length: 5,600	Y Mid: 3,750	Shape: VIG 100X100X3	Frame Type: OMF
Loc : 5,600	Z Mid: 2,700	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,950 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,069 AlphaPr/Pe=0,173 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		
A=0,001	I33=1,827E-06	r33=0,040	S33=3,654E-05	Av3=6,000E-04
J=2,738E-06	I22=1,827E-06	r22=0,040	S22=3,654E-05	Av2=6,000E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=4,235E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=4,235E-05	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL4)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
5,600	2,026	0,256	-0,015	-0,107	0,008	-0,001

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,319 = 0,038 + 0,266 + 0,015
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,382

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	2,026	8,740	26,504

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,256	0,964	0,964	0,964
Minor Moment	-0,015	0,964		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-0,001	0,855	0,642

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,107	7,459	0,014	OK
Minor Shear	0,008	7,459	0,001	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,121	0,121

6.4.2.4 ELEMENTO 4

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 102	X Mid: 1,700	Combo: DSTL3	Design Type: Beam
Length: 3,200	Y Mid: 5,350	Shape: G 100X50X15X3	Frame Type: OMF
Loc : 0,000	Z Mid: 3,171	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,005	AlphaPr/Pe=0,015	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=7,020E-04	I33=1,110E-06	r33=0,040	S33=2,219E-05	Av3=3,085E-04
J=0,000	I22=0,000	r22=0,020	S22=8,687E-06	Av2=3,341E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=2,598E-05	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=1,246E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL3)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	0,085	-0,183	0,055	-0,328	0,098	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,642 = 0,003 + 0,361 + 0,278
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,662

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0,085	4,188	15,985

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,183	0,505	0,505	0,505
Minor Moment	0,055	0,198		

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,328	4,564	0,072	OK
Minor Shear	0,098	4,215	0,023	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,426	0,414

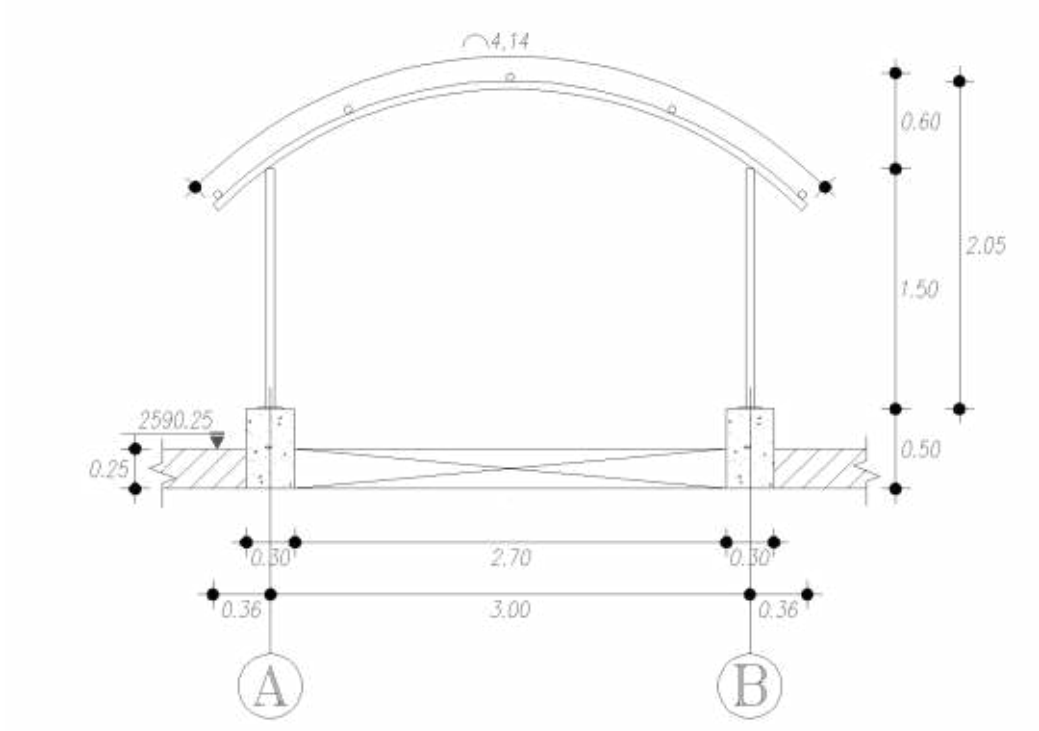
6.4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores marcados anteriormente, corresponden a la relación demanda/capacidad, lo cual indica que son menor a 1, esto quiere decir que el perfil en análisis se encuentra trabajando dentro del rango admisible.

6.5 CUBIERTA METÁLICA CURVA SOBRE PISCINA DE LIXIVIADOS

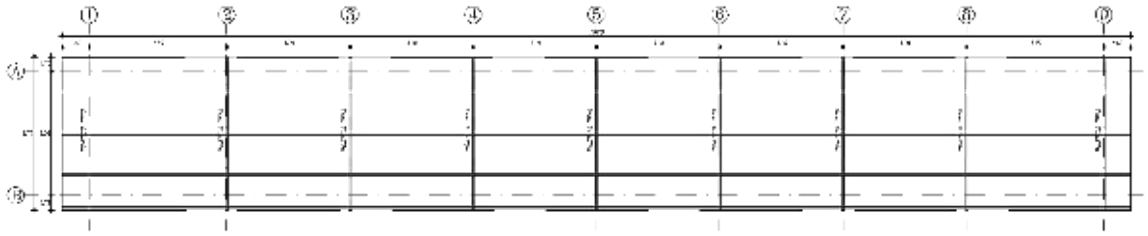
La estructura metálica es curva, conformada por tubos redondos y está anclada a las vigas longitudinales de la Cisterna. La cubierta tiene un ancho de 3.00 metros con voladas de 0.30 metros a cada lado y una longitud de 26.00 metros.

FIGURA 127. **PÓRTICO TIPO CUBIERTA CURVA**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

FIGURA 128. **PLANTA TIPO CUBIERTA CURVA METÁLICA**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.5.1 DISEÑO DE PÓRTICOS

Los pórticos de esta cubierta están conformados de estructura metálica q tienen la característica de ser livianos.

Parámetros de diseño:

Los parámetros asumidos son:

Resistencia del Hormigón	f'c =	280	kg/cm2
Fluencia del Acero de refuerzo	fy =	4200	kg/cm2
Fluencia del Acero A36	fy =	2520	kg/cm2

6.5.2 CARGAS CALCULADAS EN PÓRTICOS PRINCIPALES Y CUBIERTA

6.5.2.1 CARGA MUERTA

Se incluye aquí las cargas de peso propio de la estructura, así como cargas que se consideren permanentes durante la vida útil de la estructura.

C muerta 1	= 4.00	kg/m2
C muerta 2	= 6.00	kg/m2
C. MUERTA TOTAL	= 10.00	kg/m2

6.5.2.2 CARGA VIVA

La sobrecarga utilizada depende del tipo de la estructura, para lo cual se ha revisado la sección 4.2.1 NEC-SE-C.

CARGA VIVA = 25.00 Kg/m2 (Para cubierta liviana)

Entonces se tiene:

Carga muerta: 0,01 T/m2

Carga viva: 0,025 T/m2

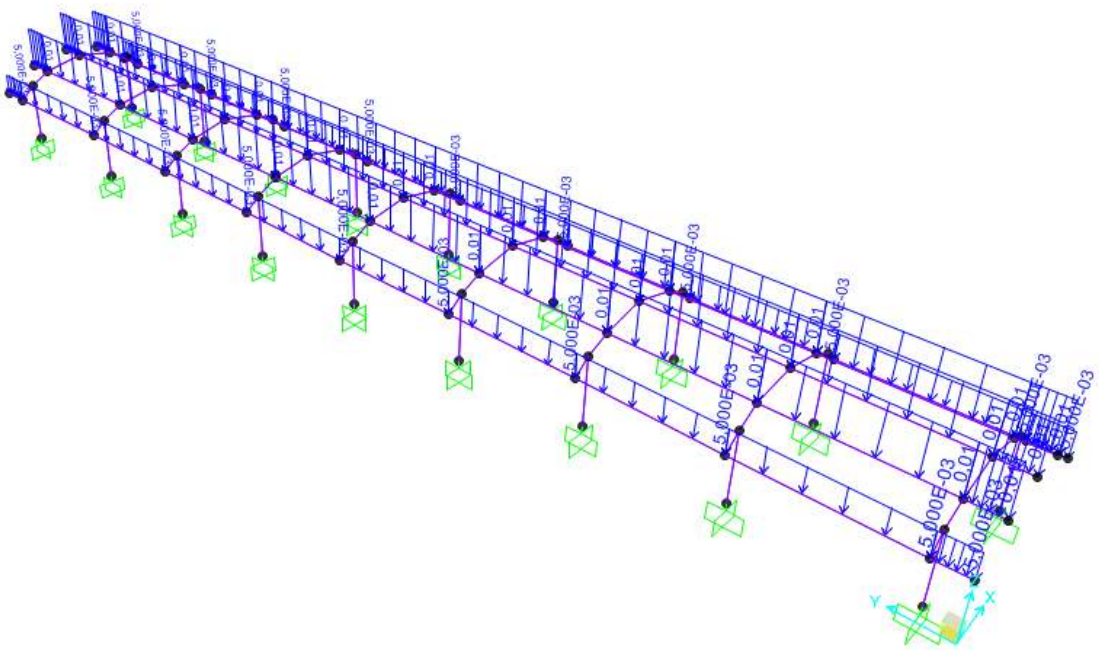
TABLA 115. ***CUADRO DE CARGAS EN CORREAS***

#	ANCHO	CARGA M	CARGA V
1	0,50	0,005	0,015
2	1,0	0,01	0,03
3	1,0	0,01	0,03
4	1,0	0,01	0,03
5	0,50	0,005	0,015

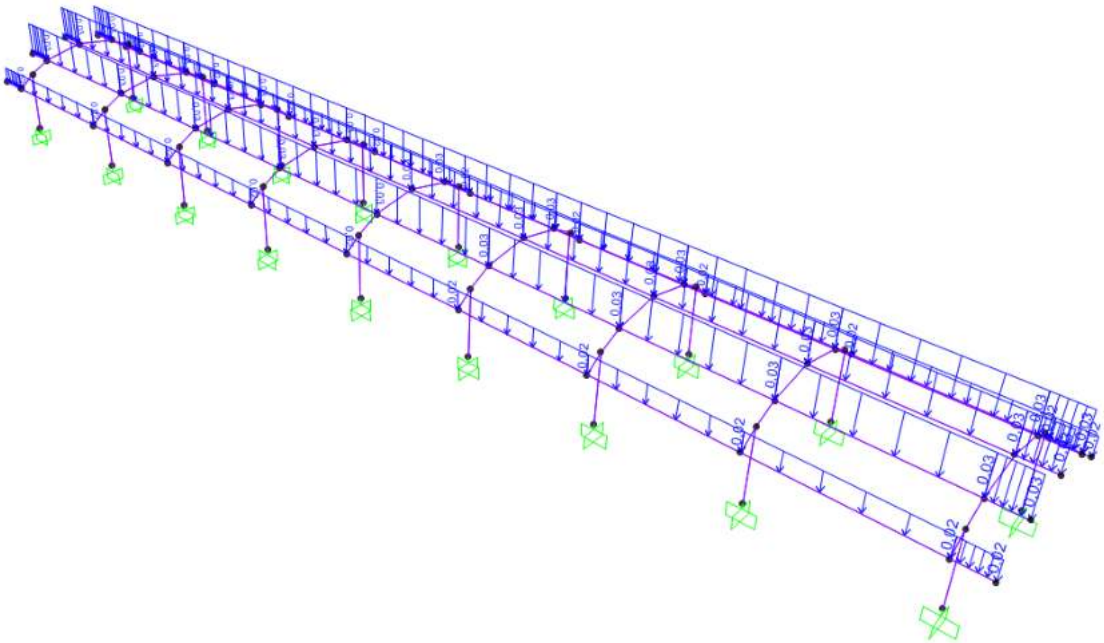
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.5.3 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA:

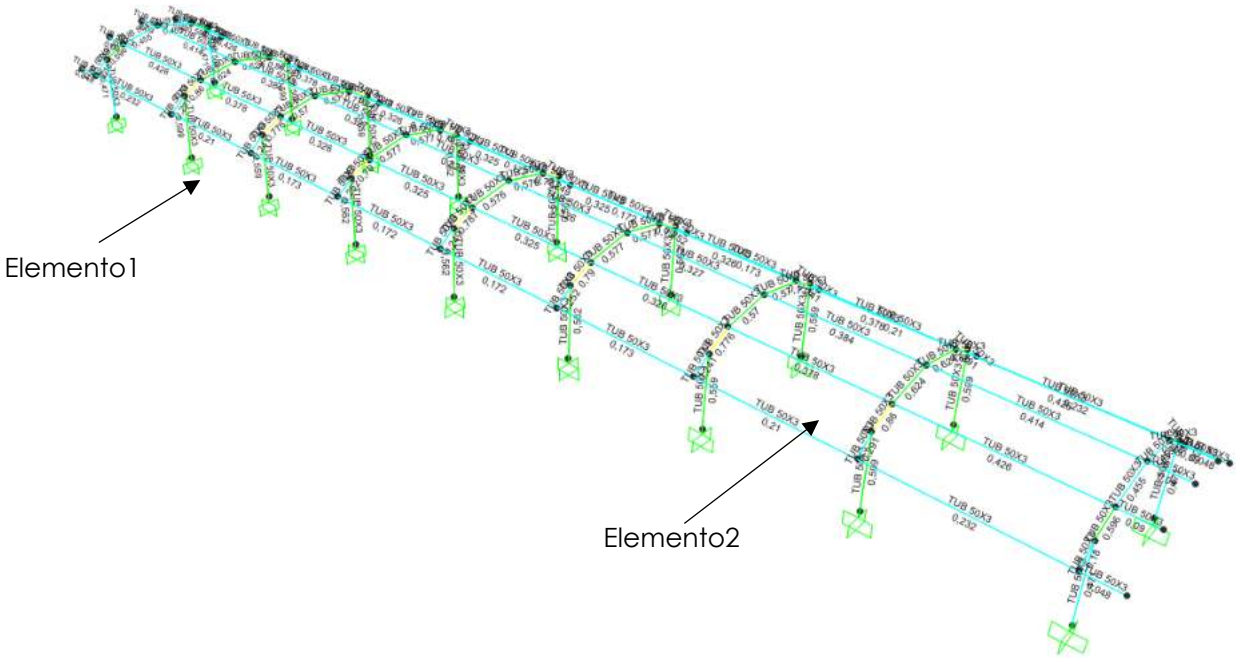
6.5.3.1 CARGA MUERTA



6.5.3.2 CARGA VIVA



6.5.4 GRÁFICOS DEMANDA/CAPACIDAD



6.5.4.1 ELEMENTO 1

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 39	X Mid: 0,360	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 1,536	Y Mid: 19,000	Shape: TUB 50X3	Frame Type: OMF
Loc : 1,536	Z Mid: 0,768	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,035	AlphaPr/Pe=0,037	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=4,430E-04	I33=0,000	r33=0,017	S33=4,912E-06	Av3=2,221E-04
J=0,000	I22=0,000	r22=0,017	S22=4,912E-06	Av2=2,221E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=6,636E-06	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=6,636E-06	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1,536	-0,391	0,080	-0,002	-0,091	0,002	3,283E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,559 = 0,032 + 0,527 + 0,012
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,300
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,410

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,222

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0,391	6,089	10,086

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,080	0,151	0,151	0,151
Minor Moment	-0,002	0,151		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	3,283E-04	0,158	0,119

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,091	3,026	0,030	OK
Minor Shear	0,002	3,026	0,001	OK

6.5.4.2 ELEMENTO 2

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 15	X Mid: 0,610	Combo: DSTL2	Design Type: Brace
Length: 0,568	Y Mid: 4,000	Shape: TUB 50X3	Frame Type: OMF
Loc : 0,000	Z Mid: 1,670	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0,950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,022	AlphaPr/Pe=0,003	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800
Ignore Seismic Code? No		Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes

SDC: D	I=1,000	Rho=1,000	Sds=0,500	
R=8,000	Omega0=3,000	Cd=5,500		
PhiB=0,900	PhiC=0,850	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750	
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,750		

A=4,430E-04	I33=0,000	r33=0,017	S33=4,912E-06	Av3=2,221E-04
J=0,000	I22=0,000	r22=0,017	S22=4,912E-06	Av2=2,221E-04
E=20389019,16	fy=25300,000	Ry=1,528	z33=6,636E-06	
RLLF=1,000	Fu=45699,530		z22=6,636E-06	

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,000	-0,246	-0,128	7,999E-06	-0,242	-0,010	0,006

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,860 = 0,014 + 0,847 + 0,005
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,573
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,649

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,749

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0,246	8,961	10,086

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,128	0,151	0,151	0,151
Minor Moment	7,999E-04	0,151		

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	0,006	0,158	0,119

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0,242	3,026	0,080	OK
Minor Shear	0,010	3,026	0,003	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-0,246	0,000

6.5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores marcados anteriormente, corresponden a la relación demanda/capacidad, lo cual indica que son menor a 1, esto quiere decir que el perfil en análisis se encuentra trabajando dentro del rango admisible.

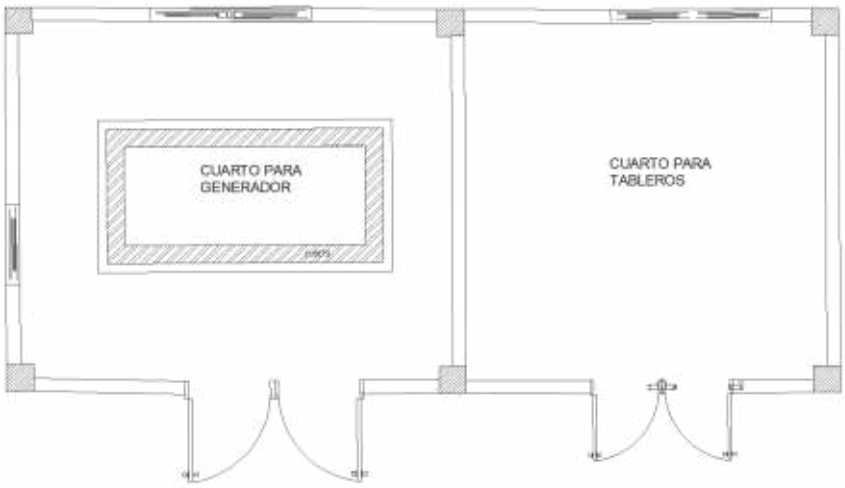
6.6 CÁMARA DEL GENERADOR Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

La capacidad portante del suelo se utilizará la recomendación de los parámetros del estudio geotécnico:

q adm = 37.10 t/m2 (capacidad portante del suelo)

El constructor deberá verificar que este valor asumido sea mayor o por lo menos igual, realizando un estudio de suelos el mismo que deberá ser certificado por un profesional competente, y en caso de obtenerse valores menores al asumido se deberá notificarlo para realizar los ajustes necesarios a fin de que la cimentación transmita las presiones de una forma adecuada al suelo.

FIGURA 129. **PLANTA CÁMARA DEL GENERADOR Y TABLEROS**



Fuente: Del Consultor en base a información entregada

6.6.1 NOMENCLATURA DE CARGAS:

Peso muerto	dead	
Carga Viva	qcv	
Carga muerta	qcm	carga muerta adicional

Carga distribuida (granizo) qgr sobre losa superior

Sismo Sx - Sy

La losa de cubierta es alivianada y se ha considerado como inaccesible al momento del diseño, para la modelación se ha considerado un espesor de losa maciza de altura equivalente a 0.1375m.

6.6.2 COMBINACIONES DE CARGA:

comb1 1,4(dead) + 1,4(qcm)

comb2 1,2(dead) + 1,2 (qcm) + 1,6 (qcv) + 0,5 (qgr)

comb3 1,2(dead) + 1,2 (qcm) + 1,6 (qgr) + 1,0 (qcv)

comb4 1,2(dead) + 1,2 (qcm) + 1,0 (qcv) + 0,5 (qgr)

comb5 1,2(dead) + 1,2 (qcm) + 1,0 (Sx) + 1,0 (qcv) + 0,2 (qgr)

comb6 1,2(dead) + 1,2 (qcm) + 1,0 (Sy) + 1,0 (qcv) + 0,2 (qgr)

comb7 0,9(dead) + 0,9 (qcm)

comb8 0,9(dead) + 0,9 (qcm) + 1,0 (Sx)

comb8 0,9(dead) + 0,9 (qcm) + 1,0 (Sy)

ENVOLV1,0(COMB1+1,0(COMB2)

6.6.3 CONSIDERACIONES DE MATERIALES

La estructura en su totalidad se encuentra conformada de hormigón armado.

Los parámetros asumidos son:

Resistencia del Hormigón f'c = 280 kg/cm2

Fluencia del Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2

6.6.4 CARGAS CALCULADAS

6.6.4.1 CARGA MUERTA

Se incluye aquí las cargas de peso propio de la estructura, así como cargas que se consideren permanentes durante la vida útil de la estructura.

Enlucido, masillado y recubrimiento losa superior = 132.00 kg/m2

6.6.4.2 CARGA VIVA

La sobrecarga utilizada depende del tipo de la estructura, para lo cual se ha revisado la sección 4.2.1 NEC-SE-DS.

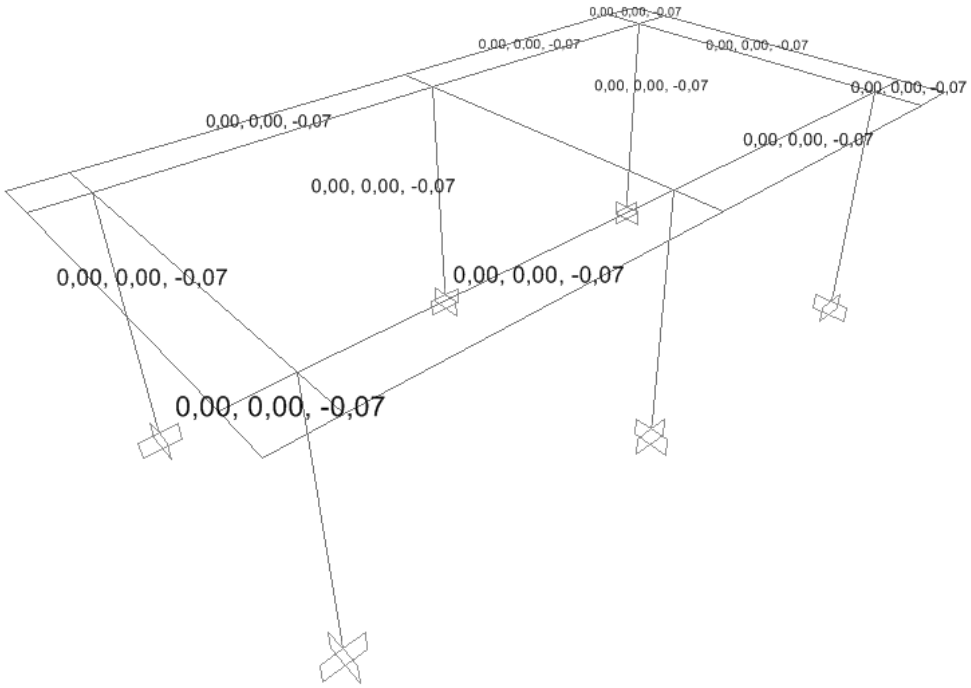
CARGA VIVA = 70.00 Kg/m2 (cubierta)

6.6.4.3 CARGA GRANIZO

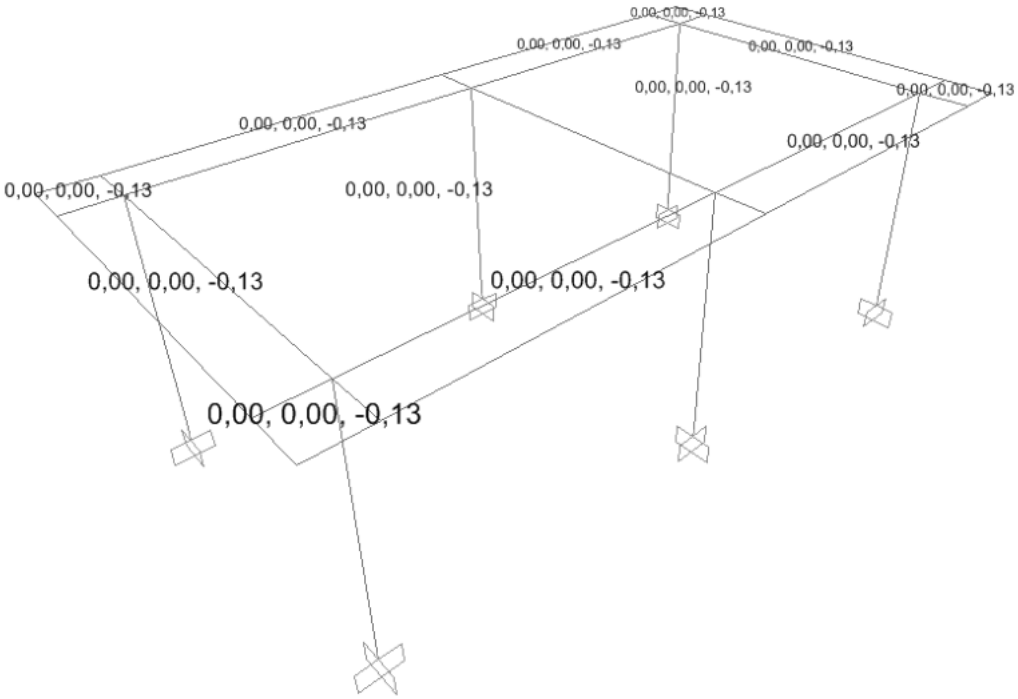
CARGA GRANIZO = 100.00 Kg/m2 (cubierta)

6.6.5 CARGAS APLICADAS

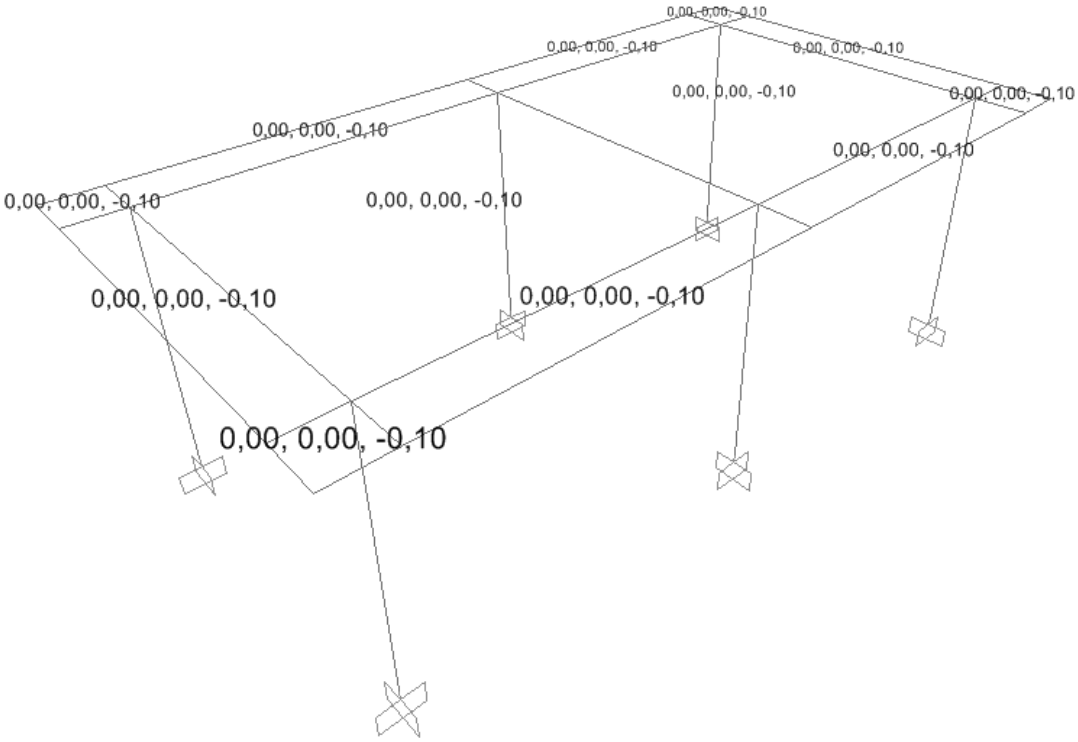
6.6.5.1 CARGA VIVA



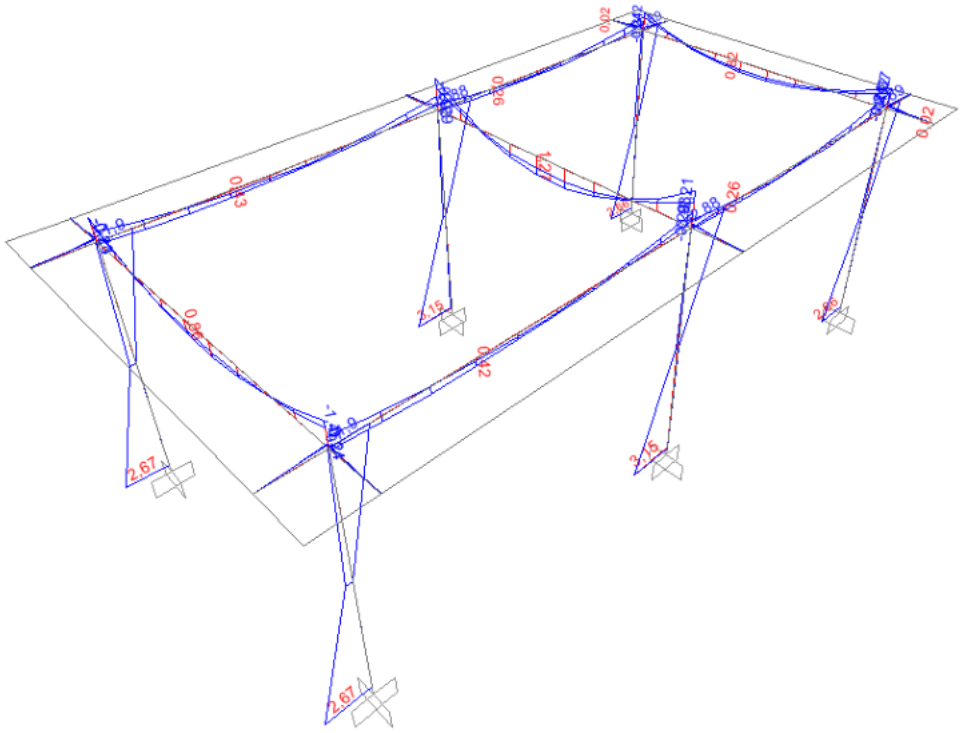
6.6.5.2 CARGA MUERTA



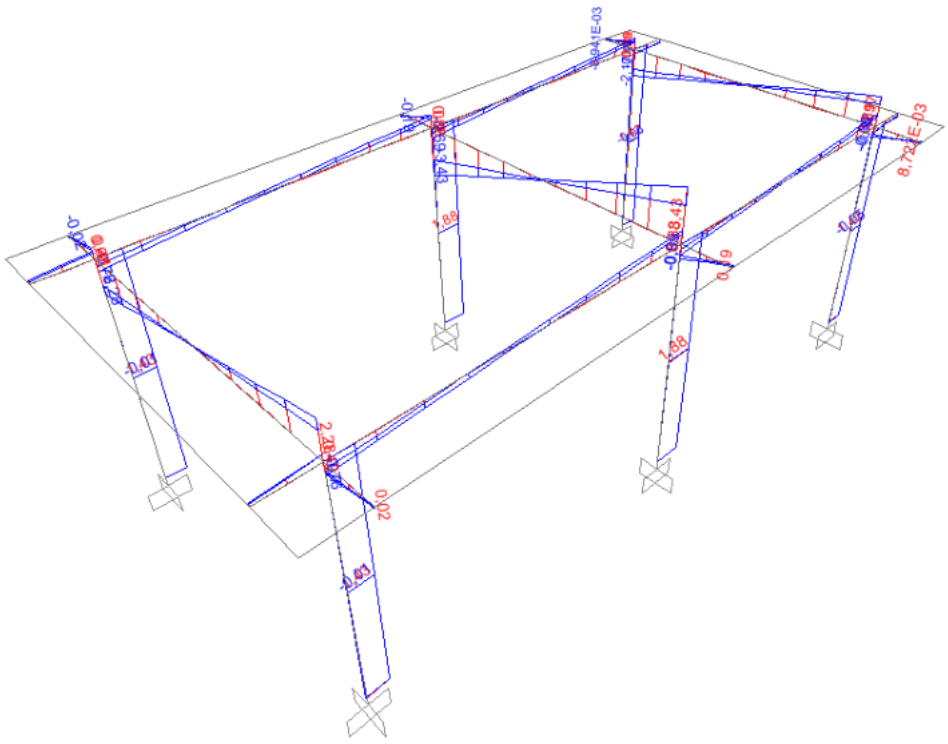
6.6.5.3 CARGA GRANIZO



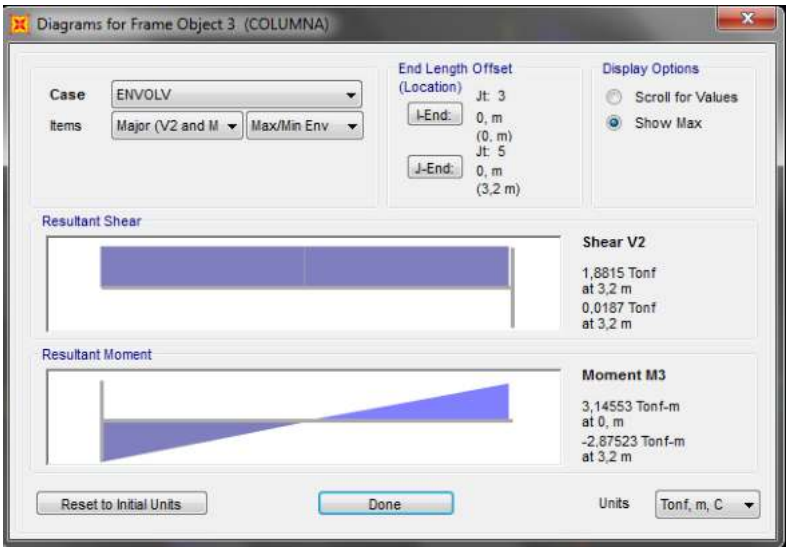
6.6.5.4 GRÁFICO DE MOMENTOS (ENVOLVENTE)



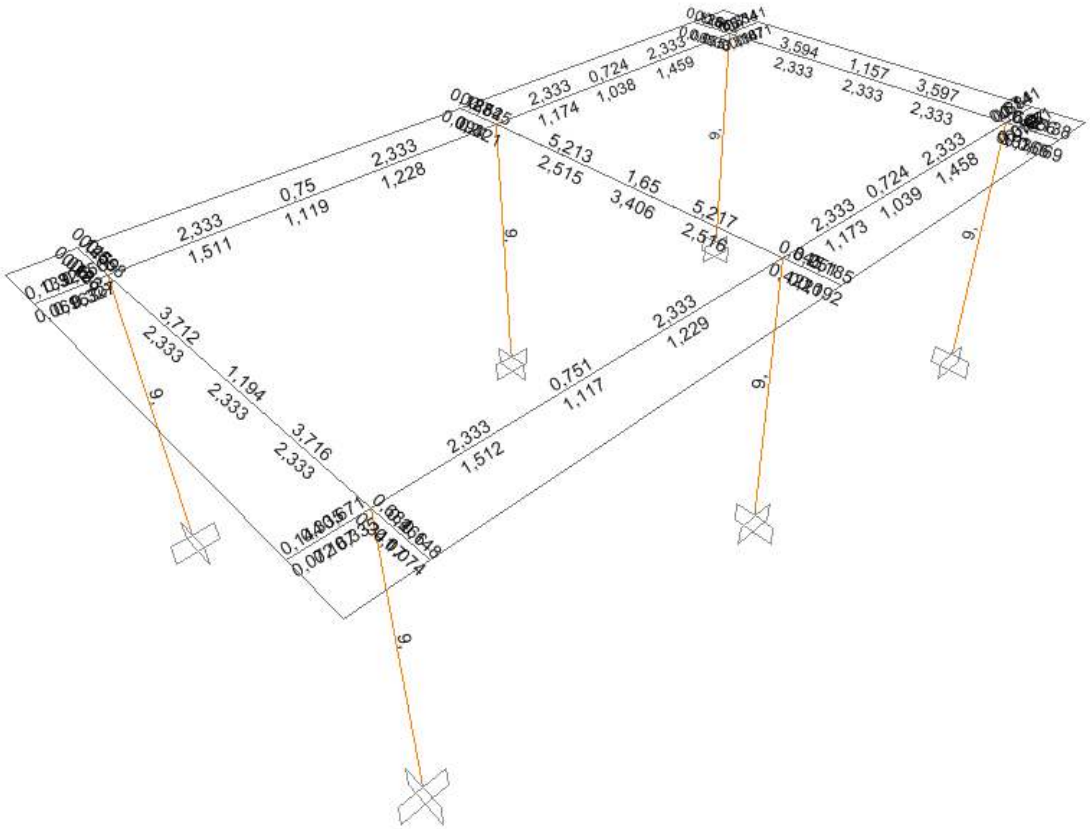
6.6.5.5 GRÁFICO DE CORTANTES



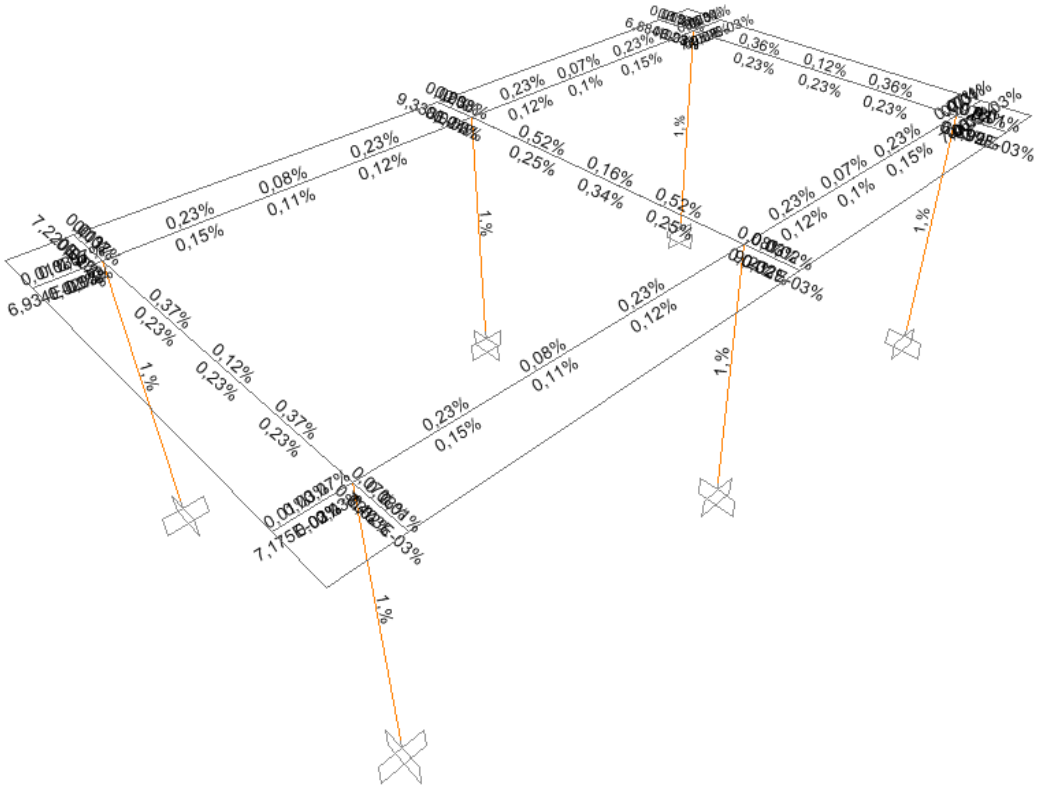
6.6.5.6 DIAGRAMA DE SOLICITACIONES DE COLUMNA MÁS CRITICA



6.6.5.7 ÁREA DE REFUERZO(CM2)

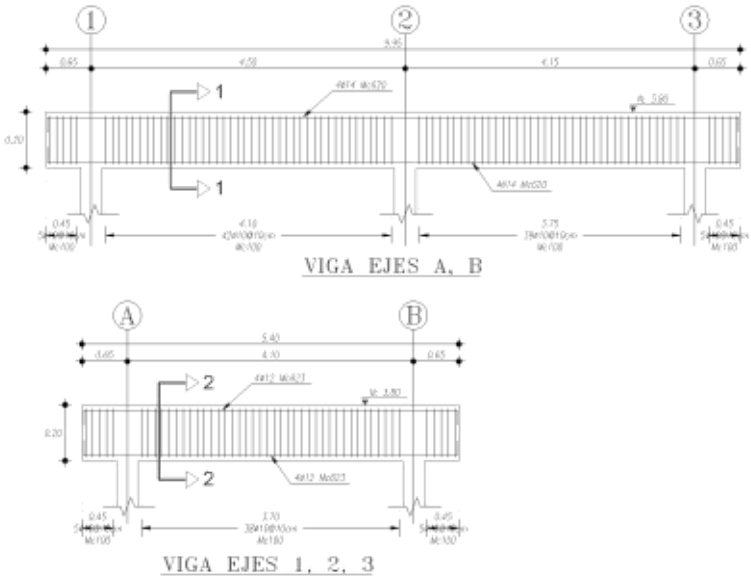


6.6.5.8 CUANTIAS DE ARMADURA



6.6.5.9 ARMADO DE VIGAS

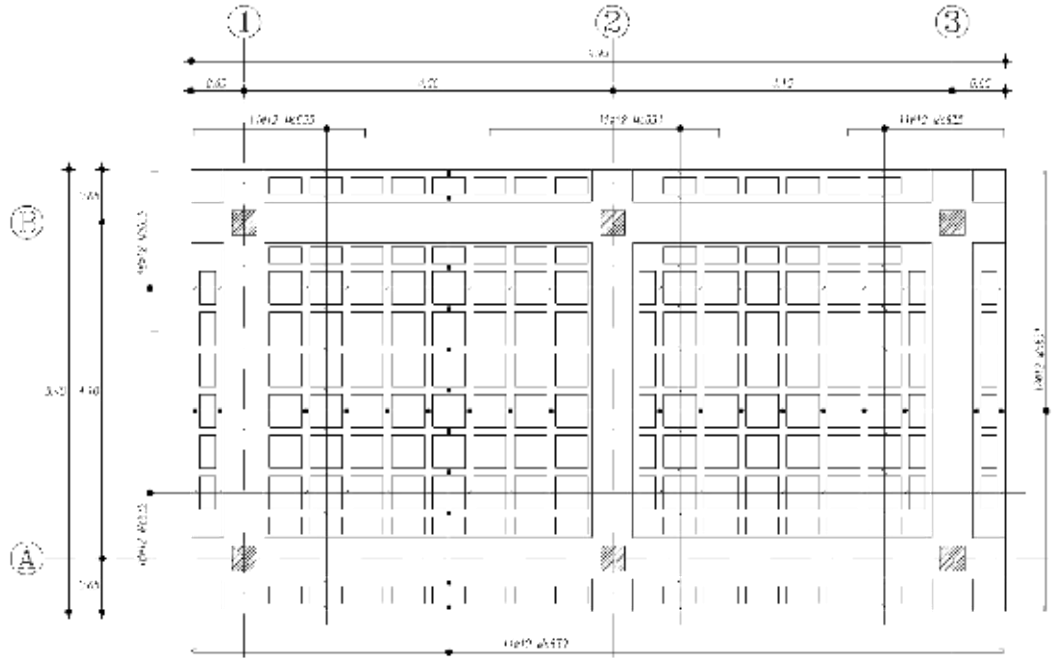
FIGURA 130. **DETALLE ARMADURA DE VIGAS**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.6.5.10 ARMADO LOSA N+3.80M

FIGURA 131. **DETALLE ARMADURA DE LOSA ALIVIANADA**

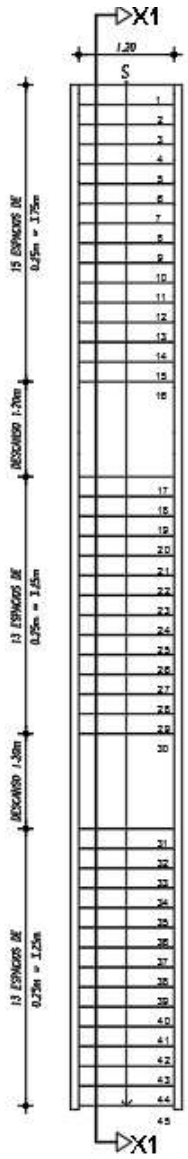


Fuente: Elaboración Propia – Consultor

Las cargas de columnas que deposita en la losa inferior son bajas por lo tanto la cimentación está conformada con armadura mínima.

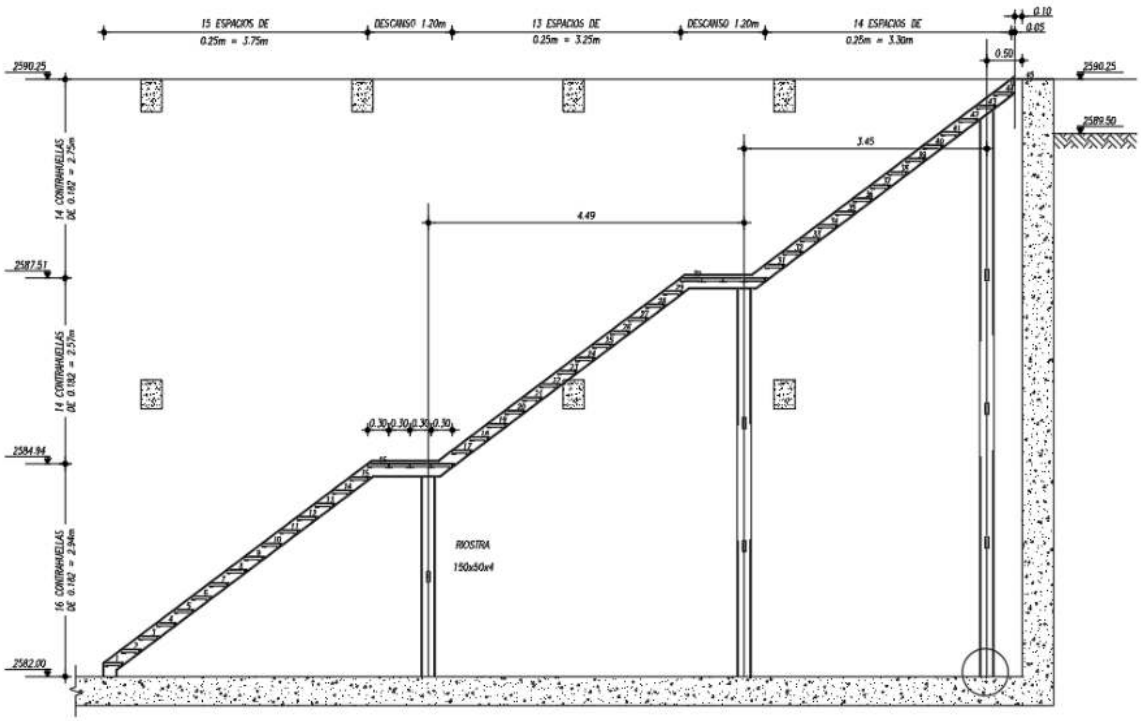
6.7 ESCALERA METÁLICA

FIGURA 132. **PLANTA ESCALERA METÁLICA**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

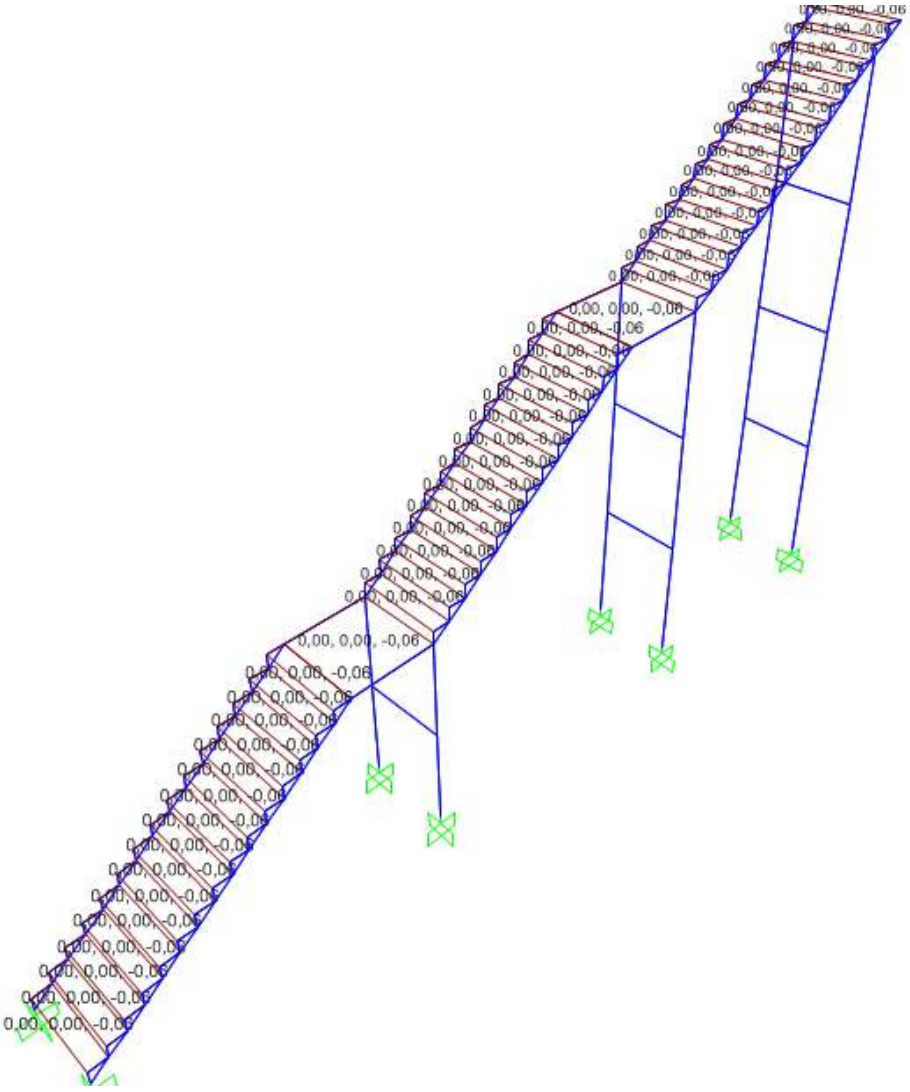
FIGURA 133. **CORTE X1-X1 DE ESCALERA METÁLICA**



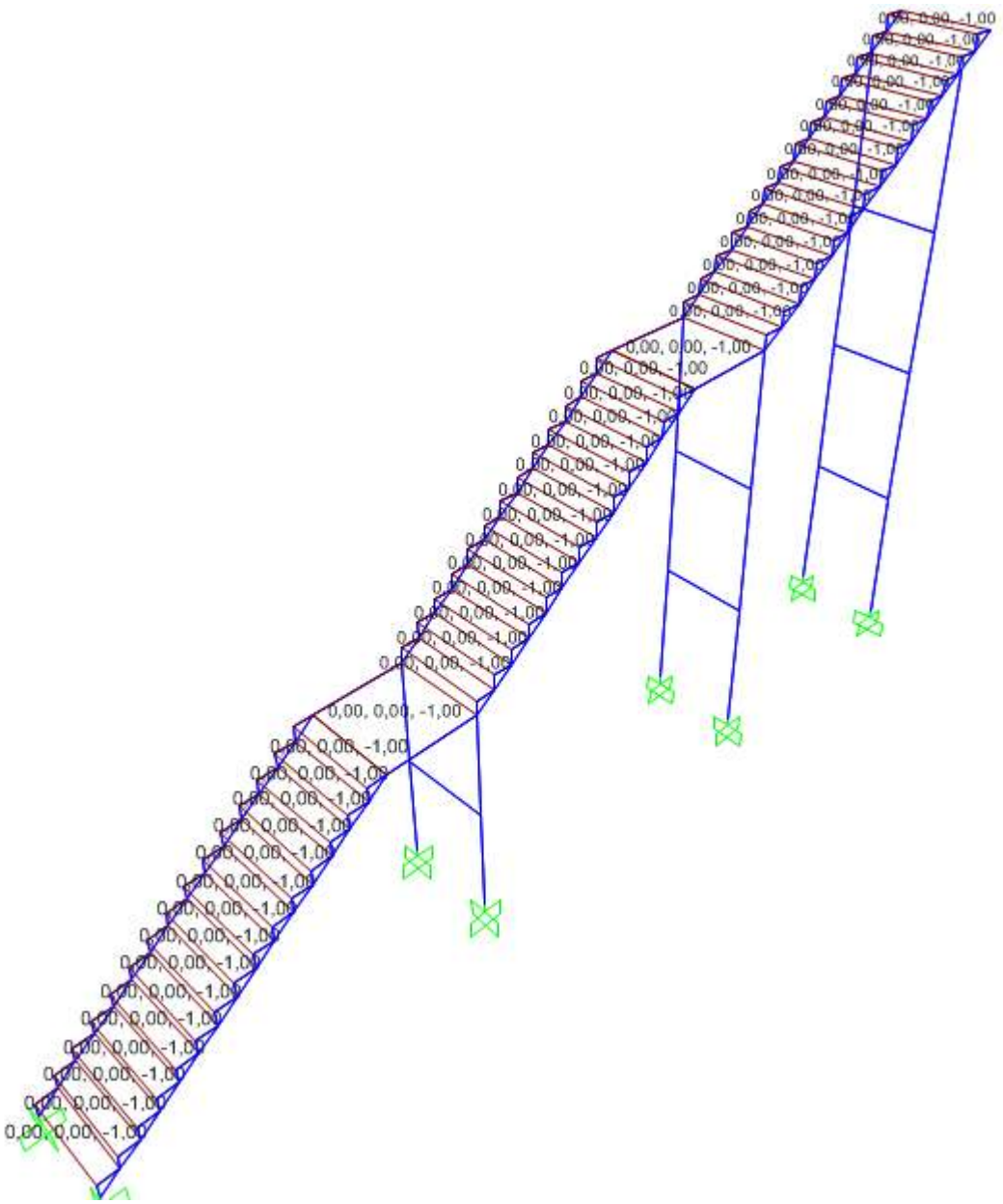
Fuente: Elaboración Propia – Consultor

6.7.1 CARGAS COLOCADAS EN LA ESTRUCTURA:

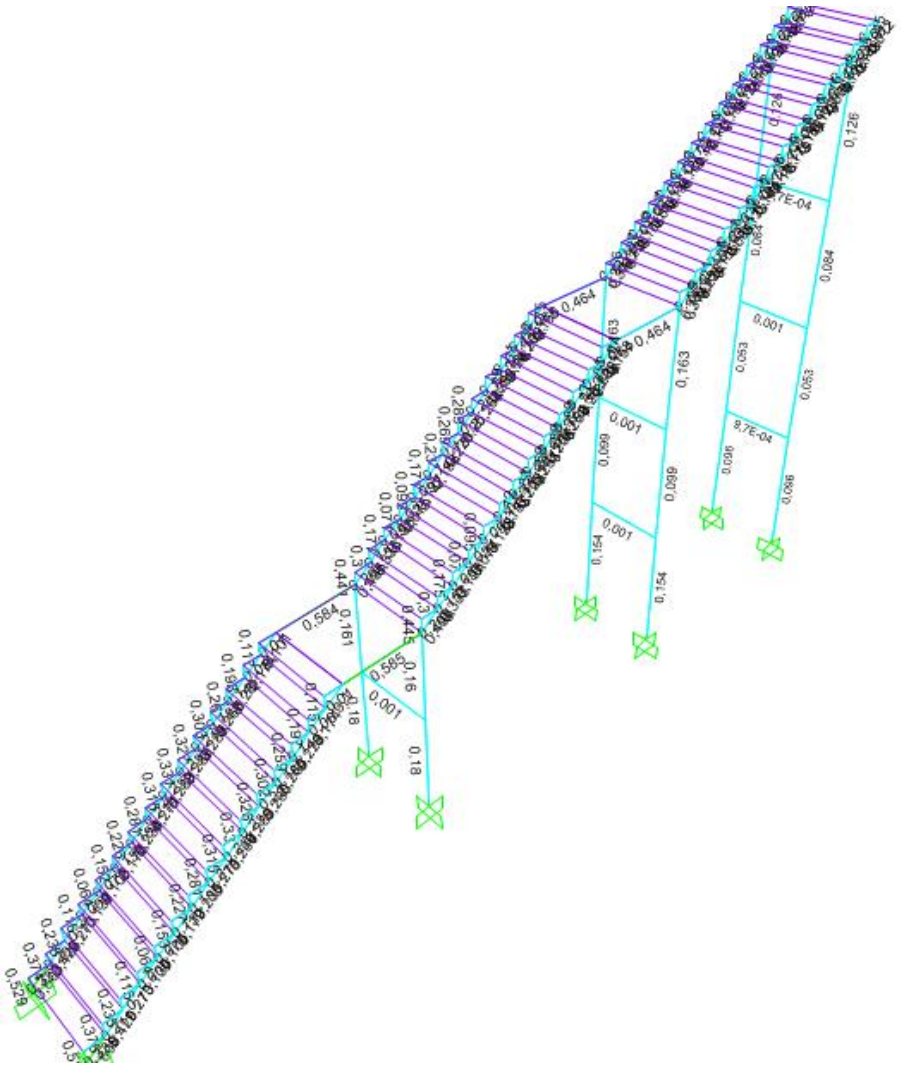
6.7.1.1 CARGA MUERTA



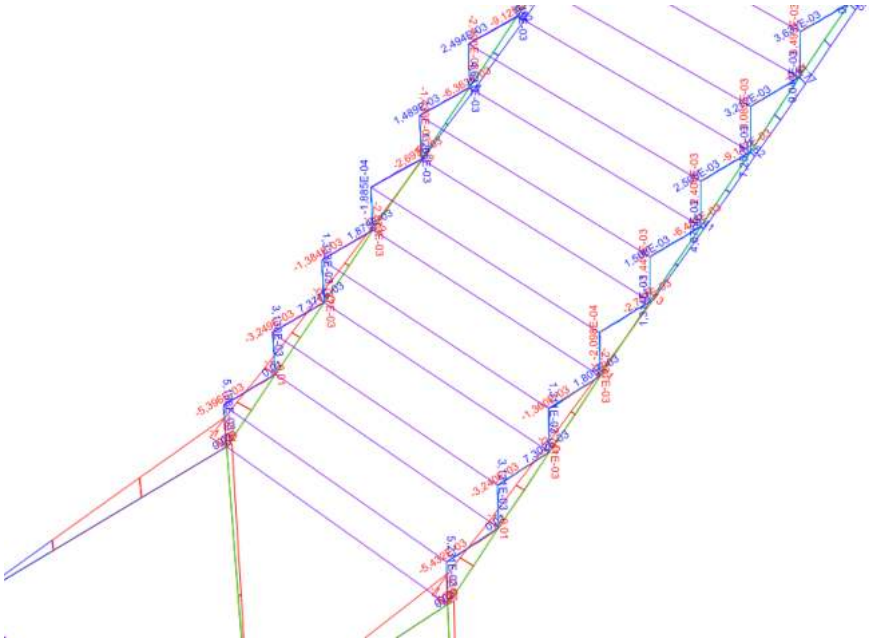
6.7.1.2 CARGA VIVA

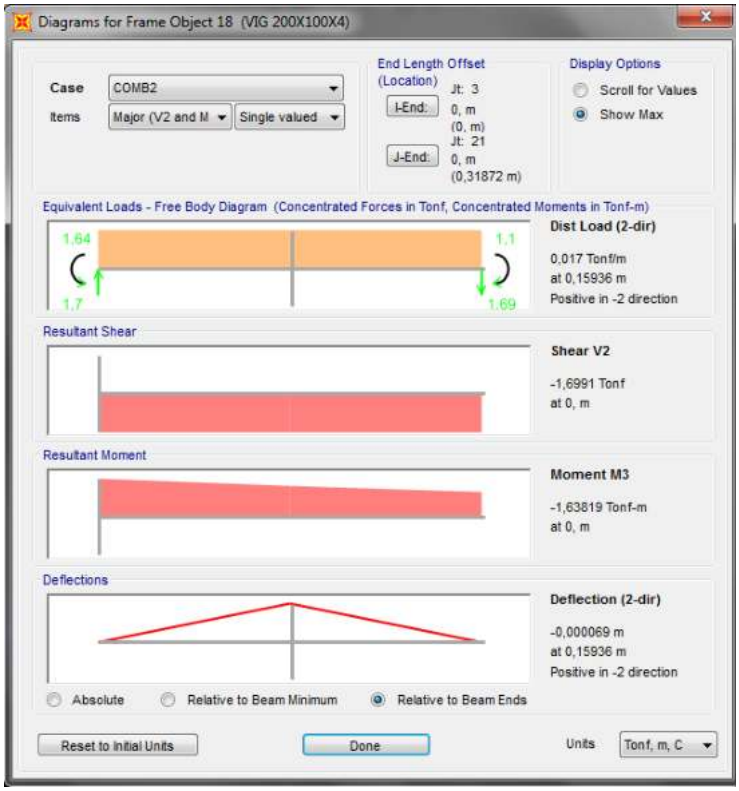


6.7.1.3 GRÁFICOS DEMANDA/CAPACIDAD



6.7.1.4 DIAGRAMA DE MOMENTOS



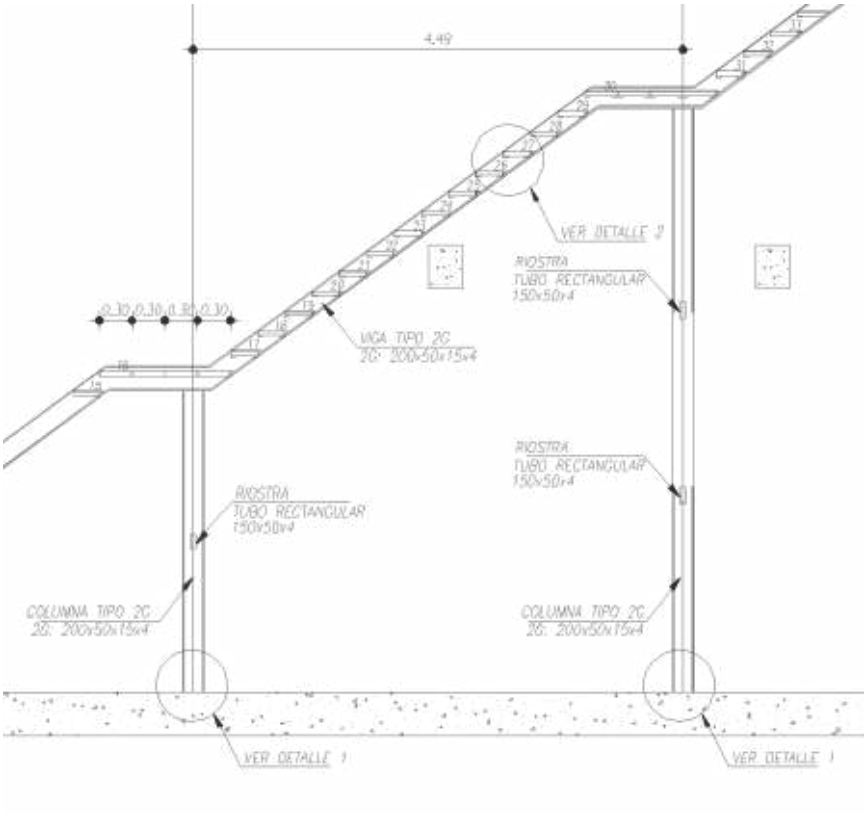


6.7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La escalera tiene la capacidad portante necesaria para soportar cargas elevadas y/o transportar piezas de las bombas en caso de ser necesario con cargas eventuales de hasta 1T/m2.

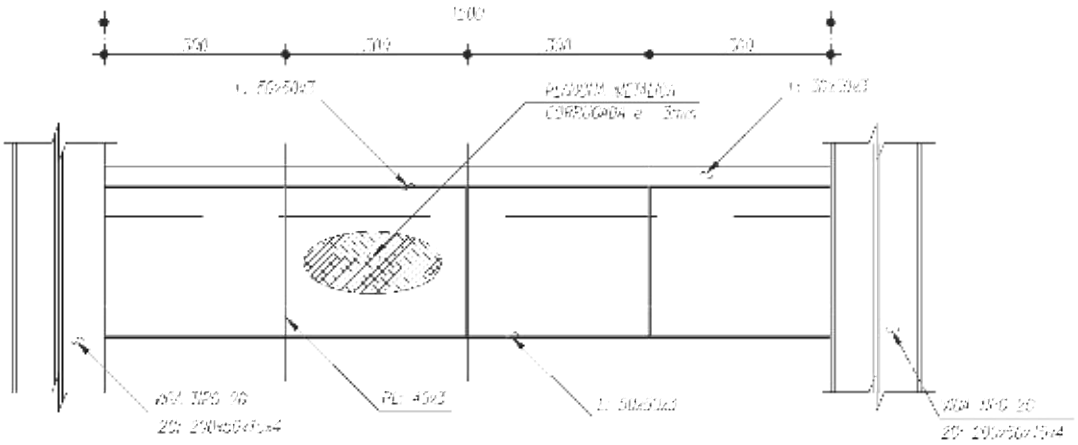
6.7.2.1 ARMADO DE ESCALERA

FIGURA 134. **DETALLE LONGITUDINAL**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

FIGURA 135. **ARMADO ESCALÓN**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es importante tomar en cuenta para la fase de construcción, que las capacidades soportantes del suelo sean evaluadas y confirmadas respecto a los valores referenciales mencionados en el respectivo Estudio de Suelos, antes de la construcción de las estructuras.
- La estructura de hormigón armado deberá ser fundida y vibrada en sitio.
- Las uniones serán monolíticas en columnas, vigas y losas.
- El control de calidad de los materiales se debe realizar en obra para garantizar un buen comportamiento de la estructura.

8 ANEXOS

(1) ESTR 001 Planos Estructurales (Planos del 01 al 08).

CAP 08. INGENIERÍAS. ESTUDIOS VIALES

1 INTRODUCCIÓN.

La EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP encargó al Ing. Ramiro Iván Reimundo Carrera – Consultor, la "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA" necesarios para la disposición final de desechos sólidos reducen la propagación de enfermedades, elimina los impactos ambientales y mantienen el orden en la planificación de las áreas urbanas.

2 PROPOSITO Y ALCANCE.

El presente Informe presenta el diseño definitivo de ingeniería que permitirá la construcción de la Vía de Acceso Principal y la Vía Operativa, respetando en lo posible todos componentes dentro del área de Influencia del mismo.

Condicionan al proyecto la presencia de estructuras existentes, obligando al estudio de vías de acceso, a un prolijo análisis de la afectación a las diferentes estructuras existentes, pues el diseño trata de causar el menor daño posible.

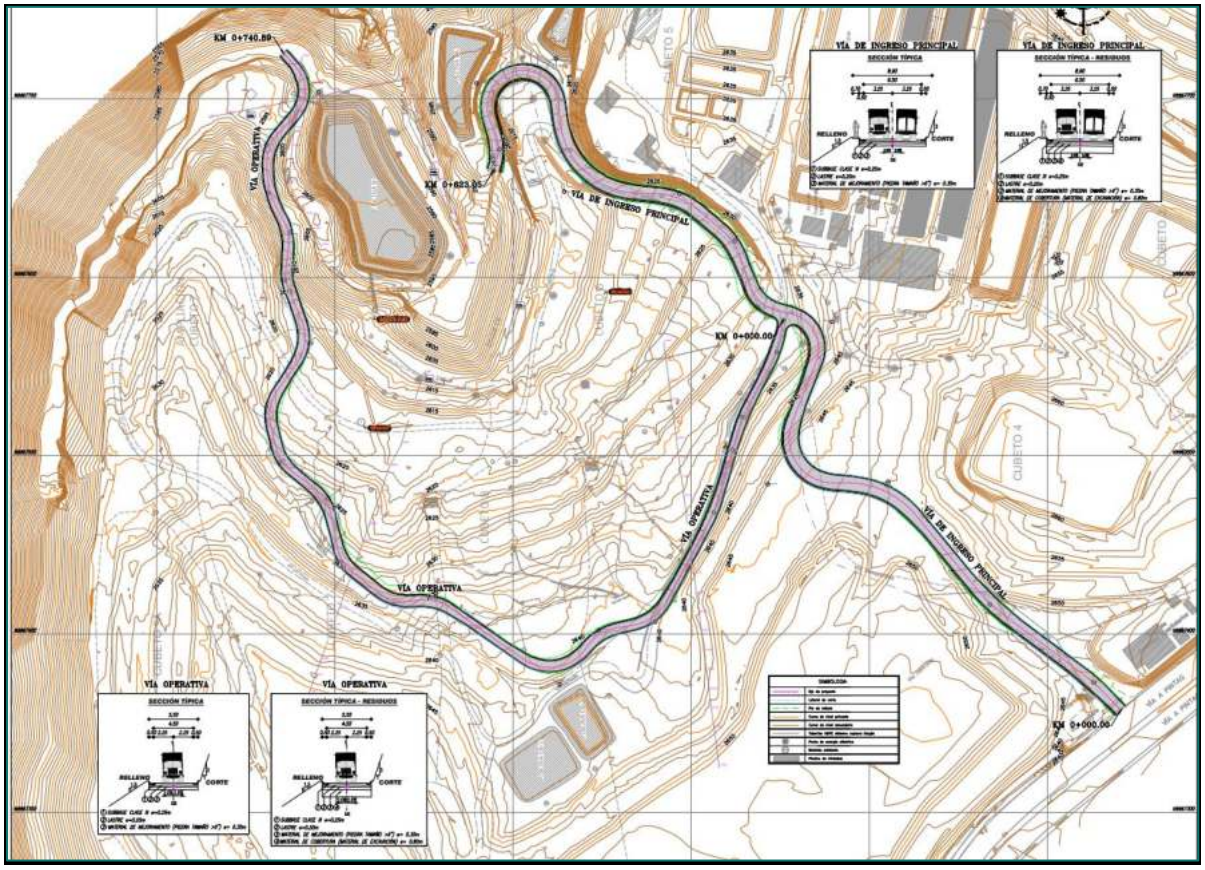
3 OBJETIVOS.

Realizar el Diseño Geométrico de las vías de acceso del proyecto "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA", respetando en lo posible la infraestructura existente al momento de realizar el levantamiento topográfico.

4 UBICACIÓN.

El proyecto "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA", se está desarrollando en la Provincia de Pichincha, en el Cantón Quito. Las coordenadas UTM-WGS84 de la zona de estudio, donde se concentrará la actividad a desarrollarse son: 515700E, 9967500N como centro de gravedad del proyecto.

FIGURA 136. **IMPLANTACIÓN DE VÍAS DE ACCESO.**



Fuente: Elaboración Propia - Consultor

5 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El acceso vial de "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA", está estrechamente ligada con la planificación de la implantación por lo cual. La meta principal del diseño vial, es este caso habilitar un sistema de circulación interna del proyecto, tanto al frente de trabajo previsto y variable, como al sitio de almacenamiento de lixiviados o tanque de almacenamiento tipo cisterna.

La primera vía servirá para el ingreso de los vehículos provenientes de las estaciones de transferencia y recolectores (parroquias y cantón Rumiñahui); la segunda servirá como vía de ingreso y salida de volquetas con material de excavación en primera instancia y posteriormente, para ingresar a la cisterna de captación, almacenamiento y bombeo de lixiviados.

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Dadas las características geomorfológicas de las vías y sus enlaces, se ha considerado tres tipos de terreno: plano, ondulado y montañoso de acuerdo con la definición que se registra a continuación:

5.2.1 CARRETERAS EN TERRENO PLANO

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0 – 5%.

Existe un mínimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado, en la ejecución de la obra básica de la carretera.

5.2.2 CARRETERAS EN TERRENO ONDULADO

El movimiento de tierras es moderado, permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción. Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a transitar a velocidades inferiores de los vehículos livianos. La pendiente transversal del terreno natural varía de 5 – 25 %.

5.2.3 CARRETERAS EN TERRENO MONTAÑOSO

Tiene una pendiente transversal del terreno natural de 25 – 75 %. Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes, aunque no las máximas. Existe dificultad en el trazado y construcción de la obra básica.

El terreno montañoso corresponde a un porcentaje menor al 5%. El resto de las vías proyectadas se desarrolla en terreno ondulado y plano.

6 NORMAS DE DISEÑO.

Para todo el trazado de la vía se ha utilizado las Normas de Diseño Geométrico – 2003, adoptadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para estudios de carreteras y el Manual de Diseño MOP-001-E.

Adicionalmente al manual de diseño señalado, se complementa los diseños aplicando los lineamientos señalados en los manuales: "A Policy of Design of Urban Highways and Arterial Streets" – AASHTO, 1973; "Traffic Engineering" Louis J. Pignataro, 1973;"Highway Capacity Manual, HRB SR 87,1965"; "Manual de Diseño de Carreteras" - MOP-001-E-1974; "Normas de Diseño Geométrico de Carreteras" MOP-2003; y, otras publicaciones especializadas que complementan las disposiciones anteriores.

7 VELOCIDAD DE DISEÑO.

Es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo de una vía cuando las condiciones sean tan favorables, que las características de la vía predominante.

La velocidad que se adopta para el estudio y diseño de esta vía será de 25 kilómetros por hora, para terreno montañoso. Por tratarse de una vía clasificada como camino Clase IV en función del Trafico promedio Diario Anual (TPDA=111) determinado para el proyecto.

8 CLASE DE VÍA.

La vía corresponde a un camino Clase IV, para este proyecto se determinó dos secciones transversales típicas del proyecto.

Vía de acceso principal: con los elementos descritos, dos carriles de 3.25 m de ancho por sentido, con una cuneta a cada lado de la sección y adicional se contempla una acera al lado izquierdo, lo que sobre un terreno cuyas características topográficas son montañosas.

Vía Operativa: con los elementos descritos, un carril unidireccional de 4.50 m de ancho por sentido, con una cuneta a cada lado de la sección, lo que sobre un terreno cuyas características topográficas son montañosas.

9 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

9.1 RADIO MÍNIMO DECURVAS HORIZONTALES

Para la determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se ha aplicado la normativa vigente acorde con la velocidad de diseño, con el peralte máximo adoptado y el coeficiente de fricción lateral. El radio mínimo adoptado para el presente proyecto es de 20 metros.

9.2 PERALTE

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía o carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso y la inercia (o fuerza centrífuga, aunque esta denominación no es acertada) del vehículo, y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantenga aproximadamente perpendicular al plano de la vía o de la calzada. El objetivo del peralte es contrarrestar la fuerza centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva.

Para garantizar la circulación segura y teniendo en cuenta el carácter del proyecto se determinó en función de los radios utilizados en las curvas presentadas como máximo 4% para el estudio.

9.3 SOBREANCHO

El objeto del sobreancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículo con seguridad y comodidad.

En curvas simples, sin espirales, el ensanchamiento debe hacerse con respecto al borde interno del pavimento solamente. En las curvas diseñadas con espirales, el ensanchamiento se reparte por igual entre el borde interno y el borde externo del pavimento.

9.4 RESUMEN DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

A continuación, se presente un resumen de las características geométricas adoptadas para cada vía de acceso.

TABLA 116. ***RESUMEN VÍA DE ACCESO PRINCIPAL***

CUADRO DE DATOS DE CURVAS Vía DE ACCESO PRINCIPAL						
PI-No.	**ANGULO**	**RADIO**	**TANGENTE**	**LONGITUD**	**SOBREANC**	**PERALTE**
1-IZQ	09-12-04	100.00	8.05	16.06	0.80	4.00%
2-DER	13-32-54	100.00	11.88	23.65	0.8	4.00%
3-IZQ	51-24-59	50.00	24.077	44.87	1.40	4.00%
4-DER	112-42-07	25.00	37.56	49.18	1.80	4.00%
5-IZQ	100-06-29	20.00	23.89	34.94	1.40	4.00%
6-DER	59-25-38	20.00	11.41	20.74	1.40	4.00%
7-IZQ	30-41-59	40.00	10.98	21.42	1.40	4.00%
8-IZQ	39-01-16	40.00	14.17	27.24	1.40	4.00%
9-DER	85-17-20	45.00	41.44	66.99	1.40	4.00%
10-IZQ	103-35-28	20.00	25.41	36.16	1.20	4.00%
11-IZQ	92-26-17	20.00	20.87	32.27	1.20	4.00%
12-DER	36-13-36	30.00	9.81	18.97	0.80	4.00%

Fuente: Elaborado por el Consultor

TABLA 01. ***RESUMEN VÍA OPERATIVA***

CUADRO DE DATOS DE CURVAS VÍA OPERATIVA						
PI-No.	**ANGULO**	**RADIO**	**TANGENTE**	**LONGITUD**	**SOBREANC**	**PERALTE**
1-DER	16-15-12	65.00	9.28	18.44	0.80	4.00%
2-IZQ	11-40-01	65.00	6.64	13.24	0.8	4.00%
3-DER	11-47-20	65.00	6.71	13.37	0.80	4.00%
4-DER	53-01-23	25.00	12.47	23.14	1.40	4.00%
5-IZQ	45-19-56	25.00	10.44	19.78	1.40	4.00%
6-DER	89-01-29	25.00	24.58	38.84	1.40	4.00%
7-IZQ	43-28-44	25.00	9.97	18.97	1.40	4.00%
8-DER	47-03-38	25.00	10.89	20.53	1.40	4.00%
9-DER	40-37-47	25.00	9.26	17.73	1.40	4.00%
10-IZQ	42-38-54	25.00	9.76	18.61	1.40	4.00%
11-DER	39-52-18	25.00	9.07	17.40	1.40	4.00%
12-DER	48-52-52	25.00	11.36	21.33	1.40	4.00%
13-IZQ	58-00-53	25.00	13.86	25.31	1.40	4.00%
14-DER	29-44-31	25.00	6.64	12.98	1.40	4.00%
15-IZQ	37-15-06	25.00	8.43	16.25	1.40	4.00%
16-DER	28-19-13	50.00	12.62	24.71	1.20	4.00%

CUADRO DE DATOS DE CURVAS VÍA OPERATIVA						
PI-No.	**ANGULO**	**RADIO**	**TANGENTE**	**LONGITUD**	**SOBREANC**	**PERALTE**
17-DER	46-24-29	25.00	10.72	20.25	1.40	4.00%
18-DER	86-08-21	20.00	18.70	30.07	1.40	4.00%

Fuente: Elaborado por el Consultor

10 ALINEAMIENTO VERTICAL.

10.1 PENDIENTE MÁXIMAS Y MÍNIMAS

La pendiente longitudinal máxima corresponde a 6, 8 y 12% para terreno plano, ondulado y montañoso respectivamente. Pudiendo en longitudes cortas menores a 750 metros aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos. En mención al proyecto se maneja pendiente sensiblemente superiores a la normativa en tramos cortos no mayor a 20 metros, debido a las restricciones presentadas en el mismo.

La pendiente longitudinal mínima corresponde a 0.5 %.

10.2 DETERMINACION DE CURVAS VERTICALES

Para determinar las longitudes mínimas de las curvas verticales se utilizaron las siguientes expresiones:

Curvas verticales Convexas L=K.A

Curvas verticales Cóncavas L=K.A

Siendo:

A = Diferencia algebraica de las gradientes

K = Relación de la longitud de la curva en metros por cada tanto por ciento de la diferencia algebraica de las gradientes.

En el siguiente cuadro se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

TABLA 117. ***RESUMEN VÍA OPERATIVA***

Velocidad de diseño (km/h)	**Distancia de visibilidad para parada (m)**	**Curvas Verticales Convexas**		**Curvas Verticales Cóncavas**	
		Calculado	**Redondeado**	**Calculado**	**Redondeado**
30	35	4.6	5	5.12	5
40	45	4.7	5	7.2	7
50	60	8.4	8	10.8	11
60	75	13.2	13	14.6	15

70	90	19.0	19	18.5	18
80	110	28.4	28	23.8	24

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

10.3 RESUMEN DE ALINEAMIENTO VERTICAL

TABLA 118. ***RESUMEN VÍA DE ACCESO PRINCIPAL***

CUADRO DE DATOS VÍA DE ACCESO PRINCIPAL				
PVI	**ABSCISA**	**ELEVACIÓN (m)**	**GRADIENTE (%)**	**L CURVA (m)**
1	0+000.00	2644.00	4.86%	
2	0+030.00	2645.46	1.00%	30.00
3	0+110.00	2646.26	6.57	30.00
4	0+157.00	2649.35	-7.50%	30.00
5	0+240.00	2643.13	-11.42%	50.00
6	0+341.00	2631.59	-9.98%	50.00
7	0+535.00	2612.23	-13.98%	50.00
8	0+623.05	2600.00		

Fuente: Elaborado por el Consultor

TABLA 119. ***RESUMEN VÍA OPERATIVA***

CUADRO DE DATOS VÍA OPERATIVA				
PVI	**ABSCISA**	**ELEVACIÓN (m)**	**GRADIENTE (%)**	**L CURVA (m)**
1	0+000.00	2632.41	1.17%	
2	0+022.50	2632.67	4.07%	30.00
3	0+115.00	2636.43	5.28%	50.00
4	0+235.00	2642.77	-9.48%	100.00
5	0+401.00	2627.03	-8.48%	50.00
6	0+520.00	2616.94	-12.79%	50.00
7	0+535.00	2612.23	-13.98%	50.00
8	0+599.00	2606.84	-16.00%	50.00
9	0+665.00	2596.28	-16.01%	50.00
10	0+704.23	2590.00		

Fuente: Elaborado por el Consultor

11 SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS ADOPTADAS.

A continuación, se presentan las secciones transversales típicas adoptadas para cada tramo del proyecto.

11.1 SECCIÓN TÍPICA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL

FIGURA 137. **SECCIÓN TÍPICA – VÍA DE ACCESO PRINCIPAL**

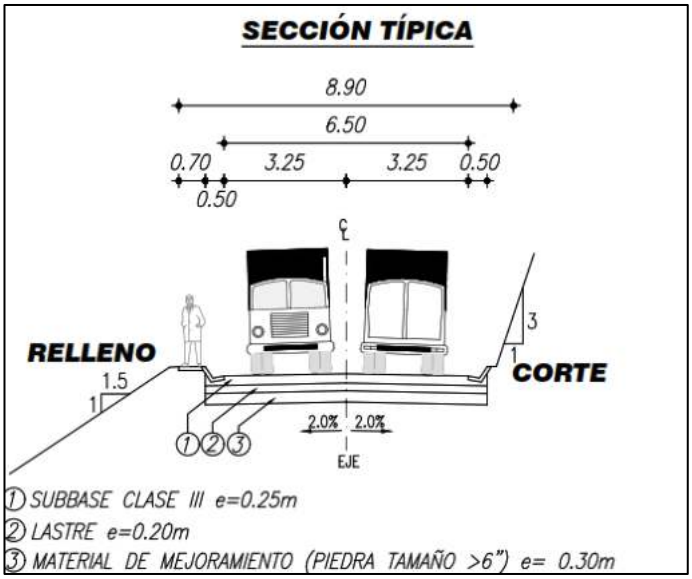
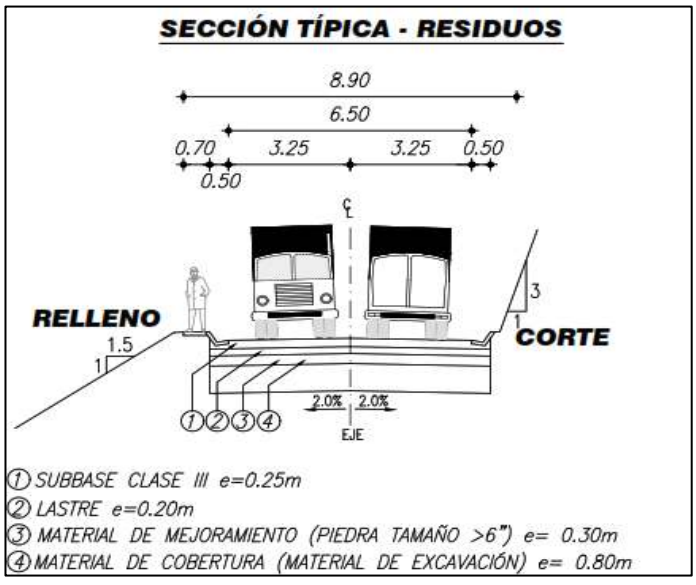


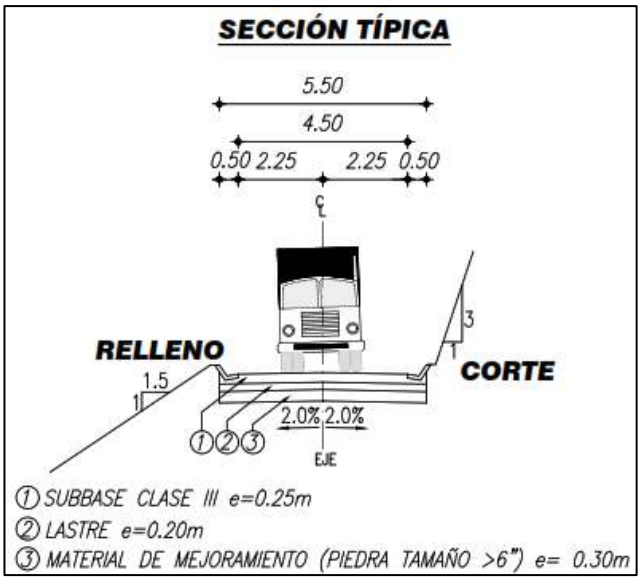
FIGURA 138. **SECCIÓN TÍPICA – RESIDUOS.**



Fuente: Elaboración Propia - Consultor

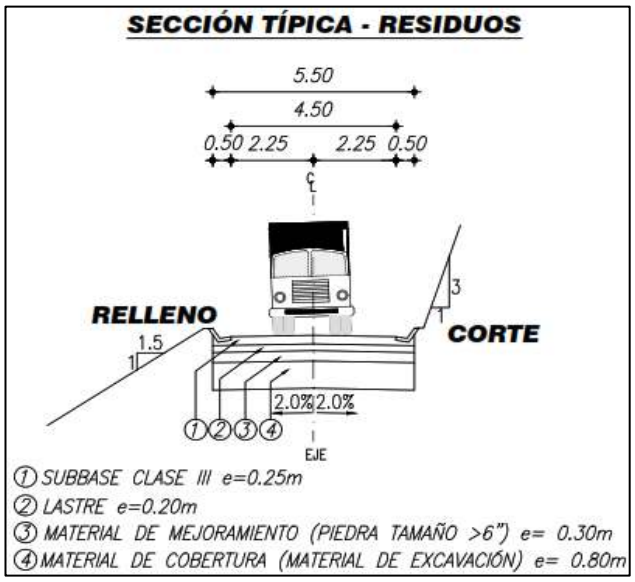
11.2 SECCIÓN TÍPICA VÍA OPERATIVA

FIGURA 139. **SECCIÓN TÍPICA VÍA OPERATIVA.**



Fuente: Elaboración Propia - Consultor

FIGURA 140. **IMPLANTACIÓN DE VÍAS DE ACCESO.**



Fuente: Elaboración Propia – Consultor

12 OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.

Los diferentes trabajos de mantenimiento que requieren los caminos se presentan separados en unidades denominadas Operaciones; cada trabajo de mantenimiento que resulta posible definir, individualizar y diferenciar de los demás, constituye una Operación.

Así cada Operación cada operación conduce a la concreción del mantenimiento de una determinada parte o elemento del camino; para ello se describen los procedimientos de ejecución que habitualmente se utilizan, se regulan y estipulan los materiales necesarios y se establecen los requisitos de calidad a que se debe ajustarse, en especial una vez definida la tarea.

12.1 CAMINOS DE GRAVA Y SUELOS NATURALES

Operación Rutinaria: Esta operación se refiere a los trabajos necesarios para reconformar la plataforma de caminos de grava o tierra, incluyendo las cunetas, a una condición lo más parecida a la primitiva de diseño o a un diseño mínimo.

Se define todas las labores que se requieren para que, actuando sobre el material existente, se logren las mejores condiciones posibles de transitabilidad y geometría. Sin embargo, se podrán especificar trabajos parciales de acuerdo con lo que se individualiza en cada una de las partidas que allí se incluyen.

En aquellos sectores indicados en la monografía o cuando lo indique la Fiscalización, se incluirá la adición de materiales plásticos con el objeto de mejorar la cohesión de dicha capa de rodadura granular.

13 CANTIDADES DE OBRA.

El análisis de este capítulo se relaciona con el cálculo y obtención de las cantidades de obra de todos los rubros que se han utilizado directamente con el estudio definitivo de este proyecto.

En todos los cálculos se tomó como datos los parámetros y las recomendaciones dadas por las diferentes áreas de estudio.

Se ha seguido los lineamientos que se encuentran establecidos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F – 2002, que tiene vigentes el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

En los cuadros de resumen de cantidades de obra, se han agrupado los rubros bajo las siguientes áreas de trabajo:

- Movimiento de Tierras
- Estructura capa de rodadura

13.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Los rellenos y terraplenes pueden construirse con los suelos de la zona, de preferencia con el producto de excavación de las zonas de corte. No se usarán materiales orgánicos, con exceso de humedad o contaminados, los cuales deben ser desalojados.

303-2(1) Excavación en suelo (m3)

El primer rubro está relacionado con el movimiento de tierras que será necesario remover para la ejecución de las obras de la obra básica.

304-1(1) Relleno material de préstamo local (m3)

El rubro está relacionado con el movimiento de tierras que será necesario conformar para la ejecución de las obras de la obra básica.

13.2 ESTRUCTURA DE CAPA DE RODADURA

La capa de material pétreo, lastre y sub-base granular; y cumplirá los requisitos establecidos en la Sección400 Estructura del pavimento de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del Manual MOP-001-F-2002. Los materiales deben ser adquiridos a un proveedor calificado.

402-4(1) Estabilización con material pétreo (m3)

Sobre la subrasante se colocará una capa de Estabilización con material pétreo de un espesor igual a 30 cm de acuerdo al diseño de la estructura de capa de rodadura.

403-1(a) Sub-base lastre (m3)

Sobre la Estabilización con material pétreo se colocará una capa de lastre de un espesor igual a 20cm de acuerdo al diseño de la estructura de capa de rodadura.

403-1(b) Sub-base clase III (m3)

Sobre la capa de lastre se colocará una capa de sub-base clase III de 25 cm de acuerdo al diseño de la estructura de capa de rodadura.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las vías de circulación en un relleno sanitario, influirán notablemente en la operación del mismo; pudiendo llegar a entorpecer o retrasar las labores de operación. Se ha diseñado la vía considerando un ancho suficiente para entrada y salida de vehículos cargados con desechos, considerando simultaneidad de circulación (dos vehículos en la vía en un mismo sitio). Se recomienda, sin embargo, un control de entrada y salida de los vehículos, desde báscula y por medio del supervisor, para evitar tiempos muertos o conversaciones de choferes en la vía, lo cual podría entorpecer el ingreso y salida de otros vehículos y generar rebasamientos.
- Se recomienda realizar hidratación acorde el criterio del supervisor de campo o la fiscalización, para evitar levantamiento de polvo que pueda entorpecer la circulación de los vehículos.
- Se recomienda mantener un control estricto sobre el estado de la vía, especialmente en época invernal, detectando de manera temprana la necesidad de mantenimientos preventivos, para disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos.
- Se concluye que las vías tendrán un uso establecido por la expansión y necesidades del relleno sanitario, no obstante, se ha recomendado mantener (al menos en tramos) los accesos

hacia el dique y zona de bombeo, específicamente por labores de operación y mantenimiento respectivamente.

15 ANEXOS

(1) VIA 001 Planos Viales (Planos del 01 al 09).

CAP 9. INGENIERÍAS. ESTUDIOS ELÉCTRICOS

1 ANTECEDENTES

Con la finalidad de mejorar la calidad de servicio eléctrico, para LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA, de la Provincia de Pichincha Cantón Quito, y luego de realizar un diagnóstico intenso y exhaustivo previo del sistema eléctrico actualmente operativo, se determinó el deterioro de los equipos, postes, conductores y bombas de lixiviados de residuos sólidos urbanos, por lo que se recomienda realizar el diseño completo y la repotenciación del sistema eléctrico.

El proyecto requiere implementar nuevos redes, para energizar sistemas de bombeo, vías de circulación de vehículos recolectores y maquinaria, propuestos en la consultoría, proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA."

En tal virtud, el presente documento recopila la información del diseño e implantación de todos los sistemas eléctricos y equipos a instalar a fin de satisfacer los requerimientos de energía eléctrica en el Relleno Sanitario el Inga para la construcción del cubeto 11.

2 UBICACIÓN

FIGURA 141. **UBICACIÓN DEL PROYECTO**

Fuente: Google Earth Profesional

El Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito el INGA, EMGIRS - EP, está ubicada en la Provincia de Quito perimetral regional E35 (vía Pifo – Píntag), km 12 ½, Sector Itulcachi – El Inga Bajo, a aproximadamente 2 Km del peaje; lugar donde se emplazarán las infraestructuras del sistema eléctrico.

En el sector se ubican varias industrias como Baterías Ecuador (colindante por el sur del relleno sanitario) y una planta envasadora de gas (colindante por el norte del predio), en vista que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito ha definido esta zona como de uso Industrial.

3 OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objetivo el diseñar los sistemas eléctricos para dotar de energía eléctrica hasta las bombas de lixiviados, para la CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO EL INGA, cumpliendo los requerimientos de todas las ingenierías y garantizando la confiabilidad del sistema eléctrico a implementar.

4 ALCANCE

En el presente proyecto es realizar el diseño de los sistemas eléctricos en medio y bajo voltaje, hasta el sistema de medida mismas que son requeridos para bridar el servicio eléctrico al Relleno Sanitario de Quito EMGIRS - EP, cumpliendo con todas las normas de calidad de servicio eléctrico y las normas constructivas vigentes del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER.

Para las etapas constructivas se debe realizar la aprobación general del proyecto por parte de la Empresa Eléctrica de Quito EEQ.SA. Ya que es la entidad que proveerá de una factibilidad de servicio y directrices para la instalación del sistema de medida y el punto de arranque para la derivación en medio voltaje. Los diseños eléctricos se realizan tomando en cuenta la potencia de las bombas para el bombeo de lixiviados, Cubeto 9 y Cubeto 20.

5 DISEÑO ELÉCTRICO

5.1 DESCRIPCIÓN

Se proyecta una red trifásica aérea hasta llegar al centro transformación proyectado que tiene como referencia para los sistemas de bombeo del Cubetos 9 y 20, en el cual para su aprobación final se debe solicitar a la empresa distribuidora de la energía eléctrica como es la Empresa Eléctrica Quito EEQ. SA. la capacidad de suministrar Potencia y energía y dotar de servicio eléctrico al Relleno Sanitario de Quito EMGIRS - EP que será mediante una Factibilidad de servicio de la EEQ.

5.2 IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO

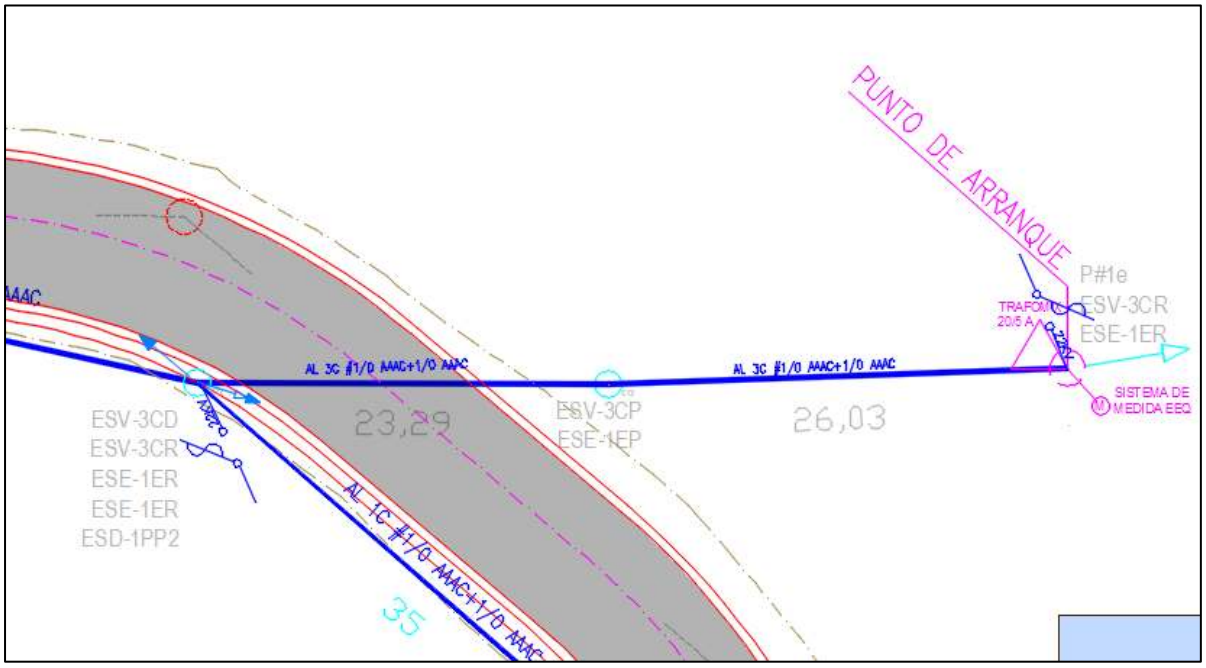
El proyecto eléctrico denominado "**RELLENO SANITARIO DE QUITO EMGIRS - EP**" se encuentra ubicado en el Norte de la piscina 9, que será para la CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO EL INGA.

FIGURA 142. **IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO**

Fuente: El Consultor

5.3 LÍNEA DE MEDIO VOLTAJE

FIGURA 143. **RED DE MV PROYECTADA EMGIR-EP**



Fuente: El Consultor

El punto de arranque para la acometida en medio voltaje será otorgado por parte de la Empresa Eléctrica de Quito EEQ, como poste de referencia se considera para esta consultoría y/o posterior aprobación el Poste existente Pe-1, con las siguientes coordenadas en X= 794124.389 Y= 9967631.299, que se encuentra junto al transformador existente N° 167667 de tiene una capacidad de 125 KVA. Desde el Pe-1, se proyecta a construir un alimentador trifásico de tres conductores de forma Aérea con conductor de aluminio tipo AAAC 3x1/0 +1x1/0 AWG, hasta llegar al Postes proyectados en tipo H, por el extenso tramo que se tiene, se proyecta una estructura con codificación 3HR en la cual estará instalado el centro de transformación, juego de seccionadores, descargadores y su respetiva puesta a tierra.

El alimentador trifásico deberá cumplir con lo establecido en el Reglamento de las Unidades de Propiedad y Construcción en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica de Redes Aéreas dispuesto por el MEER y EEQ.

5.4 TRANSFORMADOR

El dimensionamiento del transformador se basa en el estudio de carga de todos equipos a instalar en dos puntos para el bombeo de lixiviados de desechos, los sistemas a ser considerandos para la CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO EL INGA la norma establecida deberá ser por la Empresa Eléctrica Quito, y normativa del MEER. El diseño del sistema eléctrico es trifásico de 22860 V / 13200 V/460V con un factor de potencia de 0.85 y con los factores de utilización que se muestran a continuación.

TABLA 120. ***DEMANDA DE DISEÑO***

DETERMINACIÓN DE DEMANDA DE DISEÑO

NOMBRE DEL PROYECTO: "ECONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO EL INGA "

LOCALIZACIÓN: (Vía Pifo – Píntag), km 12 ½, Sector Itulcachi – El Inga

USUARIO TIPO: INDUSTRIAL

ITEM	EQUIPOS ELÉCTRICOS			CI	FFUn	CIR	FSn	DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	(W)	(%)	(W)	(%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	BOMBAS DE LIXIVIADOS CUBETO 9 (6 BOMBAS 25 HP)	6	18650	111900	100	111900	95	106305.00
2	BOMBAS DE LIXIVIADOS CUBETO 20 (4 BOMBAS 30HP)	4	26110	104440	100	104440	95	99218.00
3	LUMINARIA TIPO LED 150 W	43	150	6450	75	4837.5	85	4111.88
TOTALES				**222790**		**221177.5**		**209634.875**

FACTOR DE POTENCIA	=	0.85	FACTOR DE DEMANDA	DMU / 209634.88	=	0.94
DE LA CARGA FP			FDM	CI	222790	
DMU (KVA)	=	246629.26				
FD	=	1				
DD (KVA)	=	246629.265				
SOBRECARGA DEL TRANSFORMADOR =		1.3				
KVA TOTAL =		**189.71**	**200**	**KVA**		

Fuente: El Consultor

Debido a la importancia que el sistema eléctrico tiene en este diseño, se proyecta el montaje de dos transformadores trifásico convencionales en Poste tipo H, en una de áreas designadas para la instalación de estos equipos como se puede apreciar en el plano LAMINA 02/06 RED MEDIO VOLTAJE PROYECTADO.

El centro de transformación tendrá las siguientes características técnicas para los sistemas de bombeo de lixiviados del relleno sanitario EMGIR-EP piscina 20 transformador de 75 KVA, Piscina 9 de 125 KVA.

- - Potencia: 75KVA y 125 kVA
- - Voltaje primario: 22860/13200V
- - Voltaje secundario: 440 V.
- - Tipo: trifásico, tipo CONVENCIONAL.
- - Frecuencia: 60 Hz.
- - Tap's: -7.5, -5%, -2.5%, 0, 2.5%
- Placa de identificación
- Apto para ser instalado sobre los 3.000 m.s.n.m.
- Protocolo de pruebas
- Garantía del fabricante

Además, se considera como accesorios para cada transformador, 3 seccionadores, 3 pararrayos, El transformador deberá cumplir con el límite de pérdidas en vacío y con carga de acuerdo a normas establecidas por la Empresa Eléctrica de Quito EEQ.

FIGURA 144. **TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO CONVENCIONAL.**

Fuente: El Consultor

5.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MONOFÁSICO PARA ALUMBRADO PUBLICO

Para un sistema óptimo de alumbrado público dentro del relleno sanitario EMGIR-EP, se proyecta el montaje de dos transformadores Monofásicos Autoprotegido de 5 KVA, se proyecta su instalación en los postes P9, P33. Hasta llegar a los centros de transformación se proyecta una red en medio voltaje monofásico como se puede apreciar en el plano LAMINA 02/06 RED MEDIO VOLTAJE PROYECTADO.

El centro de transformación tendrá las siguientes características técnicas para el sistema de Alumbrado del relleno sanitario EMGIR-EP que tiene como objetivo llegas con alumbrado hasta las piscinas 20 y 9.

- Potencia: 5kVA
- Voltaje primario: 22860/13200V
- Voltaje secundario: 240/120V.
- Tipo: Monofásico Autoprotegido.
- TAP 2 (+1 x 2.5%; -3 x 2.5%)
- Frecuencia: 60 Hz.
- Placa de identificación
- Apto para ser instalado sobre los 3.000 m.s.n.m.
- Protocolo de pruebas
- Garantía del fabricante

5.6 RED DE BAJO VOLTAJE

El principal alimentador de bajo voltaje se conectará desde los bushings de bajo voltaje del transformador, hasta el tablero de distribución principal (TDP), las acometidas de bajo voltaje serán subterráneas y tendrán una longitud aproximada de 40 metros, el Conductor será de tipo TTU de cobre para 2 kV aislado con aislamiento termoestable y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC), resistente a la humedad, calor y luz solar, el alimentador será 3x3/0 F+1x3/0 N + 3/0 T.

FIGURA 145. **CONDUCTOR ULTRAFLEX DE COBRE PARA 1 KV.**

Fuente: El Consultor

0000336

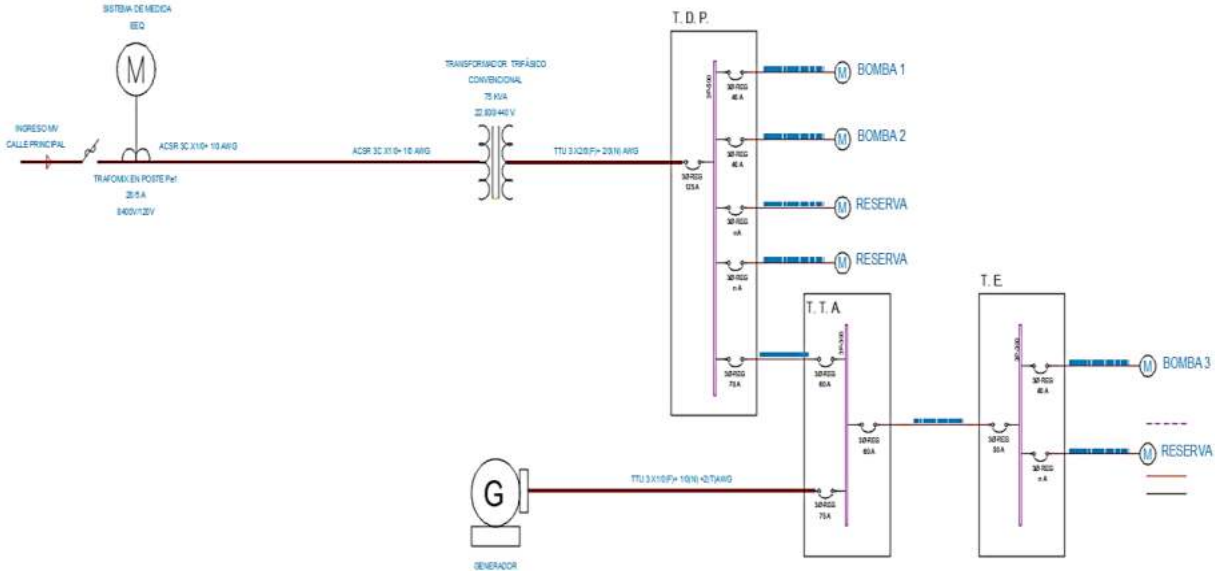
6 SISTEMA DE MEDIDA

El sistema de medición será indirecto en medio voltaje debido a que la carga es de 200KVA, de acuerdo al estudio constará de un equipo de medición compacto trafomix con TC's de relación 20 a 5 A. y los TP´s 8400/120 V de clase 0.2 rango extendido, Este equipo, es utilizado en las redes eléctricas para reducir las tensiones y corrientes, a valores adecuados, con la -finalidad de que éstos puedan ser censados por los equipos de medición.

Para la medición se utilizará un medidor trifásico electrónico multitarifario, 3F-4H, forma 10 A clase 20 con módulo de comunicación para tele medición, de energías kWh, kVARh, kW, estará instalado desde el punto de arranque Pe1, en una mocheta de hormigón dimensiones anexados, un sitio de fácil acceso al personal que realiza las labores de toma de lecturas o mantenimiento de la Empresa Eléctrica de Quito EEQ.

La empresa eléctrica deberá realizar el montaje, pruebas y conexionado del sistema de medida y sus respectivas conexiones que permitan ver las señales de medio y bajo voltaje, de la misma forma se proveerá todos los materiales y accesorios de ser necesarios para dejar totalmente funcional el equipo.

FIGURA 146. **SISTEMA DE MEDIDA EN MEDIO VOLTAJE**



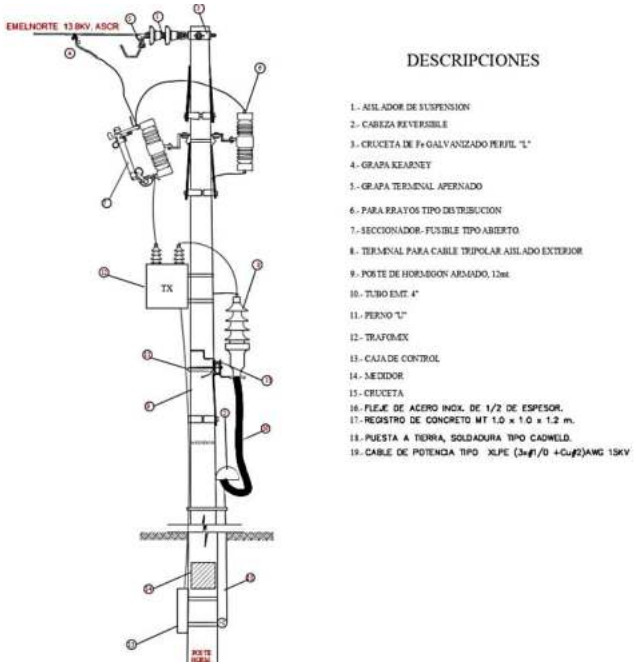
Fuente: El Consultor

6.1 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

Para la protección de sobre corrientes del transformador se prevé la instalación de un juego seccionamiento para las tres fases con seccionadores porta fusibles unipolares tipo abierto con dispositivo rompearco proyectado de 25kV – 200A, con tirafusible Tipo "K" de 15 Amperios, este juego de seccionamiento estará instalado en poste de arranque Pe1, de la misma manera se tendrá una

transición aérea-subterránea que se utilizarán los mismos tipos de seccionamiento, la instalación del mismo se realizará con una cruceta de hierro galvanizado de 2m y sus accesorios correspondientes.

FIGURA 147. **JUEGO SECCIONAMIENTO Y PARARRAYOS PARA LAS TRES FASES.**



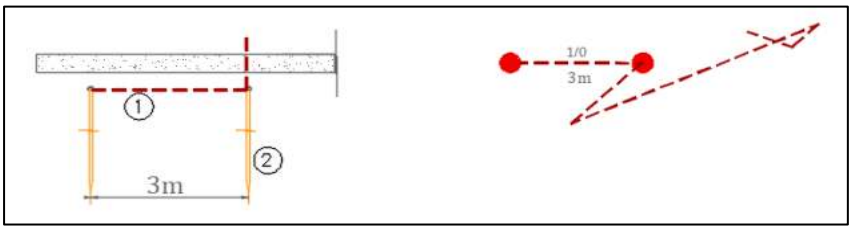
Fuente: El Consultor

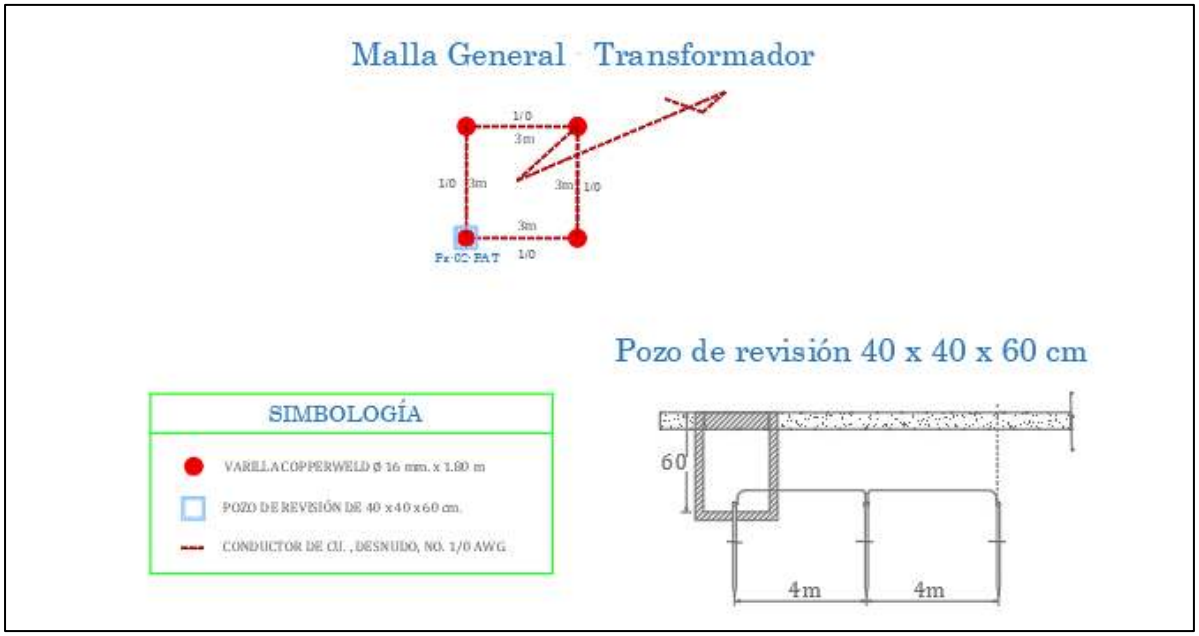
6.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA TRANSFORMADOR

Debido al tipo de suelo que se tiene en el Relleno Sanitario EMGIR-EP tipo (pedregoso) se determinó una aplicando el método de Wenner que el terreno tiene una resistividad de 351 Ω.m, por tal motivo se requiere hacer un mejoramiento de suelo el cual consiste en cambiar el suelo existente por tierra negra (humus) en un diámetro de 0,6m alrededor de todos cables de la malla de puesta y de cada varilla de cooperweld, para obtener una resistividad de terreno de 150 Ω.m.

Se instalará un sistema de malla de puesta a tierra con cable desnudo de Cu. N° 1/0 AWG y 4 varillas cooperweld 5/8 x 1.8m, instaladas a 3m de distancia entre varillas, el sistema contará con un pozo de revisión de 40x40x60 cm, la unión entre cable y varilla será con suelda exotérmica tipo Cadwell de 90 g, el nivel de resistencia que deberá alcanzar el terreno será menor a $\leqslant$ 15 Ohmios, de tener una resistencia $\geqslant$ a 15 Ω, de acuerdo con las normas vigentes de la Empresa Eléctrica de Quito EEQ. SA. se debe realizar el mejoramiento de suelo y un reforzamiento del mallado de tierra.

FIGURA 148. **MALLA DE TIERRA PARA TRANSFORMADOR**





Fuente: El Consultor

7 POZOS

El ingreso de la línea de medio voltaje y la red de bajo voltaje se realizarán a través de pozos de hormigón de acuerdo a las dimensiones detalladas en la siguiente tabla y con todas las especificaciones del MEER:

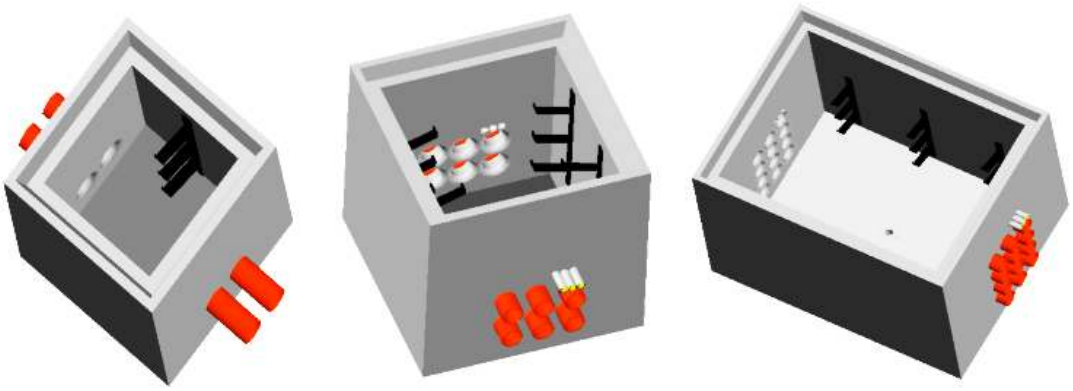
- Las profundidades indicadas en la tabla son mínimas y podrá aumentar dependiendo de cantidad de ductos a instalarse.
- Los pozos tipo B serán utilizados para derivaciones en medio voltaje

El ingreso de la línea de medio voltaje y la red de bajo voltaje se realizarán a través de pozos de hormigón de acuerdo a las dimensiones detalladas en la siguiente tabla y con todas las especificaciones del MEER.

FIGURA 149. **DETALLES DE POZOS DE REVISIÓN**

TIPOS	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación
Tipo A	0.60	0.60	0.75	AP-ACOMETIDA
Tipo B	0.90	0.90	0.90	MV –BV-AP
Tipo C	1.20	1.20	1.20	MV –BV-AP
Tipo D	1.60	1.20	1.50	MV –BV-AP
Tipo E	2.50	2.00	2.00	MV –BV-AP

- Las profundidades indicadas en la tabla son mínimas y podrá aumentar dependiendo de cantidad de ductos a instalarse.
- Los pozos tipo C serán utilizados para derivaciones en bajo voltaje
- Los pozos tipo C y D se construirán con 2 tapas que cubran el área del mismo.
- En el pozo tipo E se podrán colocar módulos premoldeados para derivación y seccionamiento. Este tipo de pozo irá con una tapa de hierro esferoidal.
- Los pozos tipo D y E se construirán normalmente en las esquinas



Fuente: El Consultor

8 SISTEMA DE GENERACIÓN DE EMERGENCIA

El sistema de generación de emergencia está compuesto por el generador trifásico de 40 y 50 KW efectivos de potencia constante de 440V 60Hz según los requerimientos de las bombas, además se prevé el tablero de transferencia automática, tablero de distribución secundario y alimentadores, los mismos que se instalarán en el cuarto de generación y cuarto de tableros respectivamente, junto a la cámara de transformación, referencia PISCINA 9 denominado cuarto de máquinas. El cuarto de generación deberá disponer el espacio físico, canalización eléctrica soterrada, canalización contra derrames y ventilación de acuerdo a los requerimientos del equipo a instalar.

8.1 DIMENSIONAMIENTO

El generador está diseñado para abastecer únicamente al Back de bombas, este equipo entrará en operación cuando NO tengamos la energía que suministre la empresa eléctrica.

Capacidad del sistema, con base al estudio de demanda se ha seleccionado un generador trifásico con cabina insonora, de potencia de 40 y 50 KW, 440 VAC, 60 Hz que abastecerá de energía eléctrica al equipo previstas a través de un tablero de transferencia automática, para la conexión entre el generador y el tablero de transferencia TAA será con un alimentador TTU-3x#1/0(F)+1x#1/0(N)+1x#1/0(T) AWG.

9 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSFERENCIA

Cada centro de transformación contará con un tablero de distribución principal (TDP) que administra directamente el alimentador principal de bajo voltaje.

Además, como si disponen de respaldo de energía del generador, para lo cual requiere del tablero de transferencia automática (TTA), que desconecta el TDP del sistema general y lo conecta al generador de emergencia TE tablero de emergencia.

Todos los tableros deberán cumplir con la normativa vigente NTE INEN 2568 y NTE INEN 2569, con un grado de protección IP 64; Dichos tableros deberán estar armados adecuadamente, con todos los implementos requeridos (barras cobre, TVSS, acrílico de protección, borneras, cinta protectora de barras, accesorios de sujeción, etc.), sus puertas deberán estar conectadas a tierra, sus protecciones deberán estar etiquetadas, el tablero deberá contar con el diagrama unifilar correspondiente.

La instalación de los térmicos y alimentadores que parten desde el tablero principal, deben regirse al diagrama unifilar y al estudio de carga.

10 CONTROL Y PROTECCIÓN PARA EQUIPOS HIDRÁULICOS Y/O MECÁNICOS

La repotenciación del sistema de bombeo de lixiviados del relleno sanitario EMGIR-EP constará de la instalación de tableros de protección y control dentro de los mismos tableros para los siguientes sistemas:

- Sistema de bombas de lixiviados

La instalación de los tableros indicados está orientada a controlar los equipos y a la vez protegerlos de sobrecargas mediante un sistema de protecciones contra fluctuaciones de voltaje y contra sobre corriente de motores, cada tablero de control constará de contactores (capacidad determinada por el equipo), luces piloto (marcha y sobrecarga), selectores de dos posiciones, borneras de conexión, relés de voltaje y relés de sobrecorriente, estrictamente regulados a los parámetros eléctricos nominales de cada motor a proteger además de un PLC, los componentes de cada tablero dependerán de la función y de los equipos a proteger ya sean mecánicos o hidráulicos, además se puede encontrar un mayor detalle de componentes de los mismos, en las especificaciones técnicas, las cuales, muestran las características de cada elemento.

Se deberán tomar las consideraciones especiales de alimentación y protección eléctrica para las bombas de lixiviados de acuerdo a las normas NFPA correspondientes para cada tipo de motor.

11 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

El sistema de iluminación exterior del Relleno Sanitario EMGIR-EP estará divido en dos circuitos, una se proyecta desde la garita principal y el segundo circuito estará desde el punto de arranque, las cuales tendrán luminarias con una vida útil de mínimo 35000 horas a 100000 horas, una temperatura de color comprendida entre 4000K y un grado de protección mínimo de IP65, según conste en las especificaciones técnicas del fabricante.

Para una mejor iluminación se tendrá una luminaria tipo LED de 240W, perfectamente su diseño robusto y estilizado, con una fácil instalación y mantenimiento sin el uso de herramientas, lo que le permite lograr un alto desempeño y confiabilidad que va de la mano con el cumplimiento de todos los requerimientos de las normativas internacionales aplicables.

FIGURA 150. **DETALLES DE TABLERO DE CONTROL DE BOMBAS**

Fuente: El Consultor

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para las etapas constructivas, se deberá realizar la aprobación de todo el proyecto en la Empresa Eléctrica de Quito EEQ, para ello se debe presentar lo siguiente.

- Carta de autorización profesional a intervenir.
- Documentos personales del contratante.
- Toda la documentación del predio, a intervenir el proyecto
- Planos definitivos georreferenciados elaborados para ARCGIS o AutoCAD V7 de los circuitos de media tensión, circuitos de baja tensión y sistemas de medida con su respectiva ubicación (capacidad de conductores, capacidad de disyuntor, voltaje), cálculo de caída de tensión en circuitos de media y baja tensión.
- Cumplir con la aplicación del procedimiento vigente socializado entre los profesionales proyectistas y EEQ referente a: PROCEDIMIENTOS PARA LA APROBACIÓN, PERMISO DE INICIO DE CONSTRUCCIÓN Y ENERGIZACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS.

13 ANEXOS

(1) ELE 001 Planos Eléctricos (Planos del 01 al 06).

CAP 10. ARQUITECTURA Y PAISAJISMO

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enmarca en el ámbito del reciclaje de infraestructura con el fin de poner en valor a la arquitectura desde su condición preexistente, entendiendo que lo importante es que ésta pueda adaptarse a nuevos ciclos de vida dando con ello una respuesta sostenible frente al consumo de recursos y, a su vez, hacerlo sin renunciar a lo existente.

Reciclar va más allá de rehabilitar y contempla tanto la componente social, al volver a utilizar la arquitectura existente mejorando las condiciones, manteniendo o cambiando su uso, como la componente medioambiental, social, cultural y económico. Tanto restaurar como rehabilitar y reciclar suponen dar un nuevo ciclo de vida a lo existente, pero a diferencia de los otros dos, el reciclaje representa un compromiso con el medio ambiente y por tanto hablaremos de reciclaje arquitectónico e infraestructuras como herramienta de uso sostenible de los recursos que nos ayude a recobrar el sentido de la mesura a recuperar una huella ecológica sostenible.[1]

El proceso de transformación integral que se basa en la innovación y aprovechamiento de los elementos existentes, es posible entender que estas actuaciones tienen cierta libertad operativa para lograr estos objetivos, pero que a su vez están dentro de actuaciones responsables con el ambiente y los usuarios. Estas acciones van más allá de un punto de vista estético o de carácter funcional, para reciclar es necesario el conjunto de muchos factores enfocados en la creación de un hábitat de calidad. El reciclaje busca repensar el modo de planificar un hábitat social, por medio de experimentar cambios innovadores en la composición original de las edificaciones, para potenciar la diversidad de usos y según sea el caso, conservar ciertos elementos de su uso original.[2]

2 MARCO NORMATIVO.

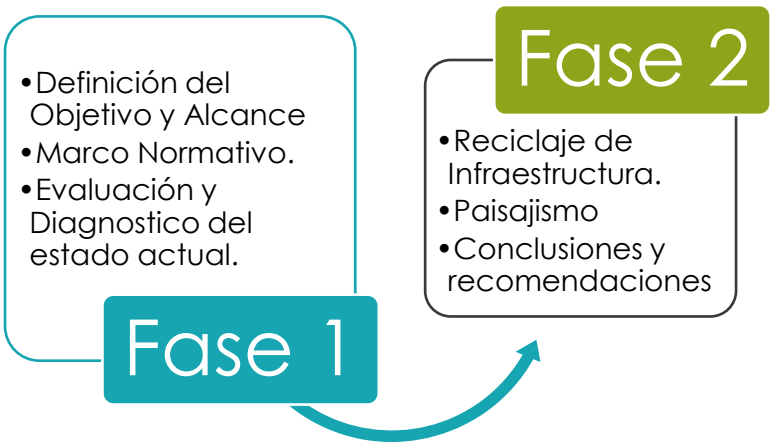
No existe Normativa vigente con respecto al tema de reciclaje de Infraestructura Nacional e Internacional.

3 EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO.

3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología a seguir se enfoca en establecer el cumplimiento contractual, para cada una de las actividades detalladas.

La metodología implementada puede esquematizarse de la siguiente manera:



3.1.1 OBJETOGENERAL

El objetivo principal es analizar cada infraestructura y definir las estrategias más adecuadas para el éxito del reciclaje, los factores determinantes para su diseño y su valor relativo en el resultado final.

3.1.2 ALCANCE

El alcance del presente trabajo es RECICLAR LAS INFRAESTRUCTURAS existentes, con el objeto de que las mismas puedan ser aprovechadas y utilizadas con criterios de eficiencia y calidad.

3.1.3 SITUACIÓN ACTUAL

Se realiza evaluaciones iniciales del complejo y de cada infraestructura, detallando su estado al momento de la visita, posteriormente se cotejará esta información con los respaldos entregados, para establecer temporalidad en los procedimientos o deficiencias en estos.

3.1.4 VISITA TÉCNICA AL PROYECTO

Durante estas visitas se recopiló información in situ, de las condiciones reales en que se opera el RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA.

En los días que se realizaron los recorridos, en las diferentes áreas, se cuenta con la presencia de los diferentes actores del Proyecto, tanto en acompañamiento, como en reuniones de trabajo y comités.

- Se registra las actividades y procedimientos de la evaluación del complejo y sus instalaciones.
- Se lleva un registro fotográfico –adjunto-, de todas las actividades en ejecución.

3.2 FICHAS DE SEGUIMIENTO

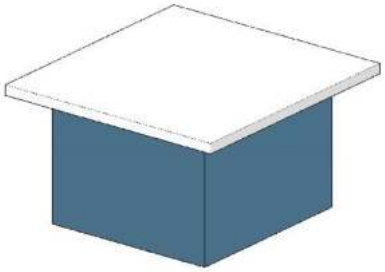
A continuación, se presenta la ficha tipo se seguimiento para cada actividad operativa, elaborada de acuerdo a la metodología descrita anteriormente.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES					**FICHA: 000**
FECHA:					
RESPONSABLE:					
UBICACIÓN:		**ESTADO ACTUAL:**			
OBSERVACIÓN:					
CONDICIÓN DEL DETERIORO:					
Aceptable		REGULAR		Deficiente	
REUTILIZACIÓN:					
SI		NO			
MANTENIMIENTO:					
CANTIDAD:					

Aceptable	**No se presenta deterioro o fallas en el elemento o estas se presentan muy leves, sin perjudicar la apariencia general de la estructura**
Regular	**Se presenta deterioros o fallas de consideración, pero estos no perjudican el uso normal de edificio o la seguridad de sus ocupantes.**
Deficiente	**Existen fallas y deterioros graves que impiden el uso normal del edificio o ponen en riesgo la seguridad de sus ocupantes.**

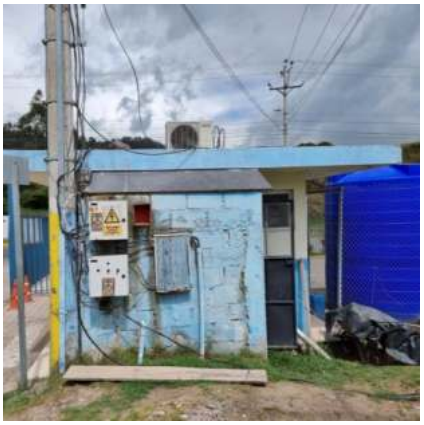
EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 001**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

GARITA - INGRESO PRINCIPAL



Fotografía No. 1 Ingreso Garita

Fotografía No. 2 Garita Posterior



Fotografía No. 3 Contaminacion Visual – Instalaciones eléctricas

Fotografía No. 4 Adecentamiento de espacios libres

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento de la infraestructura.
- Presencia de humedad en losa de cubierta por obstrucción en bajantes de agua lluvia.
- No existe adecentamiento de espacios libres que se encuentran adyacentes a la infraestructura.
- Contaminación visual que genera por las instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias imprevistas.
- Uso inadecuado de los espacios.
- Estructuras con inadecuada ubicación que obstaculizan el acceso peatonal y vehicular.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

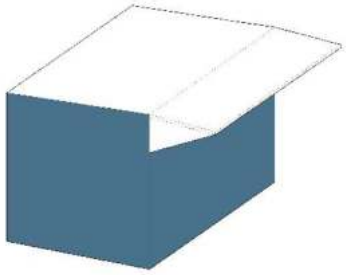
- Pintura exterior e interior
- Tratamiento de humedad (Losa)
  - ✓ Buscar en la losa, algún estancamiento de agua.
  - ✓ Una vez detectado el origen de la humedad, secar bien, reparar la zona si procede, limpiar e impermeabilizar toda la zona de manera óptima.
  - ✓ En la parte del techo donde está la humedad, limpiar bien las manchas de humedad y moho, con un trapo y lejía, o producto específico para ello.
  - ✓ Impermeabilizar por la parte de abajo con sellador y dejar secar.
  - ✓ Aplicar pintura impermeabilizante y dejar secar.

CANTIDAD

- 71.12 m2 lijado y estucado.
- 71.12 m2 pintura.
- 45.22 m2 losa.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 002**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

BASCULA DE PESAJE Y OFICINA



Fotografía No. 5 Deterioro Oficina de pesaje

Fotografía No. 6 Bascula de pesaje

Fotografía No. 7 Ingreso Oficina de Pasaje

Fotografía No. 8 Bascula de pesaje 2

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento de la infraestructura.
- Espacio insuficiente.
- Mejorar el acondicionamiento de la oficina de pesaje.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

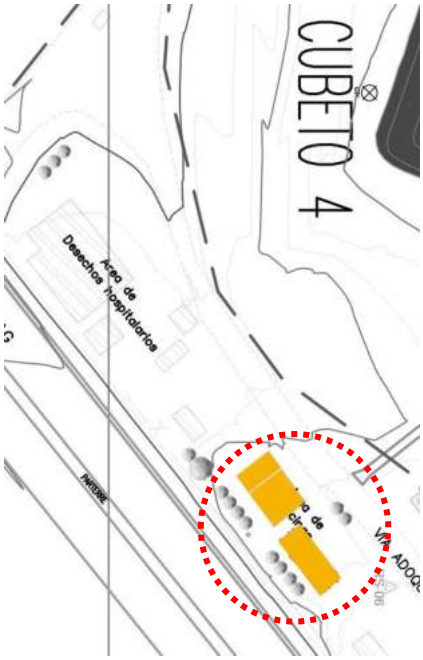
- Pintura exterior e interior
- Impermeabilizante de cubierta
  - ✓ Elegir un buen impermeabilizante.
  - ✓ Limpiar cualquier resto o suciedad existente.
  - ✓ Reparar y sellar grietas.
  - ✓ Dejar secar el sellador por al menos 6 horas.
  - ✓ Aplicar la primera y dejar secar 4 a 8 horas.
  - ✓ Aplicar la segunda y dejar secar 4 horas.
  - ✓ Aplicar una capa final y dejar secar 12 horas.

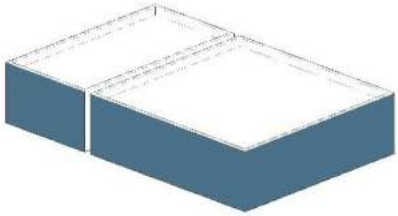
CANTIDAD

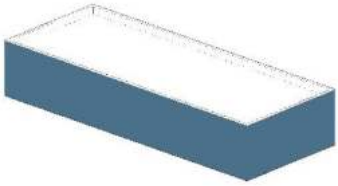
- 71.12 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 71.12 m2 pintura exterior e interior.
- 14.32 m2 pintura cubierta.
- 1 puerta.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 003**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y DISPENSARIO MÉDICO







Fotografía No. 9 Oficinas y Dispensario Médico

Fotografía No. 10 Sala de Reuniones

Fotografía No. 11 Área de circulación

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo.
- Se encuentra en buen estado la infraestructura.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE	**X**	REGULAR		DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

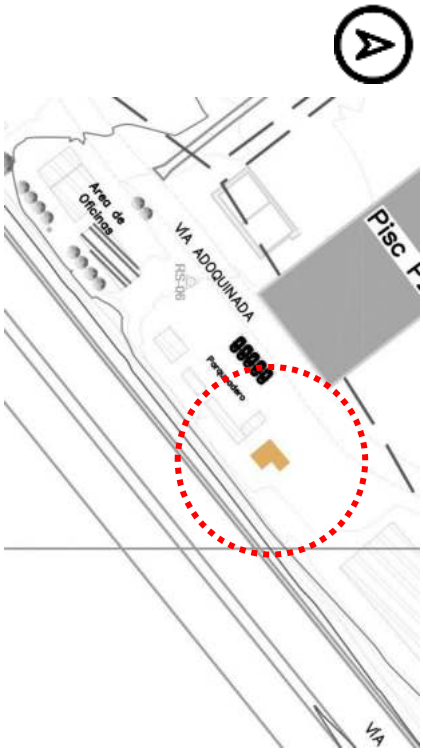
- Pintura exterior e interior
- Tratamiento de humedad (Losa)
  - ✓ Buscar en la losa, algún estancamiento de agua.
  - ✓ Una vez detectado el origen de la humedad, secar bien, reparar la zona si procede, limpiar e impermeabilizar toda la zona de manera óptima.
  - ✓ En la parte del techo donde está la humedad, limpiar bien las manchas de humedad y moho, con un trapo y lejía, o producto específico para ello.
  - ✓ Impermeabilizar por la parte de abajo con sellador y dejar secar.
  - ✓ Aplicar pintura impermeabilizante y dejar secar.

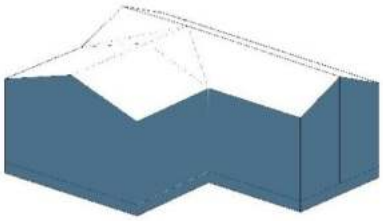
CANTIDAD

- 332.4 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 332.4 m2 pintura exterior e interior.
- 194.9 m2 losa.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 004**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

OFICINA 2





Fotografía No. 12 Ingreso Oficina 2

Fotografía No. 13 Materialidad

Fotografía No. 14 Deterioro de la infraestructura

Fotografía No. 15 Exterior Oficina 2

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento de la infraestructura.
- Inestabilidad en la estructura.
- Mejorar el acondicionamiento interno.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

- Pintura exterior e interior.
- Mantenimiento pisos.
  - ✓ Elegir un buen impermeabilizante para madera.
  - ✓ Limpiar correctamente cualquier mancha o suciedad.
  - ✓ Dejar que se seque por completo antes de comenzar a trabajar.
  - ✓ Aplicar la solución impermeabilizante, en capas finas y uniformes.
  - ✓ Verificar que el sellador cubra toda la superficie de la madera, si no es así, repetir el proceso hasta lograr un buen acabado y mayor durabilidad.

- Impermeabilizante de cubierta.
  - ✓ Elegir un buen impermeabilizante
  - ✓ Limpiar cualquier resto o suciedad existente
  - ✓ Reparar y sellar grietas
  - ✓ Dejar secar el sellador por al menos 6 horas
  - ✓ Aplicar la primera y dejar secar 4 a 8 horas
  - ✓ Aplicar la segunda y dejar secar 4 horas
  - ✓ Aplicar una capa final y dejar secar 12 horas

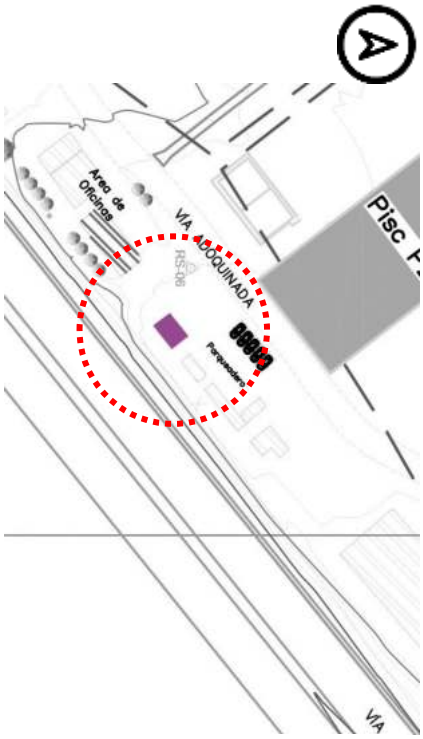
- Reforzar estructura de madera.
  - ✓ Sustituir elementos de madera que se encuentran dañadas.
  - ✓ Refuerzos de elementos de madera con elementos metálicos clavados y atornillados para mayor seguridad y estabilidad estructural.
  - ✓ Refuerzo de elementos de madera mediante encolado con madera.

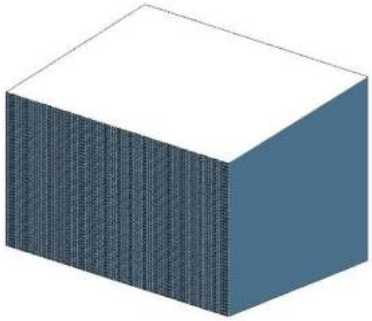
CANTIDAD

- 138 m2 lijado y estucado.
- 138 m2 pintura.
- 72.34 m2 piso.
- 60 m2 cubierta.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 005**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

PLANTA – AGUA POTABLE





Fotografía No. 16 Planta de Agua Potable

Fotografía No. 17 Afectaciones y deterioros bodega

Fotografía No. 18 Exterior Infraestructura

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo.
- Manchas y abombamiento en las paredes por humedad.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE	**X**	REGULAR		DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

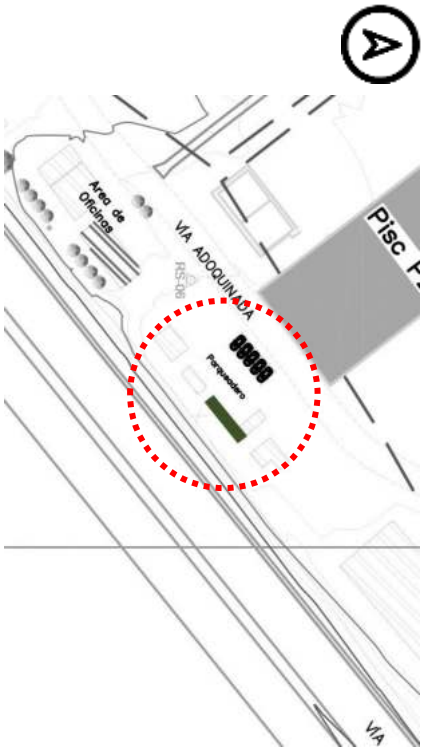
- La planta de tratamiento de agua no requiere ninguna intervención, debe continuar en constante mantenimiento.
- La bodega necesita pintura exterior e interior.
- Tratamiento de humedad, zócalo.
    - ✓ Análisis previo para un buen proceso.
    - ✓ Consideraciones Técnicas.
    - ✓ Productos recomendados (Impermeabilizantes en zócalos).
    - ✓ Pintura.
    - ✓ Aditivo.

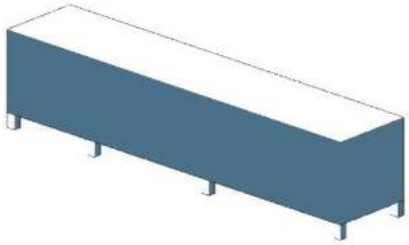
CANTIDAD

- 35 m2 lijado y estucado.
- 35 m2 pintura.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 006**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

VESTIDORES HOMBRES





Fotografía No. 19 Corrosión

Fotografía No. 20 Deterioro

Fotografía No. 21 Mala implantación

OBSERVACIÓN:

- Corrosión de la infraestructura.
- Descuido en el mantenimiento interno y externo.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

- Tratamiento de oxido y corrosión.
  - ✓ Quizá la manera correcta para una larga vida de un container es tratarlo a tiempo y evitar la degradación. Teniendo en cuenta un mantenimiento continuo y la inspección periódica.
  - ✓ Limpiar con un chorro de arena de oxido.
  - ✓ Sellar
  - ✓ Pintar
  - ✓ Para mantener y no tener que recurrir solo a la arena de óxido, se puede tratar de manera individual las manchas de oxido con un cepillo de alambre y papel lija.
  - ✓ Eliminando el óxido, usar vinagre y frotar sobre las áreas limpias y dejar secar.
  - ✓ Después pintar directamente al metal.

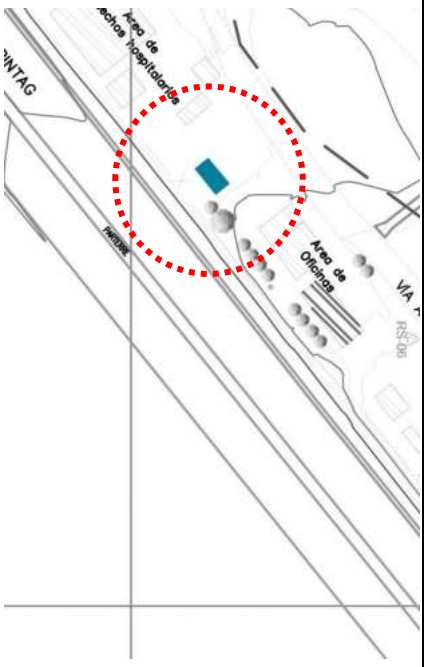
- Pintura exterior e interior.

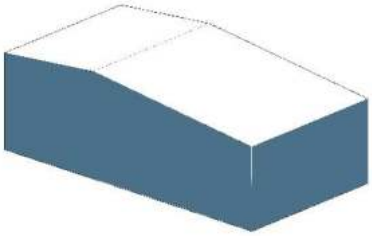
CANTIDAD

- 44 m2 lijado exterior.
- 44 m2 pintura exterior.
- 43 m2 lijado interior.
- 43 m2 pintura interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 007**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

VESTIDORES





Fotografía No. 22 Lavadero

Fotografía No. 23 Área en abandono

Fotografía No. 24 Estructuras obsoletas

Fotografía No. 25 Vista frontal, vestidores.

OBSERVACIÓN:

- Algunos materiales utilizados en puertas y ventanas, madera principalmente, tienden a deformarse y degradarse por la falta de mantenimiento y uso inadecuado.
- Instalaciones en descuido total.
- Falta de limpieza en las instalaciones.
- Revestimientos: grietas y fisuras, suciedad, manchas.
- Pintura: abombamientos, manchas.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

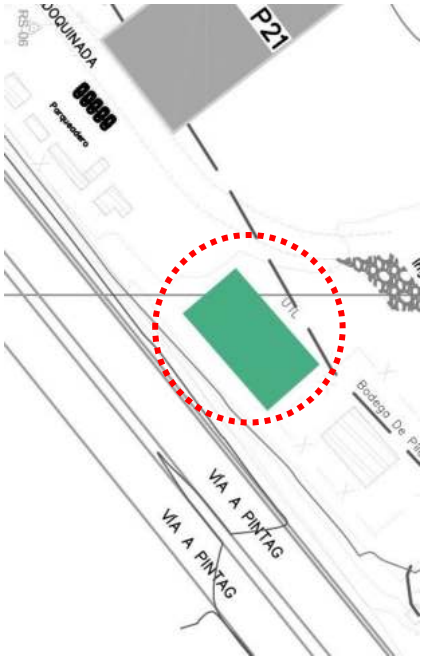
- Pintura exterior e interior.
- Tratamiento de humedad, zócalo.
  - ✓ Análisis previo para un buen proceso.
  - ✓ Consideraciones Técnicas.
  - ✓ Productos recomendados (Impermeabilizantes en zócalos).
  - ✓ Pintura.
  - ✓ Aditivo.

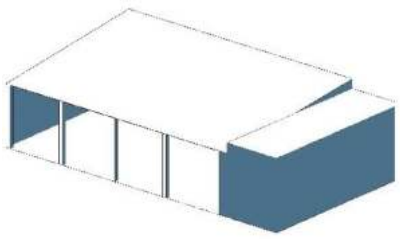
CANTIDAD

- 60 m2 lijado y estucado exterior e interior
- 60 m2 pintura exterior e interior

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 008**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

AREA UTL (Mantenimiento, soldadura, vulcanizadora).





Fotografía No. 26 Falta de mantenimiento preventivo interno y externo.

Fotografía No. 27 Pisos agrietados

Fotografía No. 28 Área de mantenimiento, soldadura y vulcanizadora

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo.
- El piso de las áreas se encuentra agrietados y en deterioro.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE	**X**	REGULAR		DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

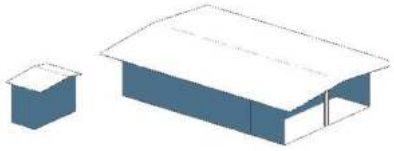
- Pintura exterior e interior.
- Pintura de la estructura metálica.

CANTIDAD

- 900 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 900 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 009**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

BODEGA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL.



Fotografía No. 29 Bodega de almacenamiento temporal de residuos de manejo especial

Fotografía No. 30 Baños y Bodega

Fotografía No. 31 Vista exterior bodegas

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo.
- Revestimientos: grietas y fisuras, suciedad, manchas.
- Pintura: abombamientos, manchas.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE	**X**	REGULAR		DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

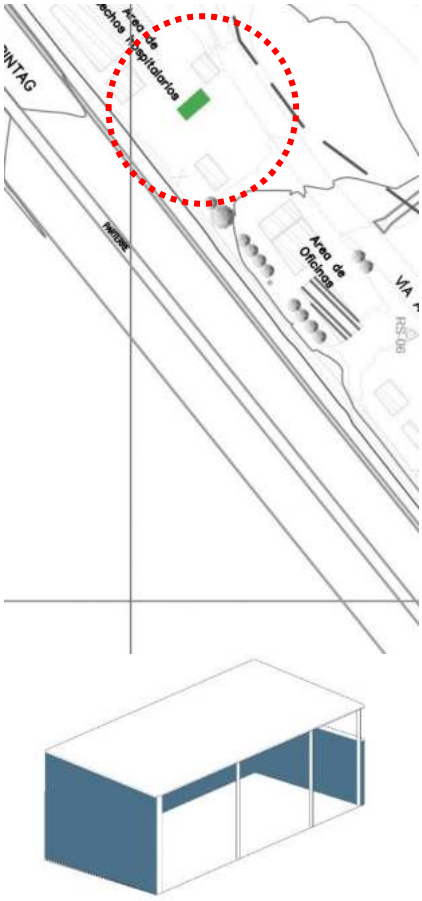
- Tratamiento de humedad, zócalo.
  - ✓ Análisis previo para un buen proceso.
  - ✓ Consideraciones Técnicas.
  - ✓ Productos recomendados (Impermeabilizantes en zócalos).
  - ✓ Pintura.
  - ✓ Aditivo.
- Pintura exterior e interior.

CANTIDAD

- 210 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 210 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 010**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA DE LAVADO DE BOTAS Y PARQUEADERO PRINCIPAL.



Fotografía No. 32 Descuido de parqueadero, mala distribución.

Fotografía No. 33 Área de lavado de botas.

Fotografía No. 34 Deficiente el acondicionamiento de área de lavado.

OBSERVACIÓN:

- Mejorar y acondicionar, el espacio del área de lavado y parqueadero.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

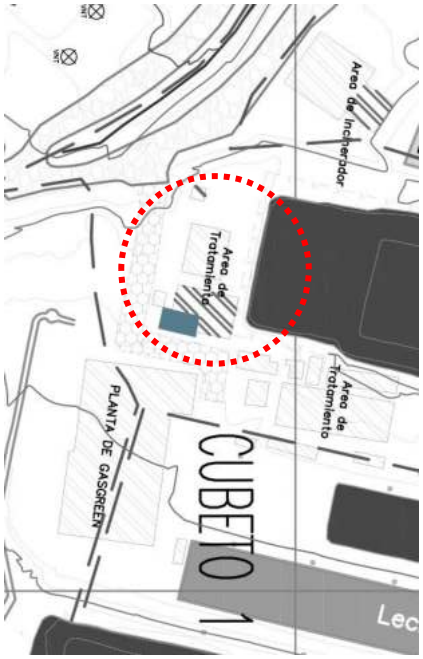
- Pintura exterior e interior.
- Revestimiento del piso

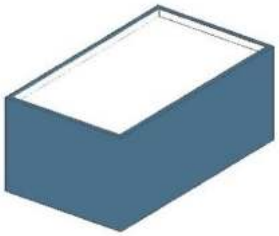
CANTIDAD

- 75 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 75 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 011**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

AREA DE TRATAMIENTO – GENERADOR Y CAMARA DE PLANTA DE LIXIVIADOS, TRANSFORMADOR.





Fotografía No. 35 Deterioro Cámara de planta de lixiviados.

Fotografía No. 36 Corrosión de puertas y ventanas.

Fotografía No. 37 Falta de mantenimiento en los baños.

Fotografía No. 38 Aceras en mal estado

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
- Mal funcionamiento y deterioro de las instalaciones.
- Aceras en mal estado.
- Corrosión de puertas y ventanas.
- Contaminación visual generada por las instalaciones eléctricas imprevistas.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

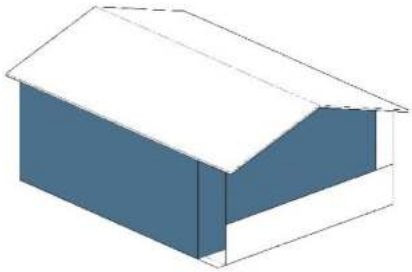
- Tratamiento de humedad, zócalo.
  - ✓ Análisis previo para un buen proceso.
  - ✓ Consideraciones Técnicas.
  - ✓ Productos recomendados (Impermeabilizantes en zócalos).
  - ✓ Pintura.
  - ✓ Aditivo.
- Pintura exterior e interior.
- Tratamiento de oxido y corrosión de puertas y ventanas.
  - ✓ Tratar de manera individual las manchas de oxido con un cepillo de alambre y papel lija.
  - ✓ Eliminando el óxido, usar vinagre y frotar sobre las áreas limpias y dejar secar.
  - ✓ Después pintar directamente al metal.
- Instalaciones eléctricas
  - ✓ Mejorar la distribución tomando en cuenta la normativa.
  - ✓ Instalaciones seguras (Proteger)
- Reparación de la ventana principal.

CANTIDAD

- 225 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 225 m2 pintura exterior e interior.
- 1 ventana

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 012**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

PLANTA DE TRATAMIENTO PTL



Fotografía No. 39 Falta de mantenimiento exterior de oficina PTL

Fotografía No. 40 Interior oficina, Inadecuación de instalaciones eléctricas.

Fotografía No. 41 Ingreso Oficina PTL

OBSERVACIÓN:

- Falta mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura, externa e interna.
- No existe adecentamiento de espacios libres que se encuentran adyacentes a la infraestructura.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

- Pintura exterior e interior.

- Mantenimiento pisos.
  - ✓ Elegir un buen impermeabilizante para madera.
  - ✓ Limpiar correctamente cualquier mancha o suciedad.
  - ✓ Dejar que se seque por completo antes de comenzar a trabajar.
  - ✓ Aplicar la solución impermeabilizante, en capas finas y uniformes.
  - ✓ Verificar que el sellador cubra toda la superficie de la madera, si no es así, repetir el proceso hasta lograr un buen acabado y mayor durabilidad.

CANTIDAD

- 102 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 102 m2 pintura exterior e interior
- 29 m2 piso.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 013**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

PLANTA DE TRATAMIENTO PTL-BODEGAS

Fotografía No. 42 Container en mal estado.

Fotografía No. 43 Áreas sin mantenimiento

Fotografía No. 44 Container se encuentran en desuso.

Fotografía No. 45 No existe mantenimiento preventivo

Fotografía No. 46 Falta de higiene y salubridad

OBSERVACIÓN:

- La infraestructura se encuentra en mal estado.
- Total, abandono, se encuentran obsoletas y en desuso.
- Falta de salubridad e higiene.
- No existe mantenimiento preventivo y correctivo.
- Los pisos de las áreas se encuentran agrietados y en deterioro.
- Manchas y abombamiento en las paredes por humedad.
- Algunos materiales utilizados en puertas y ventanas, madera principalmente, tienden a deformarse y degradarse en su apariencia con los cambios de temperatura.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR		**DEFICIENTE**	**X**

REUTILIZACIÓN

SI		NO	**X**

Nota: La infraestructura no podrá ser utilizada porque ha llegado al final de su vida útil.

Podría utilizarse un 50% de ciertos materiales como: la cubierta y puertas que se pueden reponer las fallas o ser remplazadas con algunas piezas. Sirviendo para una nueva infraestructura.

MANTENIMIENTO

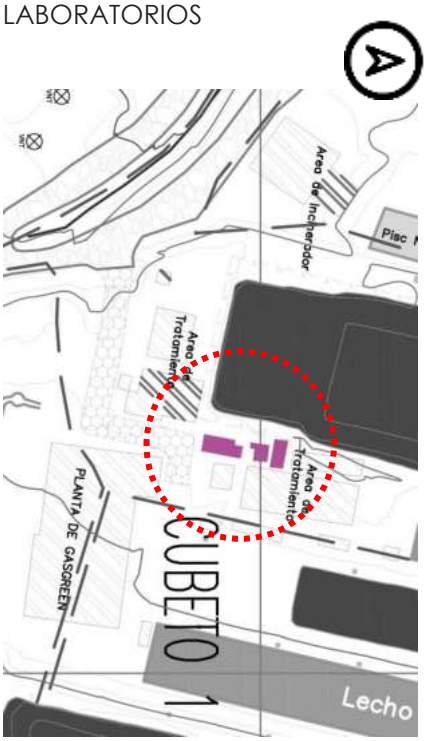
- Pintura exterior e interior.
- Mantenimiento pisos.
  - ✓ Elegir un buen impermeabilizante para madera.
  - ✓ Limpiar correctamente cualquier mancha o suciedad.
  - ✓ Dejar que se seque por completo antes de comenzar a trabajar.
  - ✓ Aplicar la solución impermeabilizante, en capas finas y uniformes.
  - ✓ Verificar que el sellador cubra toda la superficie de la madera, si no es así, repetir el proceso hasta lograr un buen acabado y mayor durabilidad.

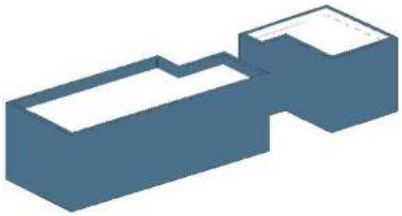
CANTIDAD

- 102 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 102 m2 pintura exterior e interior
- 29 m2 piso.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 014**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

LABORATORIOS





Fotografía No. 47
Laboratorios, ingreso.

Fotografía No. 48
Falta de higiene en el laboratorio.

Fotografía No. 49
Deformación de la mampostería.

Fotografía No. 50
Ausencia de higiene

Fotografía No. 51
Corrosión de la infraestructura

Fotografía No. 52
Carencia de mantenimiento preventivo y correctivo

OBSERVACIÓN:

- Falta mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
- Grietas/Fisuras en la mampostería
- Falta de higiene y salubridad: baño y laboratorio.
- Deterioro de los anclajes (elementos de fijación inodoro, piso e inodoro-tanque)
- Corrosión de la infraestructura
- Focos de Humedad/Hongos.
- Deformaciones (alineamiento de pared o desplome).
- Falta de limpieza en la losa de cubierta.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

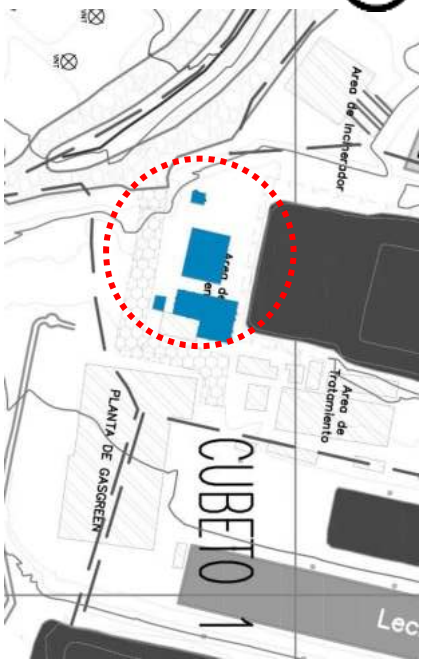
- Tratamiento de humedad (Losa)
  - ✓ Buscar en la losa, algún estancamiento de agua.
  - ✓ Una vez detectado el origen de la humedad, secar bien, reparar la zona si procede, limpiar e impermeabilizar toda la zona de manera óptima.
  - ✓ En la parte del techo donde está la humedad, limpiar bien las manchas de humedad y moho, con un trapo y lejía, o producto específico para ello.
  - ✓ Impermeabilizar por la parte de abajo con sellador y dejar secar.
  - ✓ Aplicar pintura impermeabilizante y dejar secar.
- Tratamiento de oxido y corrosión estructura metálica en el techo.
  - ✓ Evaluación
  - ✓ Preparación de la superficie, limpieza con químicos, físicos, arenados o granallados.
  - ✓ Aplicación de protección: pinturas, pigmentos o resinas.
  - ✓ Mantenimiento: preventivo y periódico tanto en las zonas visibles como de aquellas que están menos a la vista.
  - ✓ Es necesario redoblar el esfuerzo y fijar programas periódicos de actuación.
- Pintura exterior e interior.

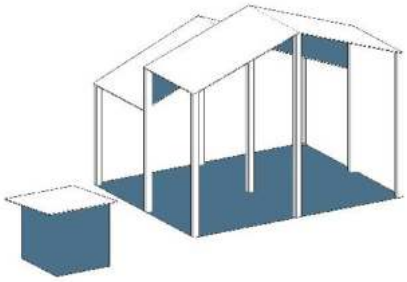
CANTIDAD

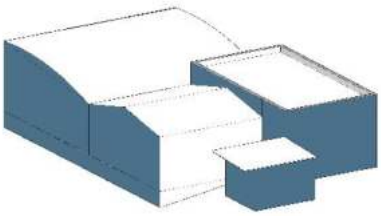
- 1120 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 1120 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 015**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA DE VSP







Fotografía No. 53 Ingreso Área VSP

Fotografía No. 54 Falta de acondicionamiento

Fotografía No. 55 Deterioro de infraestructura

Fotografía No. 56 Vestidores del Área VSP

Fotografía No. 57 Corrosión de la estructura

Fotografía No. 58 Cuarto controles eléctricos

OBSERVACIÓN:

- Mejorar el acondicionamiento del espacio donde se encuentra la infraestructura.
- Falta de mantenimiento preventivo de la infraestructura y de los equipos existentes.
- Manchas y abombamiento en las paredes por humedad.
- Deterioro de la estructura de área de oficinas y vestidores.
- Contaminación visual de elementos que se encuentran esparcidos por el lugar.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

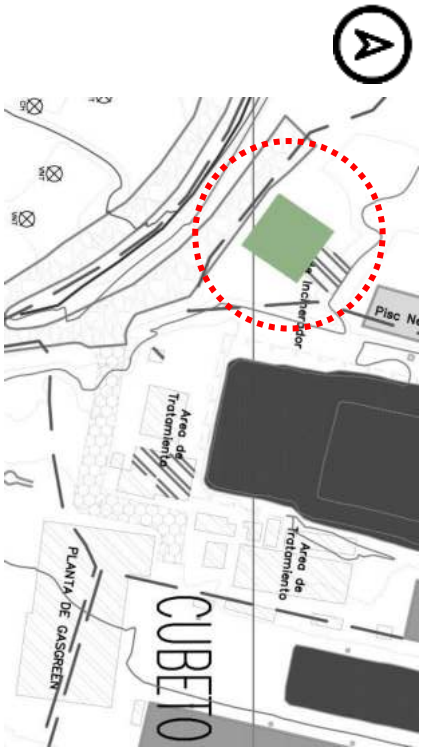
- Tratamientos anticorrosivos para estructuras metálicas.
  - ✓ Evaluación de condiciones
  - ✓ Preparación de la superficie, limpieza.
  - ✓ Aplicación de protección: pinturas, pigmentos o resinas.
  - ✓ Mantenimiento: preventivo y periódico tanto en las zonas visibles como de aquellas que están menos a la vista.
- Pintura de la estructura.
  - ✓ Aplicar una base, con el objeto de tapas los poros de la superficie metálica.
  - ✓ Pinturas industriales (látex o acrílica).
- Tratamiento de humedad, zócalo (Vestidores, oficinas y cuarto de control VSP).
  - ✓ Análisis previo para un buen proceso.
  - ✓ Consideraciones Técnicas.
  - ✓ Productos recomendados (Impermeabilizantes en zócalos).
  - ✓ Pintura.
  - ✓ Aditivo.
- Pintura exterior e interior.

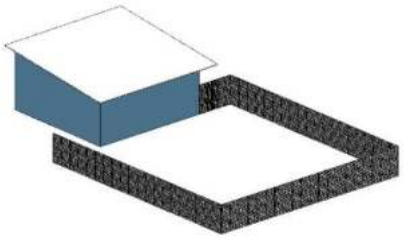
CANTIDAD

- 465 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 465 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 016**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

BODEGA Y CUARTO FRIO





Fotografía No. 59 Área bodega y Cuarto frio

Fotografía No. 60 Ausencia de mantenimiento preventivo exterior

Fotografía No. 61 Fachada frontal

Fotografía No. 62 Estructura de cubierta

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
- Manchas y abombamiento en las paredes por humedad.
- Mejorar el acondicionamiento del espacio donde se encuentra la infraestructura.
- Revestimientos: grietas y fisuras, suciedad, manchas, despegue.
- Pintura: abombamientos, despegues, manchas.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

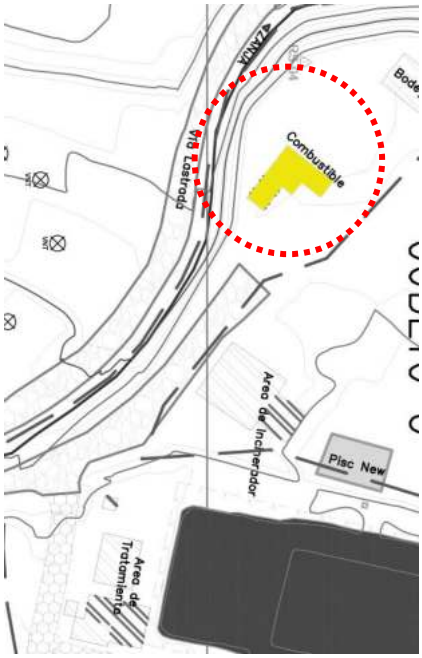
- Pintura exterior e interior.

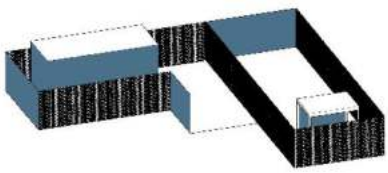
CANTIDAD

- 252 m2 lijado y estucado exterior e interior.
- 252 m2 pintura exterior e interior.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 017**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA DE CARGA DE COMBUSTIBLE





Fotografía No. 63 Bodega de almacenamiento de tanques.

Fotografía No. 64 Exterior oficina, carga combustible.

Fotografía No. 65 Área de carga de combustible.

Fotografía No. 66 Falta de mantenimiento exterior.

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
- Mejorar la bodega de almacenamiento de los tanques.
- Mejorar el acondicionamiento del espacio donde se encuentra la infraestructura.
- Contaminación visual de elementos que se encuentran esparcidos por el lugar.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR	**X**	DEFICIENTE	

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

MANTENIMIENTO

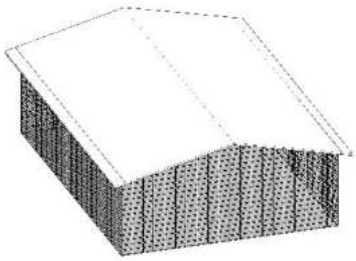
- No Requiere ninguna intervención, debe continuar en constante mantenimiento con respecto a la infraestructura.
- La bodega de almacenamiento de tanques necesita revestimiento del piso.

CANTIDAD

- 18 m2 revestimiento de piso.

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 018**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA BODEGA DE SEGUNDA



Fotografía No. 67 Bodega de objetos en desuso.

Fotografía No. 68 Corrosión de la estructura y malla.

Fotografía No. 69 Vista lateral bodega.

Fotografía No. 70 Vista frontal bodega.

OBSERVACIÓN:

- Falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
- Corrosión en la estructura.
- Contaminación visual de elementos que se encuentran esparcidos por el lugar.
- Bodega con elementos que se encuentran en desuso.

CONDICIÓN DEL DETERIORO

ACEPTABLE		REGULAR		DEFICIENTE	**X**

REUTILIZACIÓN

SI	**X**	NO	

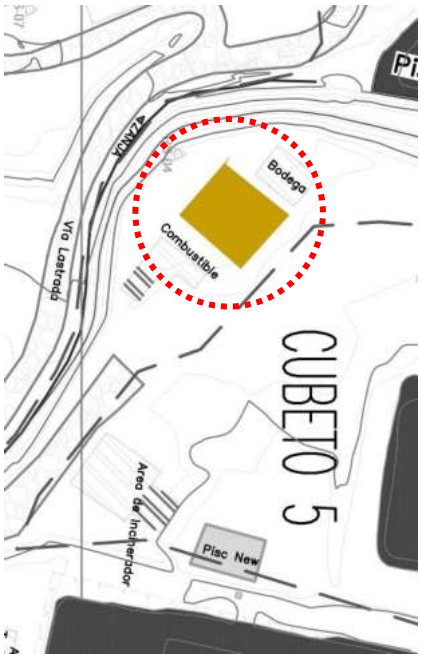
MANTENIMIENTO

- Tratamientos anticorrosivos para estructuras metálicas.
  - ✓ Evaluación de condiciones
  - ✓ Preparación de la superficie, limpieza.
  - ✓ Aplicación de protección: pinturas, pigmentos o resinas.
  - ✓ Mantenimiento: preventivo y periódico tanto en las zonas visibles como de aquellas que están menos a la vista.

- Pintura de la estructura.
  - ✓ Aplicar una base, con el objeto de tapas los poros de la superficie metálica.
  - ✓ Pinturas industriales (látex o acrílica).

EVALUACIÓN INICIAL DEL COMPLEJO Y SUS INSTALACIONES	**FICHA: 019**
FECHA:	MAYO 2022
RESPONSABLE:	Mtr. Arq. Liliana Chavez Alvarez
UBICACIÓN:	**ESTADO ACTUAL:**

ÁREA ABIERTA



Fotografía No. 71 Descuido del complejo.

Fotografía No. 72 Contaminación visual.

Fotografía No. 73 Obsolescencia.

Fotografía No. 74 Obstaculización de elementos en el complejo.

OBSERVACIÓN:

- Descuido total en el complejo
- Falta de mantenimiento.
- Contaminación visual.
- Falta de limpieza del lugar.
- Existe obsolescencia del complejo y muchos elementos en desuso que pueden ser desechados o reutilizados.

3.3 DIAGNOSTICO

3.3.1 ANALISIS

Este análisis comprende el estado actual de acuerdo a varias consideraciones indicadas con anterioridad.

Inmediatamente, se puede establecer que existe una deficiencia de las instalaciones y complejo, que sin duda obedece a un panorama complejo de circunstancias, pero que inevitablemente terminan por afectar la vida útil de las infraestructuras.

- La vida útil de las infraestructuras se ve afectada por la exposición a acciones degradantes y por varios agentes como: el agua que causa varios deterioros que afectan en diversas formas los materiales y los componentes de cada edificación, el sol que afecta notablemente ciertos materiales los cuales son sensibles a la exposición directamente de sus rayos, el viento causante de abrasiones en los materiales expuestos, y los cambios ambientales.
- Algunas de las edificaciones tal vez han cambian de uso y fueron sometidas a cargas de servicio diferentes a las proyectadas, además de verse
  sometidas a sismos; lo cual puede generar el deterioro de la estructura. También se
  presentan situaciones de carácter excepcional tales como: asentamientos del terreno, fuego y explosiones.

3.4 OPORTUNIDAD DE MEJORA

- Realizar labores de mantenimiento preventivas y correctivas que garanticen el estado de servicio de las edificaciones. Por lo general las infraestructuras se encuentran en estado bueno – regular, que algunas de ellas podemos reutilizar y reciclar; la estructura y el espacio de equipamiento.
- Hacer un análisis de sus implicaciones y valorar con ello la importancia de la elaboración de una estrategia de actuación, reflexionando sobre el reciclaje desde cinco acciones: re_mirar, re_pensar, re_programar, re_diseñar y re_vivir.
- Reciclaje de infraestructura para promover un uso sostenible de los recursos renovables (ecológica, económica y social):
  -Reciclaje de materiales
  -Reutilización de materiales, productos o sistemas constructivos
  -Reutilización de edificaciones o construcciones que se encuentran obsoletas.
- No se trata de solo de una rehabilitación ni restauración, aunque el procedimiento de reutilización puede incluir otras técnicas. Lo fundamental es ver que muchos de los equipamientos son subutilizados y necesitan una reprogramación funcional.
- Por último, se establecerán conclusiones de recomendación de actuación de reciclaje de infraestructura basadas en la creatividad y la innovación, que suponen un cambio de mentalidad, hacia una arquitectura más sostenible.

4 RECICLAJE DE INFRAESTRUCTURA

4.1 RECICLAJE DE INFRAESTRUCTURAS OBSOLETAS

Existe casos notables de infraestructuras obsoletas en el Relleno Sanitario que mediante la reprogramación funcional y aprovechando las posibilidades intrínsecas de construcciones no concebidas, puedan albergar espacios con nuevos usos para evitar el deterioro.

4.1.1 EL RECICLAJE Y LA REUTILIZACION

El reciclaje es una de las estrategias que promueven un uso sostenible de los recursos y evita la contaminación. Muchos de los casos, existen infraestructuras que ya llegaron a su vida final útil, es decir, que ya no podrán ser habitables, pero si se podrán reciclar.

En el campo de la arquitectura entendemos reciclaje por:

- Reciclaje de materiales de desecho como: estructuras de acero, estructuras de madera.
- Reutilización de construcciones obsoletas. No se trata de una rehabilitación, ni una restauración porque requiere de una técnica diferente, la reutilización. Lo fundamentas es la reprogramación funcional porque no implica actuación material sobre la preexistencia, que puede estar en perfecto estado de conservación y mantenimiento. Esta estrategia es muy importante por la producción de resultados más relevantes.

4.2 APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS

Tomaremos en cuenta siete principios para la reutilización y reciclaje: economía, reprogramación, temporalidad, incertidumbre, amnistía, desmaterialización y proximidad.

Al principio se ha evaluado el complejo y todas sus instalaciones, donde hemos analizado cada una de sus infraestructuras realizando una tabla para señalar la condición del deterioro y si se podía o no reutilizar la infraestructura.

Después de las inspecciones y análisis se ha considerado que del 97% de las infraestructuras serán reutilizadas ya que muchas de ellas solo necesitan mantenimiento; y el 3% serán retiradas por que se encuentran en deterioro y han cumplido su vida final útil. Pero se podrá reciclar el 50% de sus materiales como: cubierta y parte de sus puertas y ventanas.

FIGURA 151. **COMPLEJO Y TODAS SUS INSTALACIONES**

Fuente: Elaboración Propia

5 PAISAJISMO

El paisajismo urbano adquiere cada vez más una gran importancia en el entorno urbano. La instauración de un paisaje vegetal abarca desde un aspecto meramente visual hasta una barrera física o visual, un generador de sombras en parques o jardines, etc. Además, en casos en los que haya una gran concentración de árboles puede ser un pulmón para descongestionar el ambiente atmosférico de la ciudad.

El paisajismo urbano y sus consideraciones:

- Beneficios de la implantación de árboles en el paisajismo urbano:
- Liberan oxígeno
- Regulan la temperatura y la humedad en el entorno urbano
- Fijan y absorben polvo
- Filtran radiaciones
- Amortiguan ruidos
- Favorecen la presencia e implantación de fauna.

Desde el punto de vista técnico la selección idónea del árbol va más allá del colorido o la altura que pueda conseguir, siendo ésta última la que mayores problemas genera debido a que no se tiene del todo en cuenta el desarrollo en ancho (ramificaciones) o alto (porte).

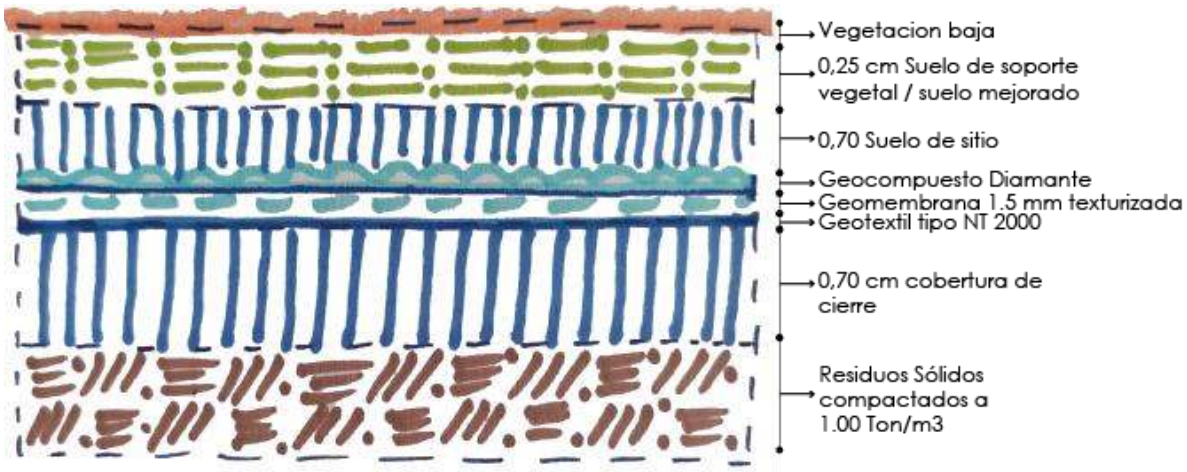
5.1 CONSIDERACIONES

La modificación de la naturaleza para crear nuevas formas y reflejar sus valores estéticos a través del paisajismo.

Por ello, es importante tener en cuenta la vegetación que se encuentra en el sector para, así, lograr adaptabilidad y se integre al espacio que lo rodea.

También es importante tener claro que la vegetación que se podrá utilizar en la gran mayoría del relleno, será vegetación baja, ya que la capa de cobertura vegetal se encuentra entre los 0.25 y 0.70 cm de profundidad.

FIGURA 152. **CAPA COBERTURA**



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1 CAPA VEGETAL PROPUESTA

Se elabora una tabla de la vegetación que serán implantadas:

FIGURA 153. **VEGETACIÓN DEL SECTOR**

Tipo 1 - AGAPANTO	Tipo 2 - ARALIA	Tipo 3 - ROHDEA JAPONICA
Tipo 4 - COSTILLA DE ADÁN	Tipo 5 - PLANTA ESPEJO	Tipo 6 - PLANTA ESPEJO
Tipo 7 – CARDO	Tipo 8 - CAREX 'KIOTO'	Tipo 9 – HIEDRA
Tipo 10 - SALPICHROA ORIGANIFOLIA	Tipo 11 - NARCISSUS TAZETTA L.	Tipo 12 - LÁGRIMAS DE LA VIRGEN

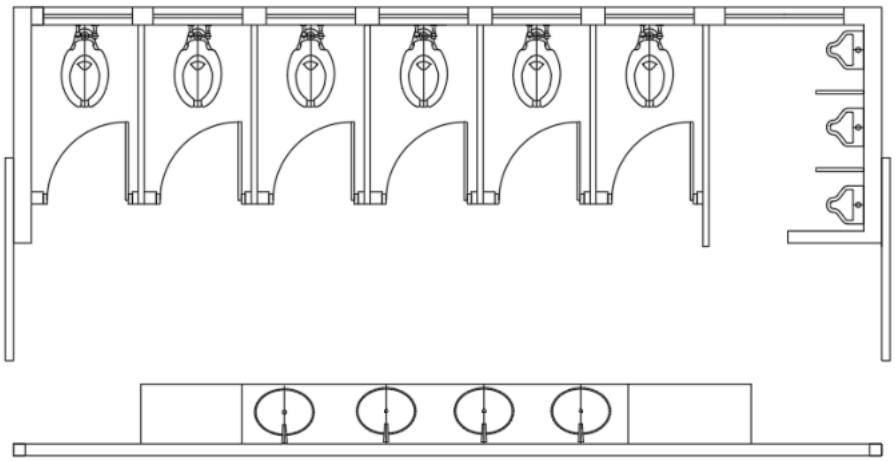
Tipo 13 - FLORA DE GALICIA	Tipo 14 – ORQUÍDEA	Tipo 15 – BROMELIA

6 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

6.1 EQUIPAMIENTO

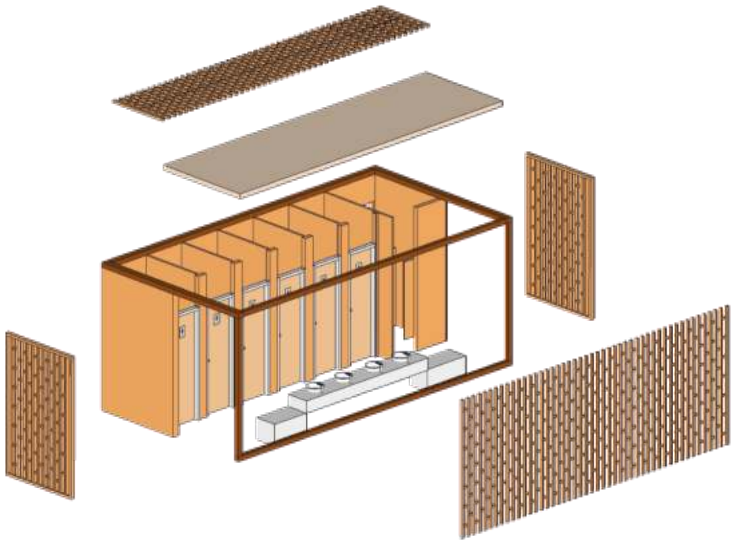
La importancia de incorporar baños públicos en el relleno sanitario, al menos en el área donde se encuentra gran parte de las infraestructuras como son las oficinas, es necesario y exige una normativa para los visitantes que usualmente frecuentan. Es por eso que se necesita implementar este equipamiento.

FIGURA 154. **PLANTA ARQUITECTÓNICA BAÑOS PÚBLICOS**



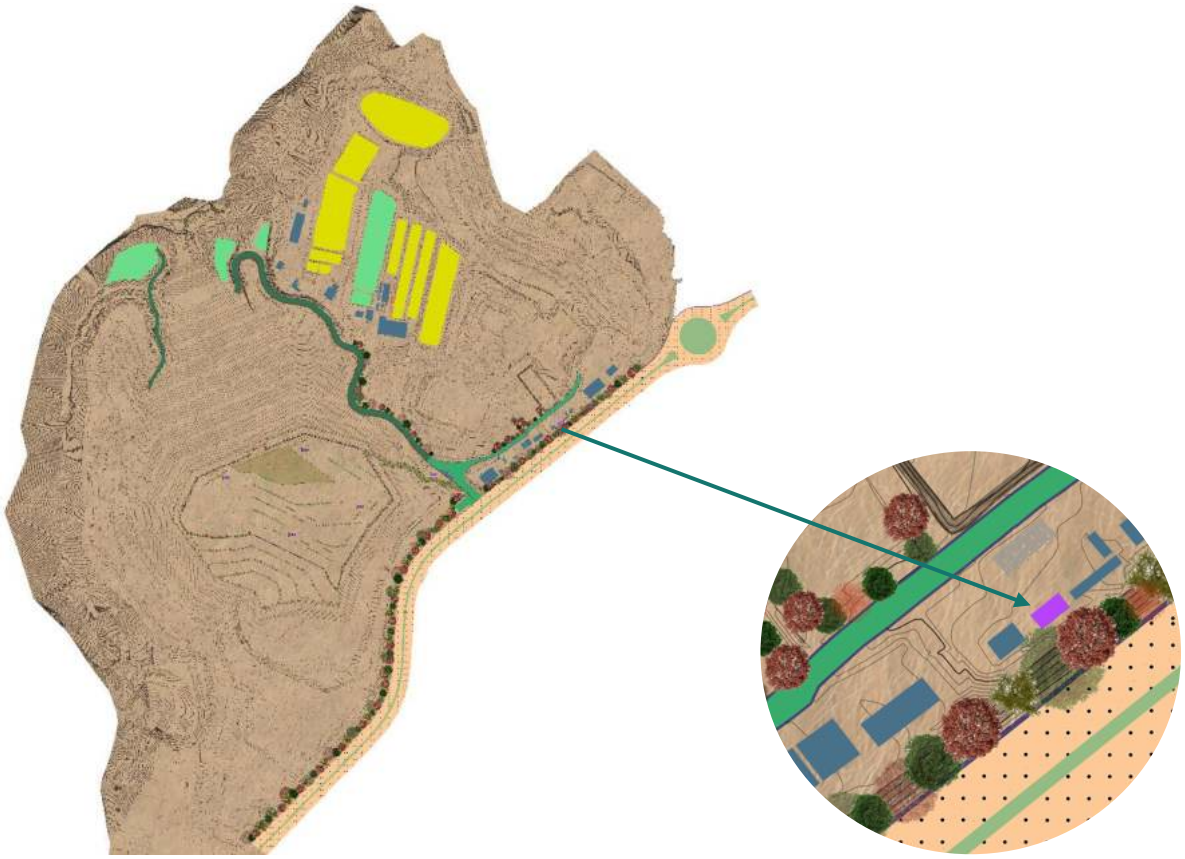
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 155. **PERSPECTIVA MÓDULO DE BAÑOS**



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 156. **UBICACIÓN DEL MODULO**



Fuente: Elaboración Propia

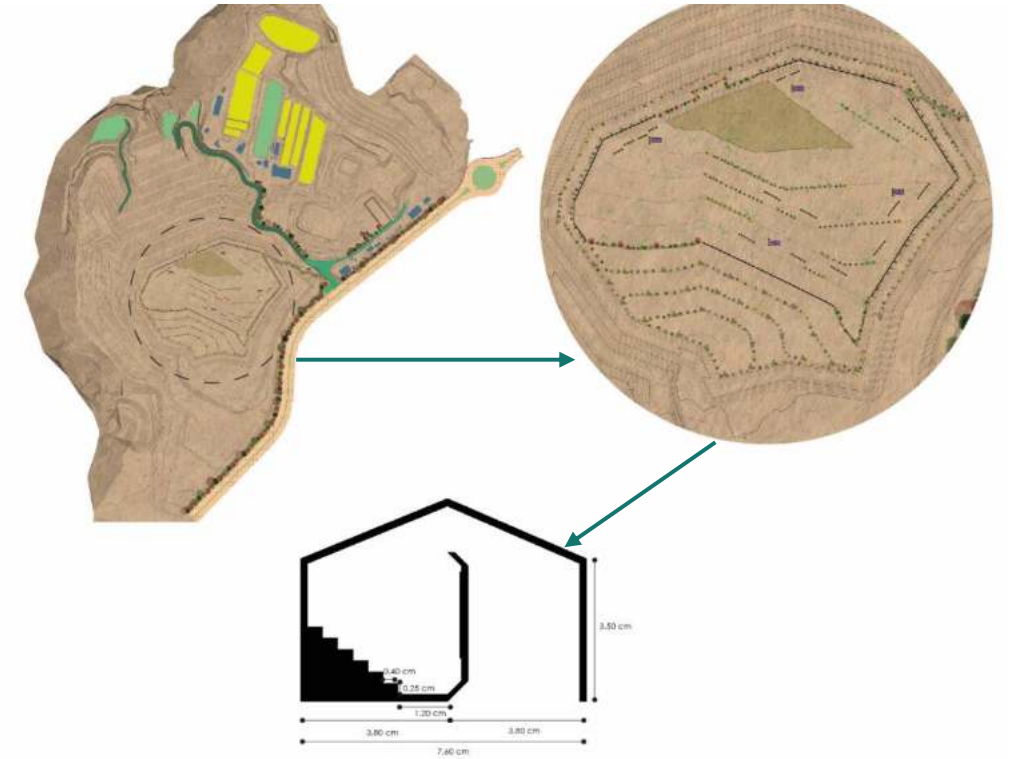
6.2 PIEZAS DE EQUIPAMIENTO

Las piezas de equipamiento es Incorporar mobiliario, también llamado elementos que son parte del mismo, esencial instalados para varios propósitos. Se propone diseñar un mirador donde se pueda apreciar el relleno sanitario en su totalidad, recorriendo el domo final, e implantación de mobiliario móvil, que responda y se adecue al espacio donde se encuentre ubicado. Así desarrollando un prototipo, de carácter modular y accesible, logrando cumplir con todas las necesidades.

FIGURA 157. **PROTOTIPO DE MOBILIARIO**

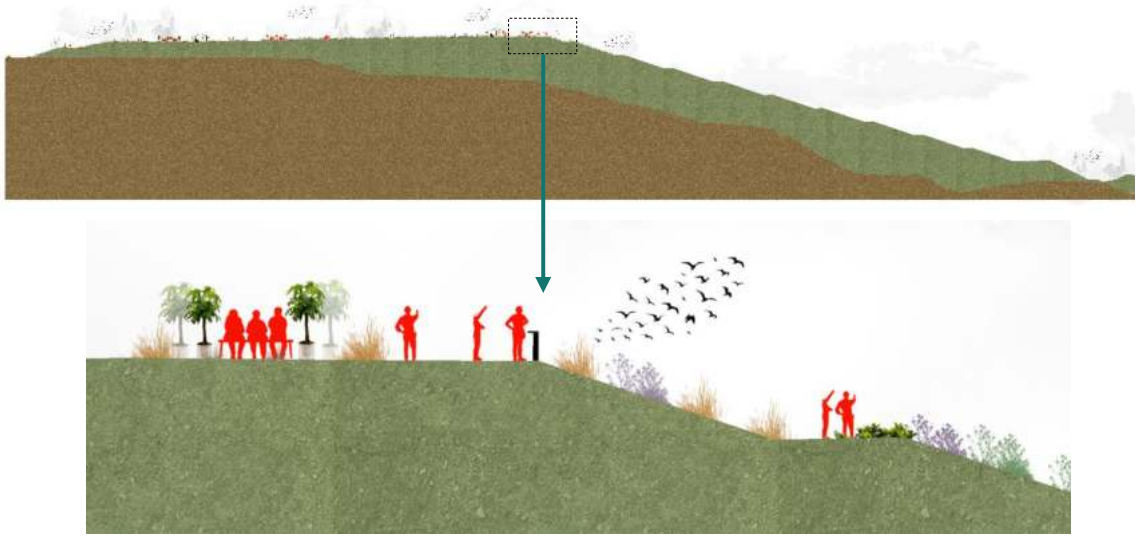
Fuente: HATCH ARQUITECTOS (https://www.hatcharquitectos.com/post/excelentes-ideas-para-mobiliario-urbano)

FIGURA 158. **UBICACIÓN MOBILIARIO**



Fuente: Elaboración Propia

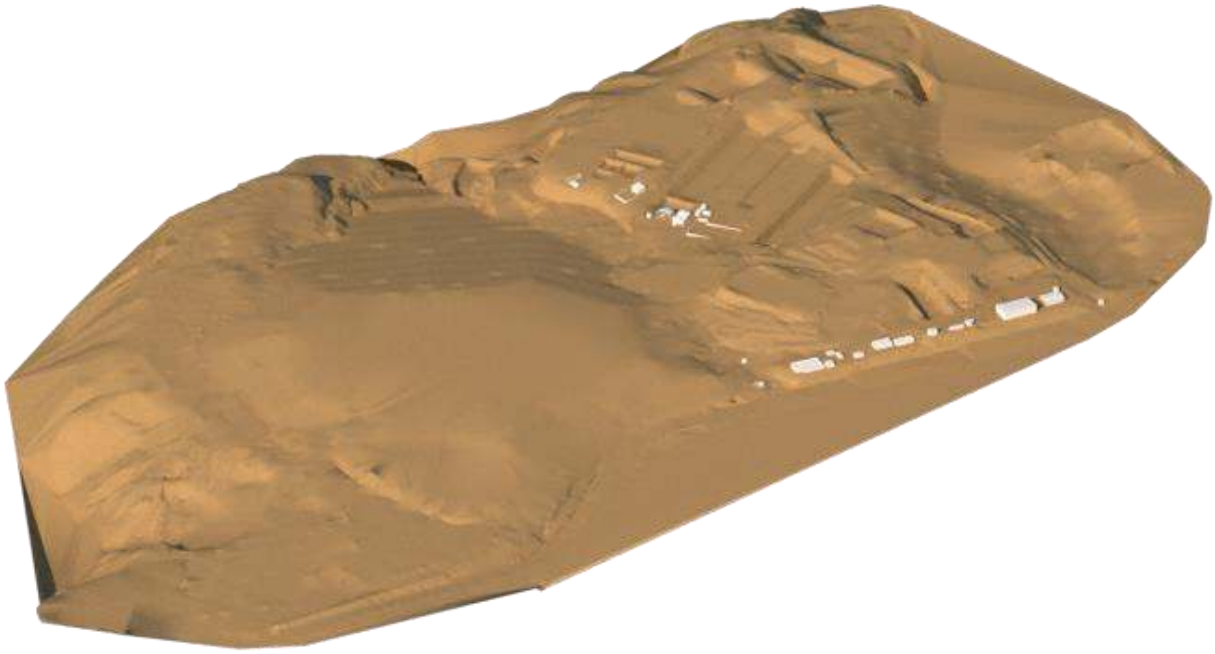
FIGURA 159. **MIRADOR**



Fuente: Elaboración Propia

7 ZONIFICACIÓN

FIGURA 160. **3D PROPUESTA**



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 161. **VISTA RELLENO SANITARIO EL INGA**

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 162. **CORTE – FACHADA SECTOR OFICINAS**

Fuente: Elaboración Propia

El relleno sanitario actualmente tiene un área total de 53 Ha, dentro de esta área se encuentra distribuidos en 2237.57 m2 de construcción y 12619,627 m2 en espacio público.

Descripción	Área
Garita	12,63
Bascula	9,78
Área de Desechos Hospitalarios	477,32
Lavadero de botas	28,06
Vestidores	33,93
Oficinas y sala de reuniones	145,32
Dispensario médico.	106,45
Tratamiento de agua	36,51
Vestidores	33,06
Oficinas	36,17
Área de mantenimiento, soldadura, vulcanizadora.	511,29
Bodega de almacenamiento temporal de residuos de manejo especial.	175,07
Baños	12,32
Garita - ingreso 2	12,63
VSEP	114,69
Vestidores	9,94
Área de transformadores	49,00
Cámara de Planta de Lixiviados	80,71
Oficina VSEP	41,50
Cuarto control	9,75
Planta de tratamientos PTL	
Laboratorio	37,81
Oficina principal	29,87
Laboratorio, baños y duchas de emergencia	15,49
Bodega y cuarto frío	70,3
Surtidor de combustible, oficinas y bodega	136,49
Bodega de segunda mano	11,48
TOTAL	**2237,57 m2**

Descripción	Área
Área vía principal	4002,784
Área vía temporal	3749,228
Área vía ingreso	2618,585
Área de circulación peatonal	415,599
Área de cuneta	1533,75
Área parqueadero ingreso	299,681
TOTAL	**12619,627 m2**

La vegetación se encuentra distribuida de acuerdo a su tipo, es decir, un estimado en cuanto a la distancia, ya que por el mismo hecho de mimetizarse con el entorno rural no exige a un patrón.

Tipo	Distancia
Tipo1:	1.00 m
Tipo 2:	1.20 m
Tipo 3:	0.60 m
Tipo 4:	3.00 m
Tipo 5:	1.60 m
Tipo 6:	1.20 m
Tipo 7:	2.50 m
Tipo 8:	1.60 m
Tipo 9:	3.00 m
Tipo 10:	1.00 m
Tipo 11:	0.60 m
Tipo 12:	0.60 m
Tipo 13:	1.20 m
Tipo 14:	0.60 m
Tipo 15:	0.60 m

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando se realizan las inspecciones periódicas se deben programar la revisión de la mayoría de elementos que conforman la estructura de cada infraestructura, esto con el fin de recopilar la mayor cantidad de información posible y evitar realizar segundas inspecciones, las cuales generan un gasto de recursos y tiempo innecesario.

- Cuando se ha recibido una solicitud de mantenimiento y se vaya realizar la reparación o sustitución del elemento dañado, el inspector debe revisar el resto de elementos que se ubican alrededor de la falla para determinar si se debe aplicar alguna otra intervención.
- Priorizar el uso de contratos de "Justo a Tiempo" para aquellos materiales que se deterioran si se mantiene almacenados por mucho tiempo, es decir tienen un período de vida útil limitado.
- Para edificaciones que se encuentran en ubicaciones cercanas el uno del otro, se programarían inspecciones periódicas en la misma época, con el propósito de que, en caso que se deban realizar intervenciones, se puedan planificar y traer material de los almacenes y proveedores para trabajarlos en conjunto.
- Reducir el uso del fondo de trabajo para comprar grandes cantidades de bienes y servicios, usarlo para imprevistos y actividades de emergencia.
- Incorporar profesionales en ingeniería a las labores que requieren de planificación, estructuración y coordinación del mantenimiento y las otras actividades que realiza el Proceso.

Para asegurar el futuro de este proyecto paisajístico a corto y largo plazo se recomiendan algunas técnicas a seguir.

- La vegetación que se vaya a implementar debe mimetizarse al paisaje en el cual se encuentra ubicado. Tomando en cuenta que la vegetación debe ser baja.
- El cuidado a las plantas durante su proceso de implantación.
- Dependiendo de la forma del paisaje se pueden generar diversas tonalidades para dar un atractivo visual.
- El mantenimiento es primordial para evitar la formación de ramas bajas o la expansión de las mismas que impidan la circulación de las personas.

9 BIBLIOGRAFIA

1 Ana Navarro, "Estrategias de Reciclaje Arquitectónico. Tesis Doctoral" (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2016), https://riunet.upv.es/handle/10251/61984.

2 Liliana Chávez, "Estrategias contra la obsolescencia urbana, Aplicación práctica al caso del Barrio La Mariscal, Quito" (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2020), https://riunet.upv.es/handle/10251/139391.

3 HATCH Arquitectos, "Mobiliario Urbano",2020. https://www.hatcharquitectos.com/post/excelentes-ideas-para-mobiliario-urbano.

10 ANEXOS

(1) ARQ 001 Planos Arquitectónicos (Planos del 01 al 05). Propuesta Paisajística. Incluye CAD

(2) ARQ 002 Planos Arquitectónicos (Planos del 01 al 06). Propuesta de reciclaje de Infraestructura.

CAP 11. INGENIERÍAS. ESTUDIOS AMBIENTALES Y DE RIESGOS

1 INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos o comúnmente llamados basuras es uno de aquellos temas que casi nadie quiere tocar pero que todos contribuimos a generar y muy pocos nos dedicamos a buscarle solución. Para muchos ciudadanos, el problema de las "basuras" se entiende como algo que le corresponde resolver a las autoridades locales o ambientales a través de su recolección, selección y adecuada disposición final. Es decir, el problema sólo se le ve por una cara, cuando en realidad tiene bastantes aristas todas iguales de complejas e importantes, tales como la contaminación de fuentes de agua, la dispersión de focos infecciosos por botaderos a cielo abierto que atentan contra la salud pública, la falta de una cultura ciudadana frente a la indiscriminada producción de desechos y el agotamiento de áreas apropiadas para almacenar indefinidamente los residuos que ya no se pueden aprovechar.

Debido al proceso de urbanización que ha tenido el área Metropolitana de Quito, el incremento en la generación de residuos, su pérdida de potencial de utilización debido a que se manipulan en forma indiscriminada residuos orgánicos e inorgánicos, su gestión parcial sin considerar lo que sucede en la disposición final (botaderos a cielo abierto, disposición en fuentes de agua, entre otros), la falta de conocimiento sobre el problema ambiental que se ocasiona, el bajo desarrollo institucional del sector y la falta de cultura ciudadana son factores que agravan la situación ambiental y sanitaria ocasionada por el manejo inadecuado de los residuos.

La responsabilidad de la Gestión Integral de Residuos Sólidos es de las administraciones municipales, de forma que éstas deben velar por la disminución del impacto sobre el medio ambiente, encargándose, directamente o a través de las entidades prestadoras de los servicios públicos, de la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de recolección, transporte, aprovechamiento y valorización, tratamiento y disposición final controlada de sistemas locales o regionales de gestión integral de residuos.

La construcción y puesta en operación del Relleno Sanitario conlleva el cumplimiento de múltiples normas técnicas, ambientales, institucionales, etc. Esto es importante porque permite la sostenibilidad técnica del proyecto en el mediano y largo plazo; no es viable concebir un proyecto de residuos sólidos sin que cumpla con los criterios técnicos definidos y la relación con la comunidad y las autoridades civiles. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que este tipo de proyectos requieren de permisos ambientales que garantizarán su armonía con el medio ambiente. De ahí la necesidad de cumplir con los requerimientos solicitados por las autoridades ambientales.

El proyecto relleno sanitario para Quito y el respectivo sistema de tratamiento de lixiviados y manejo de gases constituye una obra o actividad básica del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito para solucionar, en el más corto tiempo posible, el problema de disposición final de desechos que genera el Distrito, toda vez que el relleno sanitario Inga que se implementó desde el año 2003, ubicado a 45 Km de la ciudad de Quito, mantiene constantes cambios y actualizaciones debido a su operatividad.

De acuerdo a la información revisada de los estudios del 2017, y con el informe 001 presentado de eta consultoría, se puede evidenciar que existe información que se debe actualizar y otra que no está completa lo que dificultaría la construcción del cubeto 11, en el caso específicos del componente

ambiental este ni siquiera estaba descrito en la consultoría anterior por lo que se presentara en esta como parte transversal del proceso de diseño o y posteríos construcción del cubeto 11

Es importante indicar que debido a la acumulación de lixiviados y hasta que se pueda realizar el tratamiento de los mismos se pueda contar con un lugar de almacenamiento temporal, el cual permita captar los lixiviados que actualmente se generan de los Cubetos 6, 7, 8, 9A y 9B, y así evitar el desborde de los lixiviados.

El proyecto propuesto, por lo tanto, constituye un alcance del relleno sanitario para el Distrito y dada su naturaleza generará impactos ambientales significativos al relleno existente, por lo que es necesario incorporarle al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental establecido en la normativa nacional y distrital.

1.1 RESUMEN CAPITULOS DEL DIAGNOSTICO AMBIENTAL

1.1.1 BASE LEGAL INSTITUCIONAL

En este capítulo se hace referencia a la base legal nacional e internacional sobre la calidad ambiental en la que se enmarca el relleno sanitario.

En el marco legal se enuncia específicamente la normativa ambiental vigente actualizada en la que se basarán las acciones y operaciones del proyecto, así como las ordenanzas locales emitidas sobre esta actividad. También se hace un breve análisis del marco institucional.

1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO NATURAL

Este capítulo caracteriza y describe el entorno natural del área de influencia del relleno Inga. Con la caracterización se da a conocer el estado actual de los diferentes componentes ambientales que conforman el entorno natural como es el medio físico: geología, geomorfología, suelos, clima, hidrografía, hidrogeología; el medio biótico: flora y fauna y el medio socioeconómico y cultural.

Se determinará el área de influencia directa e indirecta del relleno sanitario, entendiéndose como el espacio geográfico donde interactúan los elementos biofísicos, socio-económicos, culturales e institucionales, sobre los cuales se manifiestan los efectos ambientales derivados de las actividades que se realizan y hasta donde repercuten notoriamente éstas, bien sea de forma positiva o negativa.

1.1.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

En esta sección se identifican y evalúan los aspectos e impactos ambientales que potencialmente pueden generarse por las actividades de diseño y construcción del relleno sanitario. La identificación y valoración de los diferentes potenciales impactos generados por la disposición y manejo de residuos sólidos y los lixiviados y lixigás generados, parte del análisis integrado de las características técnicas del proyecto propuesto y los atributos y dinámica de los componentes ambientales de la zona de estudio.

1.1.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

En este capítulo se tratan los aspectos relacionados con las medidas de manejo a implementarse en la actividad de diseño y construcción del relleno sanitario Inga. Se presenta el conjunto de programas, proyectos y actividades, necesarios para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos

generados por la disposición de los residuos sólidos. Para cada impacto identificado, se identificó un programa y/o proyecto como medida de manejo.

1.1.5 PRESUPUESTO ESTIMADO

Este presupuesto se presenta en una matriz de estimación referencial que incluye lo siguiente: operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, monitoreo de lixiviados y plan de contingencias.

1.2 BASE LEGAL

La legislación ecuatoriana aplicada al manejo y disposición final de los desechos sólidos ha tenido un enfoque principal sobre la salud pública, reflejando el desarrollo histórico de las concepciones de control del problema de los residuos sólidos en el país.

Los residuos sólidos se han considerado como un problema sanitario, que aún persiste para una gran parte de la población ecuatoriana, dejando en un segundo lugar las preocupaciones ambientales; los residuos sólidos tienen una dimensión ambiental muy clara asociada al consumo de recursos naturales por una parte y por otra al impacto que generan cuando son descartados indiscriminadamente.

A nivel Nacional y local existen Leyes y Decretos que mantiene los medios para legislar a través de acuerdos que impulsan de mejor forma los programas desarrollados por la administración municipal y los cuales permiten una mayor participación de la comunidad y a su vez un mejor control en el desarrollo de los mismos.

1.2.1 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Los residuos sólidos tienen una dimensión ambiental muy clara asociada al consumo de recursos naturales por una parte y por otra al impacto que generan cuando son dispuestos de manera indiscriminada.

La legislación ambiental considerada para el desarrollo del presente estudio y durante la operación del relleno sanitario, se resume de la siguiente manera, teniendo en cuenta además que legislación en Ecuador es dinámica, ésta se tendrá en cuenta cada vez que haya nuevos leyes, decretos o resoluciones relacionadas con el manejo de los residuos sólidos:

1.2.2 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.

En el artículo 14 "reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay…"

El artículo 264, dispone que los Gobiernos Municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determina la ley: Prestar los servicios de agua potable…, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

1.2.3 LEYES

1.2.3.1 LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.

Establece los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje, reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas sustentables, respeto a las culturas y prácticas tradicionales.

1.2.3.2 LA LEY DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

Contempla disposiciones de prohibición de contaminación del aire, agua y suelo; cuyas fuentes potenciales de contaminación se describen en la misma Ley.

1.2.3.3 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD),

En el artículo 4, establece los fines de los gobiernos autónomos descentralizados; siendo uno de aquellos "…d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable; f) La obtención de un hábitat seguro y saludable para los ciudadanos".

El artículo 55 ibídem delimita las competencias exclusivas del gobiernos autónomo descentralizado municipal, siendo las de interés para el tema que nos ocupa las que a continuación se detallan "…a) Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal…d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley"

1.2.3.4 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (COA):

Con la expedición del Código Orgánico del Ambiente, el Ecuador cuenta con una norma especializada y actualizada a las disposiciones constitucionales que propende la garantía de un medio ambiente sano y la defensa de los derechos de la naturaleza.

Artículo 225. Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos: Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas. Generales: 1. El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente

Artículo 229. Alcance y fases de la gestión: La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional

Artículo 238. Responsabilidades del generador: Toda persona natural o jurídica definida como generador de residuos y desechos peligrosos y especiales, es el titular y responsable del manejo ambiental de los mismos desde su generación hasta su eliminación o disposición final, de conformidad con el principio de jerarquización y las disposiciones de este Código.

1.2.3.5 CÓDIGO DE SALUD. DECRETO SUPREMO NO. 188.

Registro oficial No. 158 del 8 de febrero de 1971. El cual hace alusión en el Libro II Título 1 de las acciones en el campo de protección de la salud en aspectos como: - Saneamiento ambiental - Abastecimiento

de agua potable para uso humano - Eliminación de excretas, aguas servidas y aguas pluviales - Sustancias tóxicas o peligrosas para la salud - El capítulo V sobre recolección de basuras plantea:

Art. 31. Las basuras deben ser recolectadas y eliminadas sanitariamente. Toda persona está obligada a mantener el aseo de las ciudades, pueblos, comunidades y domicilios en los que vive, estando impedida de botar basuras en los lugares no autorizados o permitir que se acumulen en patios, predios o viviendas. Toda unidad de vivienda debe contar con un recipiente higiénico para el depósito de la basura, de acuerdo con el diseño aprobado.

Art. 32. Las municipalidades están en la obligación de realizar la recolección y disposición final de basuras, de acuerdo con métodos técnicos.

Art. 33. En los lugares en donde existen servicios de recolección y disposición final de basuras, los habitantes deben hacer uso obligatorio de ellos; y donde no existieren los particulares utilizarán sistemas adecuados de eliminación de basuras.

Art. 34. Las personas que, de los sitios de disposición final de basuras, deseen recuperar materiales útiles para la industrialización, deben obtener permiso previo de la autoridad de salud.

Art. 35. Corresponde al propietario de un inmueble o a la persona responsable de la ocupación de una vía o sitio público, la remoción o destrucción de chatarra, escombros, objetos inservibles, o cualquier amontonamiento de materiales indeseables.

Art. 36. Queda terminantemente prohibido emplear a menores de edad, en la recolección, eliminación o industrialización de basuras: - Radiaciones ionizantes - De las urbanizaciones - De la salubridad de la vivienda - De los establecimientos industriales y otros - Del control de la fauna nociva al hombre y transmisora de enfermedades - El Título II se especifica análisis sobre epidemiología y de la medicina preventiva

Art. 56. Los lugares de trabajo deben reunir las condiciones de higiene y seguridad para su personal. La autoridad de salud dispondrá también que se adopten medidas sanitarias convenientes en beneficio de los trabajadores que se empleen durante la construcción de una obra.

Art. 57. Los trabajos de extracción, elaboración y utilización de materias nocivas, deben realizarse adoptando las medidas adecuadas de protección y seguridad de la vida humana. El personal está obligado a usar equipos de protección.

Art. 58. Los médicos en general y, en especial los que laboran en establecimientos industriales o en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, notificarán a la autoridad de salud, los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales de que tuvieren conocimiento.

1.2.3.6 EN EL LIBRO VI "DE LA CALIDAD AMBIENTAL", TÍTULO II,

Se establecen las "Políticas Nacionales de Residuos Sólidos" las cuales instituyen estrategias relacionadas a la gestión sustentable de los desechos sólidos urbanos en diferentes ámbitos. El Proyecto MDL en el nuevo relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito coincide con estas políticas, especialmente en los ámbitos de Salud y Ambiente (Art. 31), Económico y Financiero (Art. 33) y Técnico (Art. 35).

En relación con el ámbito Técnico, cabe señalar que el proyecto converge absolutamente con el numeral (d) referido al fomento a la investigación y uso de tecnologías en el sector, que minimicen los

impactos al ambiente y la salud, mediante el principio precautela torio. Tal es así que, la implementación de este Proyecto podría tener un efecto demostrativo para otras ciudades sobre la práctica y tecnología utilizada en la recuperación / aprovechamiento del biogás en un relleno sanitario. Además del anterior se pueden mencionar los siguientes elementos:

- Demostración de la práctica de la recuperación del biogás en un vertedero;
- Demostración de cómo la transacción de reducción de emisiones vía los mecanismos de Kyoto podrían hacer que la práctica de recuperación del biogás en un vertedero sea económicamente viable;
- Transferencia al país de tecnología y know – how, que incluye:
- Disponibilidad de equipo requerido para la desgasificación de rellenos sanitarios (al momento, en Ecuador no existe proveedores de equipos para la extracción y recuperación del gas de vertederos);
- Desarrollo de know-how local sobre tecnología de extracción de biogás mediante el involucramiento de socios ecuatorianos en el proyecto;
- Establecimiento de fundamentos técnicos para la continuación de otras inversiones tales como la generación de electricidad basada en el gas de los vertederos.

El literal s) de la Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos que forma parte del Anexo 6 del Título VII del LIBRO VI - De la Calidad Ambiental del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) (2003) establece que Para la captación y evacuación de los gases generados al interior del relleno sanitario se deben diseñar chimeneas de material granular, las mismas que se conformarán verticalmente elevándose a medida que avanza el relleno.

1.2.4 REGLAMENTOS, ACUERDOS, ORDENANZAS.

1.2.4.1 ACUERDO MINISTERIAL NO. 061, REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA (TULSMA),

Conforme al artículo 47 sobre las Políticas Nacionales de Residuos Sólidos señala que el Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional de gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales (Ministerio del Ambiente, 2015).

En su artículo 55 describe la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, como el conjunto de acciones y regulaciones con el objetivo de dar a los residuos sólidos no peligrosos el destino más apropiado desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental (Ministerio del Ambiente, 2015).

En este artículo se puede resaltar que se menciona las posibilidades de recuperación y aprovechamiento, así como de su comercialización. Además, entre otras acciones plantea la separación en la fuente, que sería realmente provechosa para los recicladores de base, para que los

residuos recuperables no sean contaminados por otros tipos de desechos y aumenten su valor de comercialización.

En el artículo 57 se establecen las Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, dentro de las cuales en el literal b) establece la implementación de programas educativos para fomentar la cultura de la minimización de generación de residuos, separación en la fuente, reciclaje entre otros mencionados.

Igualmente, en el artículo 57 literal d) establece el promover la instalación y operación de centros de recuperación de residuos sólidos aprovechables, con la finalidad de fomentar el reciclaje.

1.2.4.2 ACUERDO 026.

Procedimiento para registro de generador de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental y para el transporte de materiales peligrosos.

1.2.4.3 ACUERDO 142.

Listados nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales

1.2.4.4 NTE INEN 2266.

Requisitos de transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

1.2.4.5 "PLAN ESTRATÉGICO: QUITO HACIA EL 2025"

Incluye entre sus propuestas políticas las siguientes: - Minimizar la producción de desechos sólidos, líquidos y gaseosos - Manejo integral de desechos sólidos domésticos, industriales, hospitalarios y peligrosos, que considere los niveles individuales, comunitarios y productivos, lo que implica: Una reducción en la generación y un manejo adecuado en la fuente. - Una práctica común y sostenida del reciclaje. - Un sistema técnico y ambientalmente eficiente y efectivo de recolección y limpieza de las calles y áreas públicas. -Transferencia, disposición final y formación de microempresas para la recolección de reciclables. -Promoción del uso de materias primas recicladas. -Industrialización de residuos.

1.2.4.6 LA ORDENANZA NO. 146 SUSTITUTIVA DEL TÍTULO V, "DEL MEDIO AMBIENTE", LIBRO SEGUNDO, DEL CÓDIGO MUNICIPAL PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO Y LAS RESOLUCIONES CORRESPONDIENTES

Contienen las Normas Técnicas y el instructivo de aplicación de dicha ordenanza, particularmente lo relacionado con la Evaluación de Impacto Ambiental. A nivel internacional se tendrá en cuenta la siguiente legislación:

1.2.4.7 LA ORDENANZA METROPOLITANA NO. 332.

Establece como fines del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito, la reducción de residuos sólidos desde la fuente de generación; el fomento de la organización social mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos, su reutilización y reciclaje; y el establecimiento de lineamientos, mecanismos e instrumentos principales para sustentar programas metropolitanos que promuevan las buenas prácticas de producción, manejo y separación, comercio,

reconversión y reciclaje, consumo, eliminación y disposición de los residuos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito (EMASEO EP, 2016).

En su artículo 7 se establece que los residuos sólidos que sean depositados en la vía pública o en los sitios de recolección designados por las autoridades respectivas serán propiedad de la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito. En el artículo 8, literal f) plantea auspiciar programas de reciclaje a través de entidades sin fines de lucro.

Dentro de los Principios que rigen el sistema integral de residuos sólidos en el DMQ, se menciona en la misma Ordenanza la separación en la fuente, de manera que sea viable, eficiente, adecuada su recolección y traslado hacia centros de acopio, gestión y procesamiento.

En el artículo 89, de Reconocimiento, establece: la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito deberá emprender programas y proyectos que propendan la inclusión económica y social de los recicladores fomentando su asociación e integración, reconociendo su labor como fuente de trabajo y sustento económico. Los recicladores, deberán dentro del proceso de regularización que la Municipalidad realice, calificarse como gestores ambientales de menor escala en la Secretaría de Ambiente.

En el artículo 93, con respecto a Obligaciones del Municipio de Quito, se establece que prestará las facilidades que estén a su alcance y la capacitación necesaria para los gestores ambientales calificados de menor escala, para que puedan optimizar su labor con el fin de prestar un servicio técnico esencial para la ciudad.

En el artículo 95, Obligaciones Generales de los Gestores Ambientales Calificados de Menor Escala, establece: los gestores ambientales calificados de menor escala tienen la obligación de presentar un informe anual de labores al Municipio y el resto de información que la Secretaría le solicite, conforme el reglamento respectivo.

En el artículo 98, en Obligaciones y responsabilidades de la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito, en la gestión integral de residuos sólidos, por sí misma, o a través de empresas contratadas o concesionarias, o gestores calificados o autorizados tienen la responsabilidad de: literal d). 14. Prohibir y prevenir la incorporación de niños, niñas y adolescentes en el manejo de residuos sólidos.

En el artículo 103, de las contravenciones de primera clase, establece que serán reprimidos con una multa del 0,2 RBU (Remuneración Básica Unificada) quienes cometan las siguientes contravenciones, ítem 6, ensuciar el espacio público con residuos por realizar labores de minado o recolección de residuos.

1.2.4.8 LA ORDENANZA METROPOLITANA NO. 138,

Art. 1, determina como objeto establecer y regular las etapas, procesos y requisitos del Sistema de Manejo Ambiental del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), para la prevención, regularización, seguimiento y control ambiental de los riesgos e impactos ambientales que generen o puedan generar los diferentes proyectos, obras y actividades a ejecutarse, así como aquellos que se encuentran en operación, dentro de la jurisdicción territorial del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

En el Art. 2. Segundo inciso de la Ordenanza Metropolitana No. 138, se determina que la Autoridad Ambiental Distrital (en adelante AAD) es la instancia municipal competente para administrar, ejecutar y promover el sistema de manejo ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito.

Se establecen Instructivos de Aplicación de la Ordenanza Metropolitana No. 138, entre los cuales se especifica el Instructivo General de Aplicación de la Ordenanza Metropolitana No. 138 (ANEXO A), que es el documento administrativo que establece los procedimientos, requerimientos y elementos necesarios para la aplicación de sus disposiciones. Está dirigido a todas las personas naturales y jurídicas en función de lo contemplado en el alcance de la Ordenanza.

En el literal 2.6 de los Gestores Ambientales, establece: Para el caso de aquellos gestores ambientales de residuos calificados de menor escala por la Ordenanza Metropolitana Integral de Residuos Sólidos (OM 332), únicamente se requiere la obtención de una Autorización de Gestor Ambiental del DMQ, para lo cual se anexa (Anexo 3) al presente el formato de solicitud.

Todos los gestores ambientales de residuos calificados, conforme las competencias del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, deben presentar el Informe Anual de Gestión de Residuos hasta el 15 de enero de cada año. El formato del informe se encontrará publicado en la página web de la Secretaría de Ambiente.

1.2.5 CONVENIOS.

El Capítulo 20 de la Agenda 21 de la Conferencia de Río de 1992 de las Naciones Unidas sobre residuos o desechos peligrosos y la Cumbre de Johannesburgo; articulándose con la Política para la Gestión Integral de Residuos y la Política de Producción Más Limpia.

La Ley 253 de 1996 que ratifica el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación.

El Convenio de Estocolmo de 2003 sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. En todo caso, el estudio contemplará las disposiciones normativas, ordenanzas y acuerdos que se establezcan específicamente para la realización del proyecto y que se produzcan en el proceso respectivo.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO NATURAL – COMPONENTE FÍSICO

1.3.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOTECNIA

Estos puntos son detallados a profundidad en el componente Geológico, por lo que no se repiten en este punto específico.

Realizando la revisión de los estudios CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE ZONAS OPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS de 2017, se detectan las variables o criterios utilizados por el Ingeniero Geotécnico del proyecto, en el que se indica el número de ensayos realizados en campo, siendo estos: Perforaciones por percusión o SPT (cuatro) como estudios directos y Sondeos eléctricos verticales o SEV (cuatro) como estudios indirectos, dando a entender que se está clasificando el proyecto en la categoría ALTA o ESPECIAL; en ellos se realiza un registro de las propiedades encontradas en las muestras utilizando el método de clasificación manual visual.

FIGURA 163. **UBICACIÓN DE PERFORACIONES.**

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada de la Consultoría 2017

Como se ve en las Figuras correspondientes, las ubicaciones de las perforaciones y los SEVs se encuentran bordeando el área perimetral del relleno, y los ensayos se realizaron muy lejanos entre ellos, impidiendo la posibilidad de abarcar un área clara de trabajo teniendo en cuenta la variación litológica y morfológica del sector de estudio, también se puede notar que en el centro del relleno o zona de residuos no hay estudios de campo que ayuden a evaluar el grado de saturación de la masa y estimar la relación de presión de poros (Ru), que es el área para la ubicación del cubeto 11 y el domo final dejando sin una caracterización clara que permita realizar un estudio apropiado y preciso

Punto P4, único en la zona de estudio, no se encuentra a nivel de base del dique, por lo que no abarca el análisis de la estratigrafía a nivel de desplante del dique. Esta única realidad por sí sola, muestra que las consideraciones subsiguientes tienen poco fundamento en su ejecución.

FIGURA 164. **UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV´S**

Fuente: Elaboración Propia, en base a información entregada de la Consultoría 2017

TABLA 121. ***CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION.***

BAJA	MEDIA	ALTA	ESPECIAL
Profundidad mínima de sondeos: 6.00m	Profundidad mínima de sondeos: 15.00m	Profundidad mínima de sondeos: 25.00m	Profundidad mínima de sondeos: 30.00m
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones.

Para los resultados en las perforaciones se definen profundidades se realizan dos (2) perforaciones de 20.00m, una (1) de 12.00m y una (1) de 15.00m. Teniendo en cuenta el tipo de categoría utilizada la profundidad mínima a llegar en los sondeos era de 25.00m, ningún sondeo cumple con los requerimientos exigidos por la norma NEC-SE-GC, en las perforaciones 1 y 4, no se llega a la profundidad previamente dicha debido a que el ensayo presenta rechazo que puede ser producto de una grava y no precisamente a un material portante, esto no permite el debido proceso de descripción y estos metros no perforados incumplen con lo dicho en el punto "3.5.3 Profundidad de los sondeos en el capítulo Geotecnia y Cimentaciones" donde nos menciona que para categorías alta o especial se debe perforar un mínimo de 4,00m cuando se encuentra roca firme con la intención de corroborar si este estrato tiene un espesor adecuado o es un pequeño lente.

TABLA 122. ***PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS***

Tipo de obra civil subterránea	Profundidad de los sondeos
Losa corrida	1.5 veces el ancho
Zapata	2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión
Pilotes	Longitud total del pilote más largo, más 4 veces el diámetro del pilote
Grupos de pilotes	• Longitud total del pilote más largo, más 2 veces el ancho del grupo de pilotes • 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión
Excavaciones	Mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación a menos que el criterio del ingeniero geotécnico señale una profundidad mayor según requerimiento del tipo de suelo.
Caso particular: roca firme	En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme, de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción: • Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales; • Categoría Media, penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados; • Categoría Alta y Especial, penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC Geotecnia y cimentaciones

En la exploración indirecta se realizaron cuatro (4) SEV distribuidos en 48 hectáreas, lo que no permite realizar un perfil de suelo debido a la variación de la resistividad aparente en función a la profundidad y al amplio espacio que se está abarcando.

Tampoco se complementa con otros estudios indirectos como Sísmica de Refracciones o ReMi como menciona la norma NEC-SE-GC "3.4.2 Exploración indirecta", siendo insuficientes la cantidad de datos que se obtienen, teniendo en cuenta que en algunos suelos debido a su rumbo y buzamiento se presentan cambios abruptos en una pequeña porción de terreno.

También fue evidenciado que este suelo ha sufrido procesos de excavación y acopiado generando un relleno antrópico, de lo cual podemos concluir que hay zonas donde los espesores de estos rellenos son mayores a los que nos pueden demostrar estos estudios geofísicos realizados. Además de esto, la

exploración indirecta es un método para complementar la exploración directa, los sitios ocupados por este tipo de exploración no fueron los adecuados ya que se abarcan las mismas zonas tratadas por la exploración directa dejando unos vacíos en el área de estudio en los que no se tiene claridad del subsuelo.

La información previa que se tiene para la exploración directa es insuficiente para realizar el debido proceso de caracterización geotécnica.

1.3.1.1 GEOMORFOLOGÍA

Las expresiones geomorfológicas de la Sierra se originaron como resultado de la interacción de los procesos de acumulación, denudación y tectónicos, además de procesos climáticos antiguos que sumados a la composición litológica de los materiales presentes determinaron las geoformas y los procesos que actualmente se observan. Las diferencias en la composición litológica de las unidades aflorantes, así como la resistencia al ataque de los agentes meteóricos han originado diversas unidades geomorfológicas.

La morfo dinámica actual está relacionada no solamente por los aspectos morfo estructurales inherentes a la naturaleza misma de la zona, sino también a factores antrópicos como la explotación de materiales para la construcción principalmente, que han ocasionado inestabilidad en las laderas con la generación de fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, incremento de la acción erosiva por deforestación, aspectos tales que afectan el comportamiento del suelo, generando zonas de inestabilidad.

FIGURA 165. **GEOMORFOLOGÍA ECUADOR.**

Fuente: www.igepn.edu.ec

1.3.2 CLIMATOLOGÍA

En las inmediaciones del área de estudio existen algunas estaciones meteorológicas, localizadas bajo los 2550 msnm. Los registros de estas estaciones son limitados en el tiempo. Las estaciones consideradas son La Tola, Tumbaco, Conocoto y Sangolquí para el análisis de las precipitaciones y La Tola y Tumbaco para el resto de parámetros climáticos. Con base en estos parámetros se realizó la interpretación del clima de la región y su influencia en el relleno sanitario.

Los resultados del clima obtenemos de dos fuentes INHAMI donde el último anuario subido al sistema corresponde al año 2013 (mismo que adjuntamos al documento), el documento no tiene información actualizada de todos los parámetros, sin embargo, en la página de datos abiertos Ecuador. Bienvenida - Datos Abiertos Ecuador Se pudo encontrar la información hasta el 2019 de dos factores que son precipitación y temperatura, los mismos nos ayudaran como aporte en cuento a cantidad de lluvias que puede ingresar en el sistema de tratamiento del lixiviados y la temperatura igual sumamente importante en el proceso de tratamiento y de descomposición de materia orgánica.

TABLA 123. ***PRECIPITACIÓN ESTACIÓN "LA TOLA" LONGITUD 78,3704 LATITUD 0,2318, ALTITUD 2480M***

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep.	oct	nov	dic
1980			28,9	156,4	2,8	12,2	2	12,4	68,3	150,7	170	105,7
1981	62,3	84,8	143,9	194,3	53,3	27,6	17,6	39	33,6	72,1	60,6	66,7
1982	91,6	36	109,6	130,2	124,6	8,4	16,4	1,2	103,1	166,5		153,2
1983	62,4	85,8	196,6	148,6	100,1	13,3	3,5	5,3	15,6	154,7	91	138,2
1984	103,1	126,6	122,6	121,4	92,8	22,5	17,3	45,1	104,2	70	148,8	17
1985	38,3	26,6	38	121,4	101,1	8,8	2,3	11,3	149	78,8	46,3	73,3
1986	67,8	155,5	152,3	110,7	43,5	1,2	0,1	0,4	74,5	97,2	65,1	47,8
1987	63,7	38,5	51,2	122,7	92,3	43,2	10,2	8,4	77,2	121,1	8,2	39,6
1988	57,5	82,2	9,7	193,6	93,1	65	33,1	51,3	62,4	80,4	132	48,6
1989	75,5	58	163,8	73,3	72,9	42,7	22,3	19,6	55,5	165,9	45,5	9,7
1990	31,2	68,8	75,8	76,2	43	21,2	9	58,4	41,9	221,2	17,6	57,8
1991	83,6	19,3	114,3	26,7	112,5	41,4	32,3	3	66,8	73,3	156,7	83,9
1992	35,9	65,7	73,2	79,1	40,4	5,1	3,4	8,6	50,4	72,6	90,3	28,6
1993	84,4	155,3	131	134,2	70,6	5,9	5,2	3,3	71,8	78,8	138,7	112,6
1994	139,8	130,2	164	124,4	54,7	1	1	6,8	36,6	52,8	119,6	38,2
1995	4,9	31,8	161,3	162,8	100	27,6	21,7	29,1	7,8	151,8	200,7	106,2
1996	77,3	105,8	146,3	153,5	131,1	98,9	20,1	35	65,1	159,5	46,9	56,6
1997	135	10,9	174,1	49,4	80,8	39,4	5,5	0,6	96,5	127,2	140,4	101,6

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep.	oct	nov	dic
1998	77,2	51,5	86,4	53,4	105,3	15,2	21,1	45,8	9,3	107,1	113,3	26,5
1999	57,1	90,1	132,3	131,3	33,7	17,7	0,6	17,4	94,5	105,9	63,4	127,3
2000	129,5	145,5	128,3	125,3	144,7	55,8	35,4	2,1	77,3	67,4	59,3	92,3
2001	55,5	60,6	100	16,1	35,1	13,5	25	0	95,7	34,6	109,9	45,4
2002	44,7	36,9	129,6	263,8	49,7	36,6	11,6	21,7	49,6	79,9	98	99,7
2003	40,1	68,9	58,3	149,8	15	32	10,3	20,8	84,3	85,3	146,3	47,1
2004	82,3	27,3	86,2	79,7	47,4	3,4	4,4	0,7	53,8	105,4	177,9	131
2005	52,8	97,7	75,9	58,7	44	29,1	9,1	18,8	20,2	87	84	79
2006	42,4	74,8	211,8	168	30,9	45,6	4,6	3	11	101,3	153	166,4
2007	69,2	42,5	155,6	141,3	50,7	19,7	3,6	13,1	22,3	143,4	185,1	28,6
2008	86,4	148,2	198,6	135,9	131,7	60,2	2,4	22,1	25,4	186,7	73,8	108,4
2009	101,4	48,5	152,9	70,3	46,2	29,7	14,9	0,1	9,9	121,5	55	96,6
2010	15,9	83	12,1	163,4	100,4	40,7	69,6	29,5	79,1	66,4	170,4	107,6
2011	34,8	158,9	116,7	233,2	61,4	19,5	46,6	43,3	35,5	77,8	53,1	60,8
2012	76,9	59,8	95,1	114,4	16,3	8,2	1,5	2	53,3	70,2	235,9	59,8
2013	17,8	159,8	73,1	103,1	95,2	0,3	4,5	36,3	24,4	77,9	51,6	49,8
2014	66,5	65,7	131,4	36,3	116	10,7	0,8	0,4	46,9	130,5	44,5	49,3
2015	54,2	78,5	123,1	57,3	33	2	16,8	2	16,8	123,7	45,2	2,5
2016	57,3	4,2	112,3	191,3	42,7	26,3	6,4	5,6	46,3	98	30	74,7
2017	203,8	74,3	230,7	107,7	133,6	63,9	0,8	29,5	25,5	124,1	20,3	153,6
2018	66,9	107,9	114,2	86	70,3	22,1	13,6	19	21,3	97,2	192,5	3,9
2019	55,8	120,3	196,1	109,5	27,9	14,3	5	0,1	56,1	82,3	121,8	103,3

Fuente: INHAMI ECUADOR.

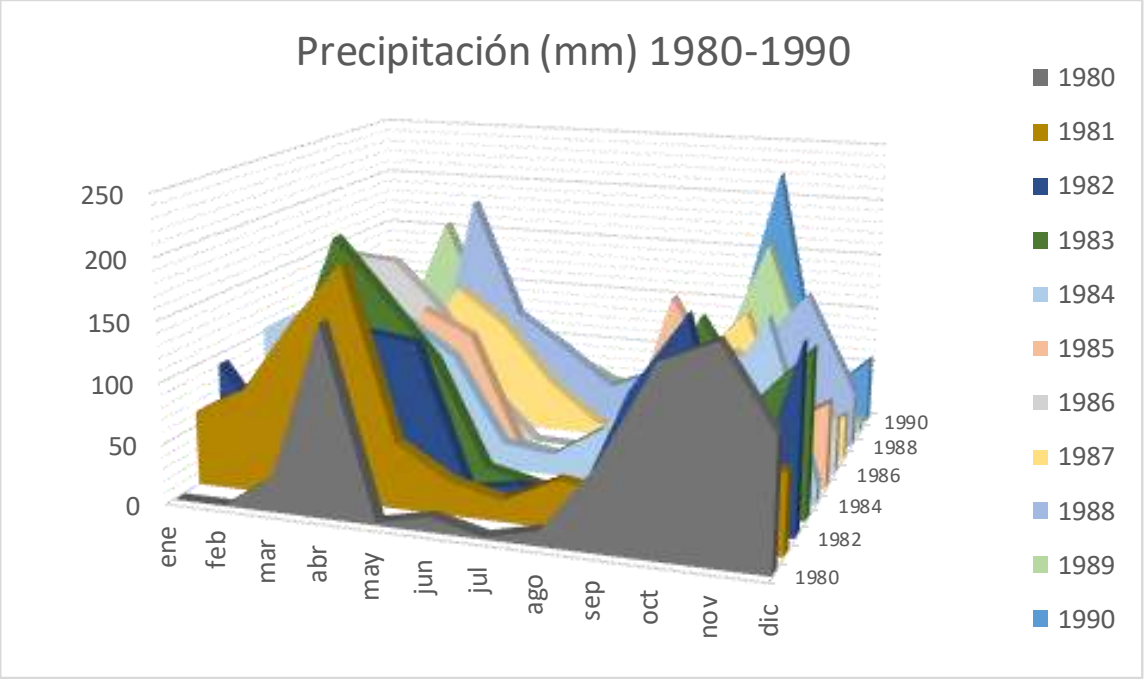
TABLA 124. ***TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS ESTACIÓN "LA TOLA" LONGITUD 78,3704 LATITUD 0,2318, ALTITUD 2480M***

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep.	oct	nov	dic
1980			16,5	16	16,2	16,6	16,2	16,2	16,5	15,7	15	15,5
1981	15,5	15,8	15,6	15,9	15,5	15,2	15,2	15,3	15,9	16,2	15,6	15,6
1982	15,1	16,1	15,7	15,4	15,4	16,2	16	16,9	16	15,2	15,8	15,9
1983	16,8	16,6	16,7	16	16	15,6	15,8	16,2	15,9	15,7	16,1	14,9
1984	14,5	14,3	15	14,8	14,9	14,9	14,7	15,6	14,7	15	14,5	15,8
1985	14,8	15,4	15,9	15,4	15,4	16,5	15	15,1	15,4	15,6	15,2	15,4

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep.	oct	nov	dic
1986	15,6	14,9	14,8	15,4	15,4	15,6	16	15,8	15,9	15,3	15,4	16
1987	16,1	17	16,3	16,2	16,3	17,1	16	16	15,9	15,8	16,4	16,8
1988	16,4	16,1	16	15,4	15,7	15,1	15	15,4	15	15,1	15	14,5
1989	14,9	15	14,7	15,8	15,5	14,8	14,7	15,3	15,4	15,3	16,4	15,6
1990	16,2	15,6	16,4	16,1	16,1	16,3	15,2	16,1	16,2	15,2	16,1	15,8
1991	15,9	16,2	16,1	16	16	16	15,9	15,8	15,9	15,7	15,2	15,8
1992	16,3	16,2	16,3	16	15,6	16,4	15,7	15,7	15,3	15,8	15,3	16,2
1993	15,4	15,1	15	15,6	15,6	16,2	15,5	16,1	15,4	16	15,5	15,8
1994	15,3	15,4	15,2	15,4	15,6	15,7	16,1	15,8	16,7	15,9	15,5	16,1
1995	16,2	16,1	15,9	16,1	15,7	15,9	15,4	15,5	15,9	15,8	15,3	14,7
1996	14,9	15	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	15,4	15,9	15,2	15,4	15,6
1997	15	15,9	16,2	15,8	16,1	15,5	16,7	16,9	16,5	16,4	15,9	16,8
1998	17,3	17	16,7	16,7	16,4	16	15,8	16,1	16,1	15,8	15,9	15,7
1999	15,4	14,9	15,1	15,5	15,1	14,9	15,6	15,4	14,5	15,2	15,7	14,8
2000	14,7	14,4	14,8	15	14,9	15,1	14,9	15,3	14,6	15,9	15,4	15
2001	14,6	15,6	15,3	16,3	15,9	16	15,7	16,2	15,6	16,6	15,9	16,4
2002	16	16,2	16,1	15,7	16,6	15,9	16,1	16,5	16,4	15,9	15,4	16
2003	16,2	16,4	15,9	15,7	16	15,3	15,7	16,3	16,1	16,1	16	15,8
2004	15,5	15,7	16,6	15,9	16	16,6	15,5	16,4	15,6	15,7	16	15,6
2005	15,8	15,9	15,2	16,2	15,6	15,9	15,9	15,9	16	15,4	15,4	15
2006	15,2	15,7	15,3	15,2	15,9	15,4	15,8	16,2	15,8	15,8	15,4	15,6
2007	16	15,5	15,5	15,3	15,6	15,6	15,4	15,4	16	15	15,1	14,6
2008	15	14,3	14,1	14,7	15	14,9	14,5	14,7	15,2	14,6	14,9	14,9
2009	14,8	15	15,4	15,5	15,1	15,5	15,8	16	16,1	15,8	16	16,1
2010	16,1	16,8	16,5	16	16	15,3	14,8	15	14,9	15,6	14,4	14,5
2011	15	15,2	14,8	15	16	15,4	15,1	15,2	15,5	14,9	15,2	15,2
2012	14,8	14,7	15,7	14,9	15,6	15,6	16,3	16	16,1	15,7	15,4	15,4
2013	16,5	15,4	16,1	15,9	15,4	15,8	15,6	15,6	15,9	15,6	15,5	15,9
2014	15,9	15,7	15,5	16,1	15,8	16	16,8	16,1	15,7	15,8	15,6	15,9
2015	16,1	16,2	16,2	16,3	16,2	17,2	16,5	17,2	16,9	16,4	16,1	17,3
2016	16,6	17,5	16,8	16,5	16,6	15,6	15,8	16,2	15,6	16	16	15,7
2017	15,2	15,4	15,1	15,9	15,4	15,7	15,8	15,7	16,3	15,7	15,5	15,6
2018	14,8	15,8	16,1	15,3	15,4	15,6	15,7	16,2	16	16	15,9	16
2019	16,3	16,7	16,3	16,1	16	16,7	16,3	17	16,3	15,7	16,2	16,3

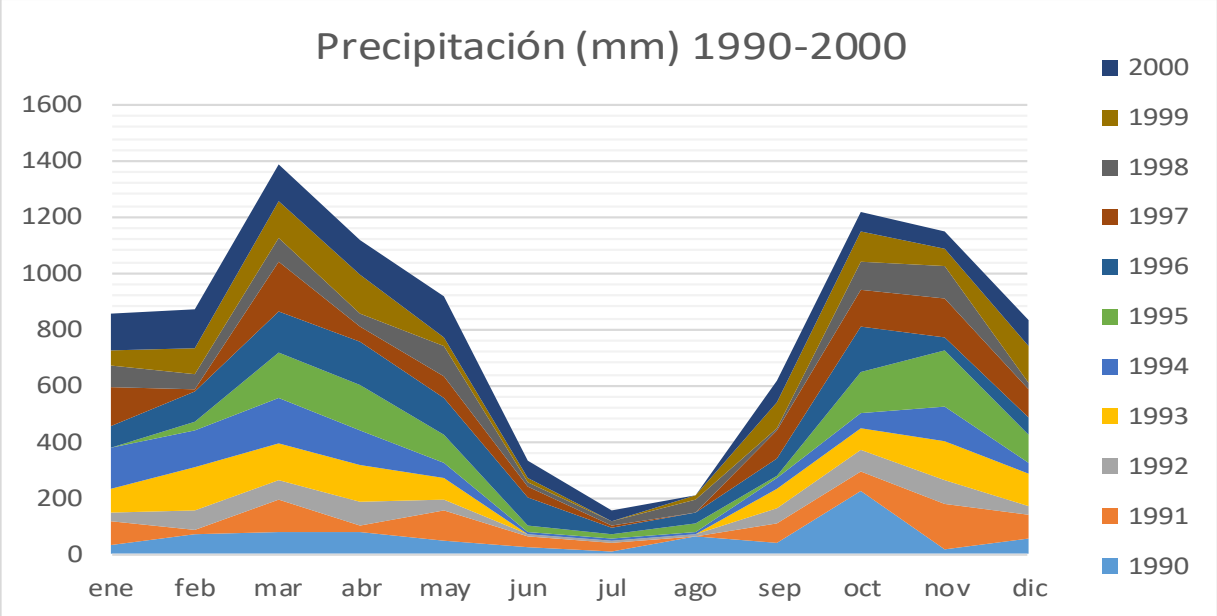
Fuente: INHAMI ECUADOR.

FIGURA 166. **PRECIPITACIÓN 1980 - 1990**



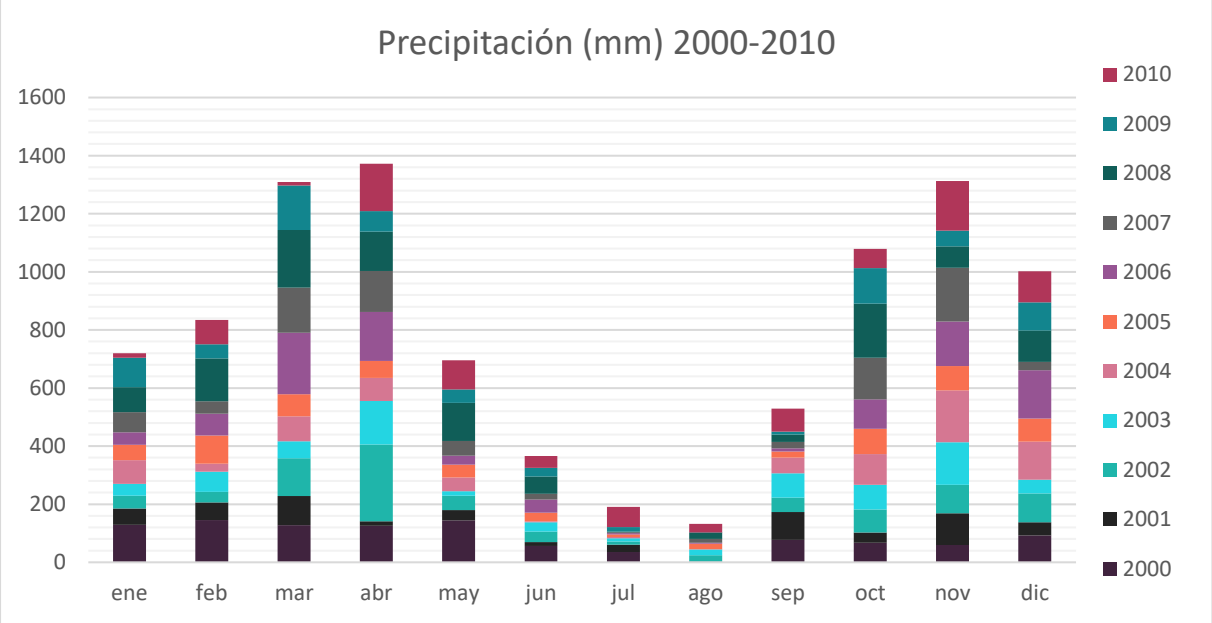
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 167. **PRECIPITACIÓN 1990 - 2000**



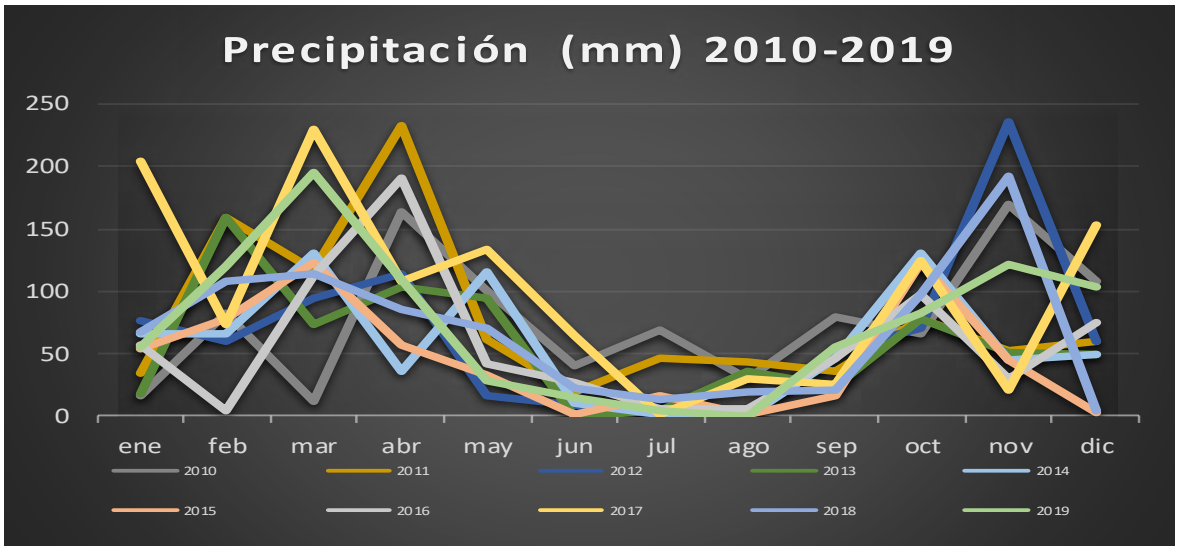
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 168. **PRECIPITACIÓN 2000 - 2010**



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 169. **PRECIPITACIÓN 2010 - 2019**



Fuente: Elaboración Propia.

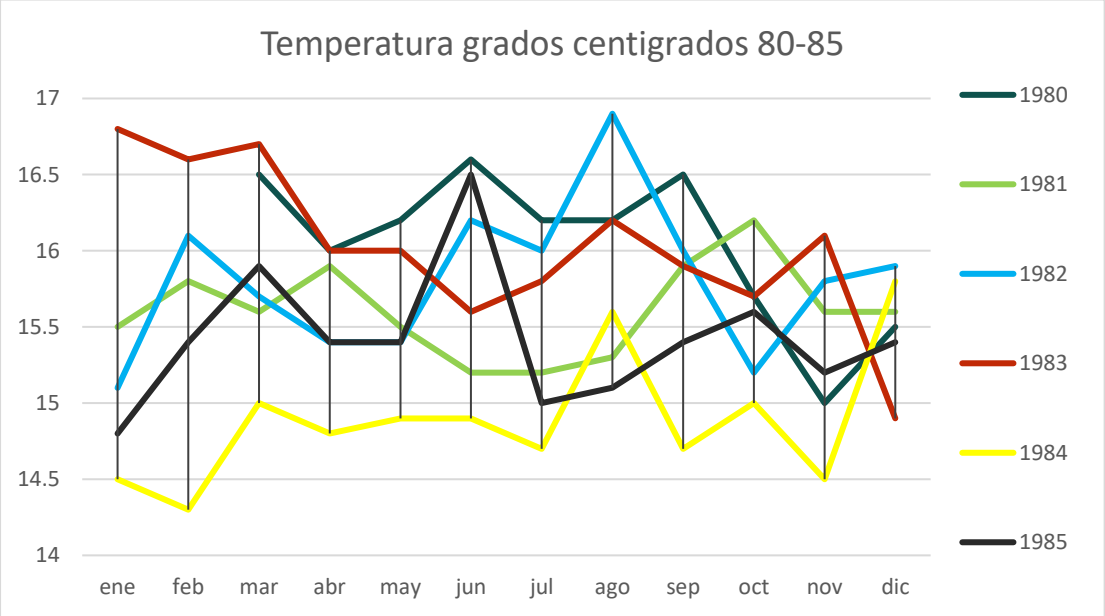
El comportamiento de las precipitaciones varia cada año, y es difícil estimar un comportamiento para los siguientes años, aun mas cunado solo se tiene información publicada lista para utilizar hasta el 2019, existe información hasta el 2021 en la página web, pero en crudo la cual debe ser aun tratada para poderla aplicar; sin embargo, con esta información se pueden determinar épocas secas y épocas de invierno o con lluvia.

Con esta información podemos evidenciar que en general los meses de junio a agosto son los de menor precipitación por lo que sería oportuno realizar las etapas constructivas en los mismos.

Así mismo los meses de febrero a mayo y septiembre a noviembre son de más altas precipitaciones por lo que la construcción implicaría mayores tiempos de ejecución.

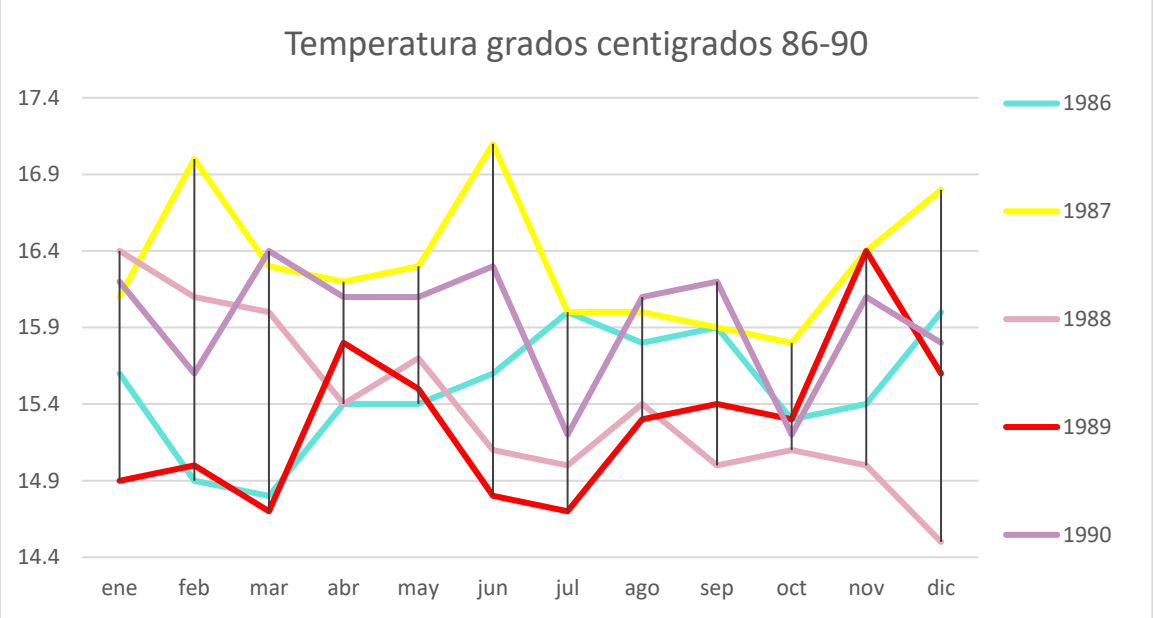
Para el tratamiento del lixiviados se debe aprovechar los meses más secos para implementar mejoras o mantenimientos más grandes a las plantas o proceso ya que el aporte de agua en estos meses será menso significativo.

FIGURA 170. **TEMPERATURA 1980 - 1985**



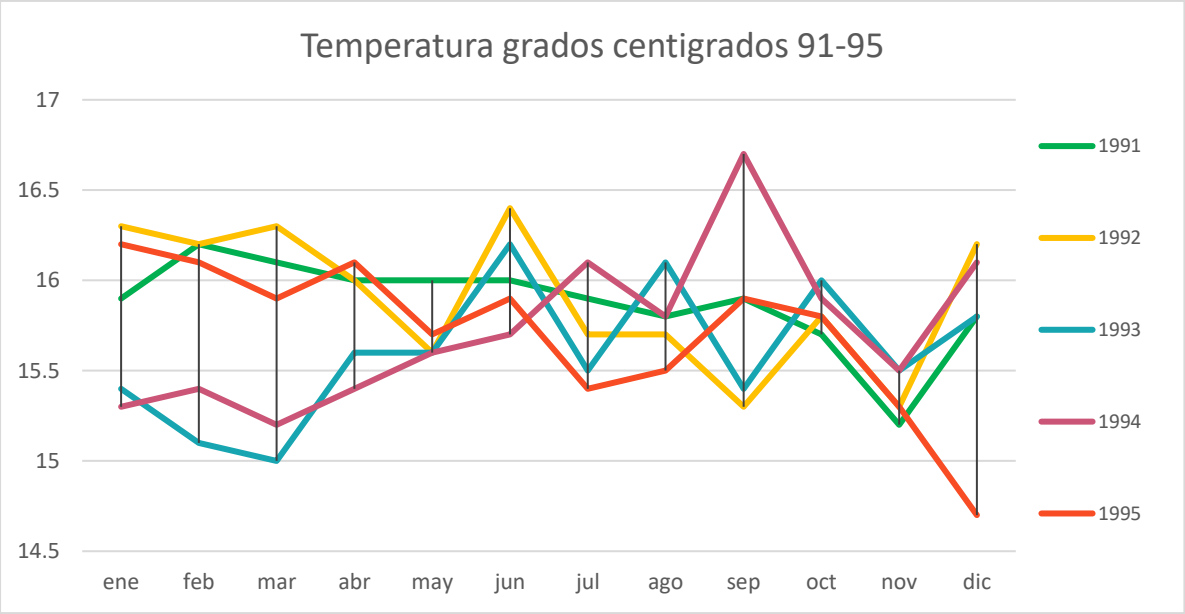
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 171. **TEMPERATURA 86 - 90**



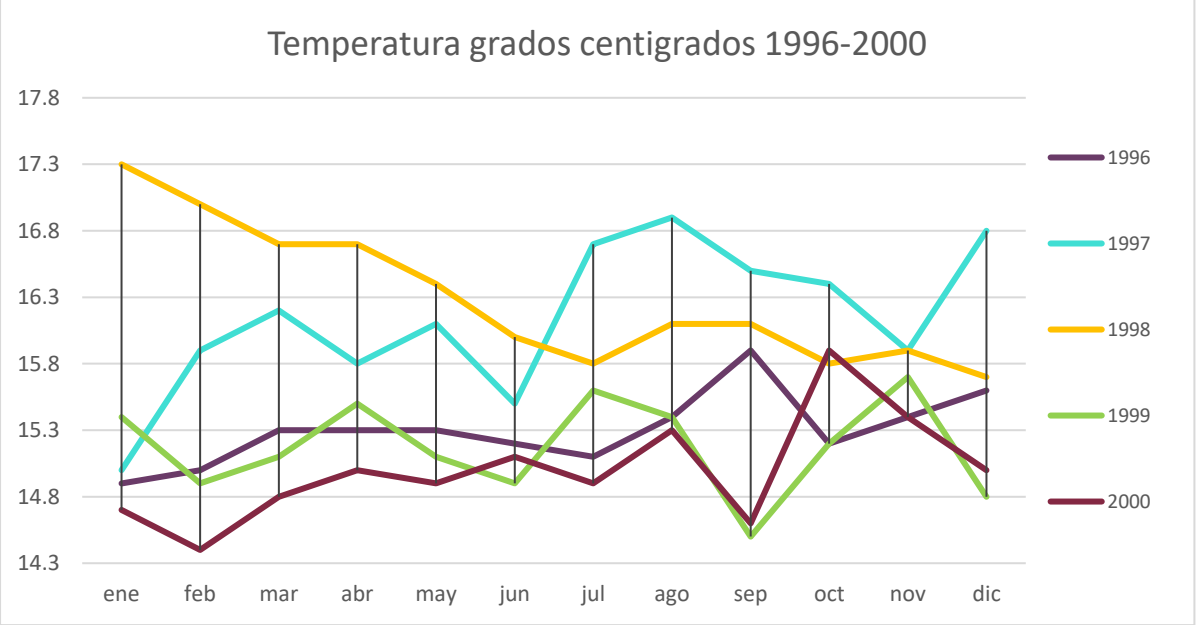
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 172. **TEMPERATURA 91-95**



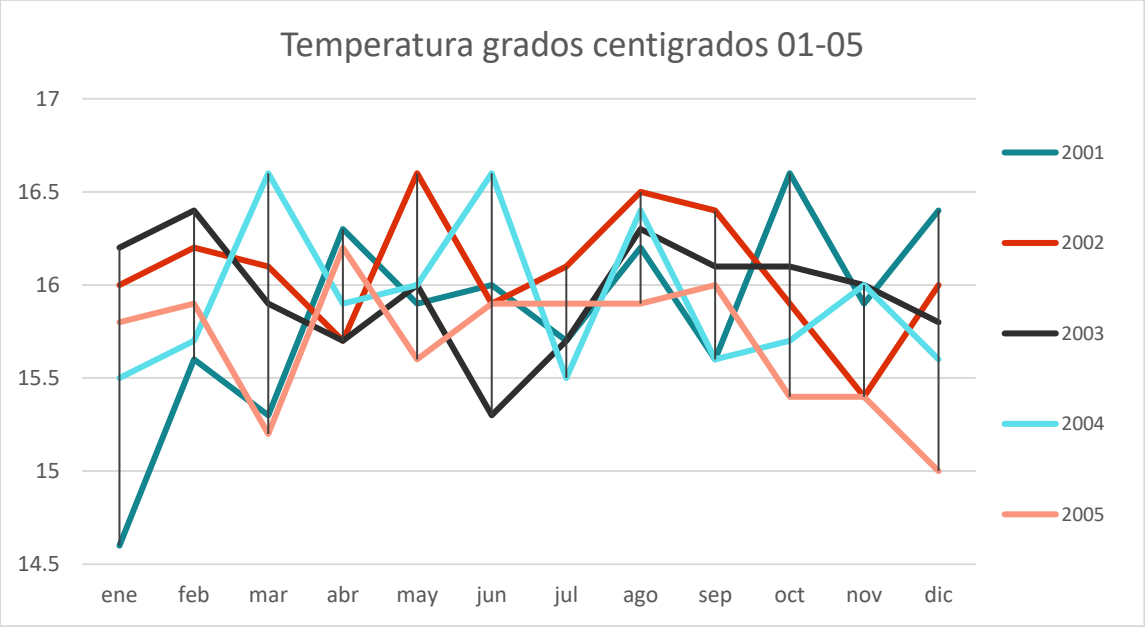
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 173. **TEMPERATURA 1996 - 2000**



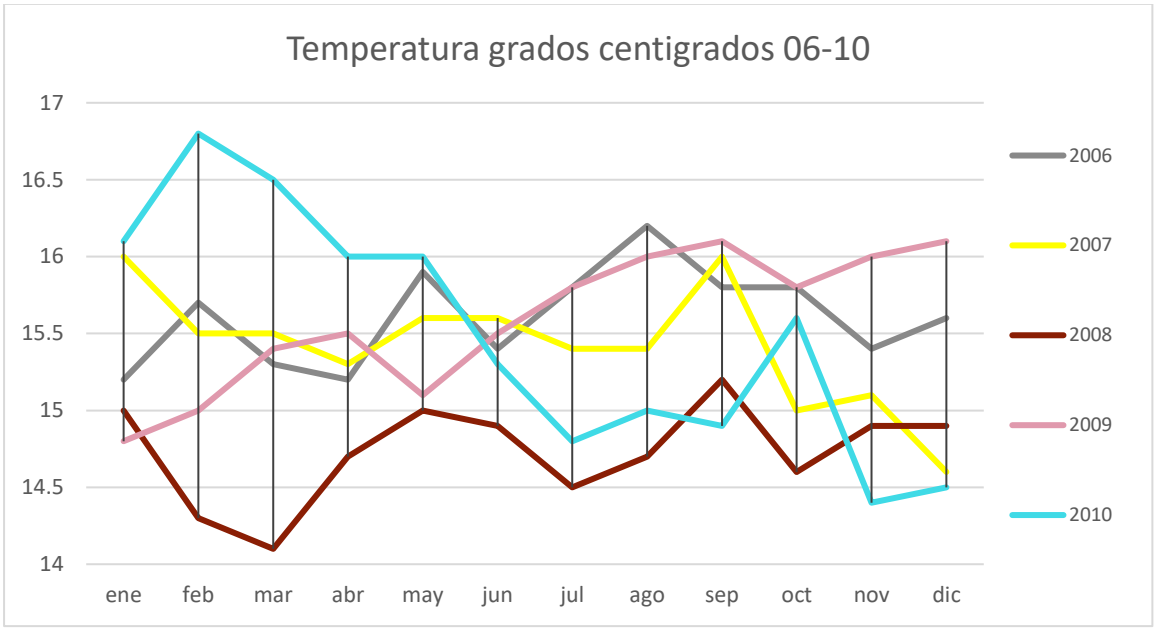
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 174. **TEMPERATURA 01-05**



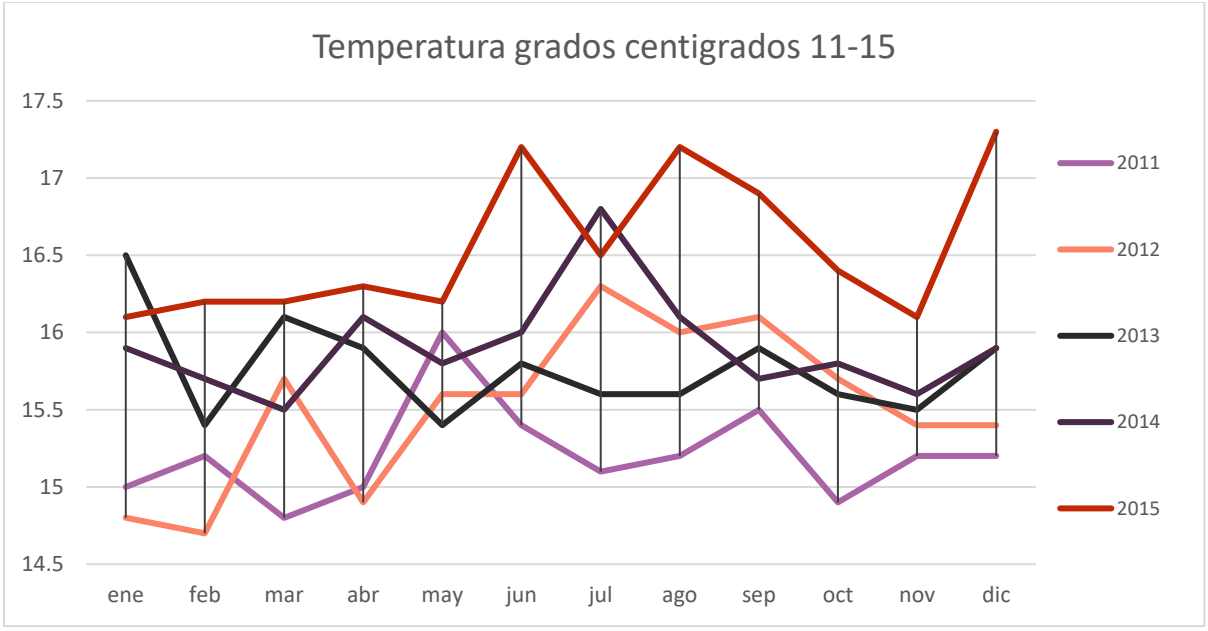
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 175. **TEMPERATURA 06-10.**



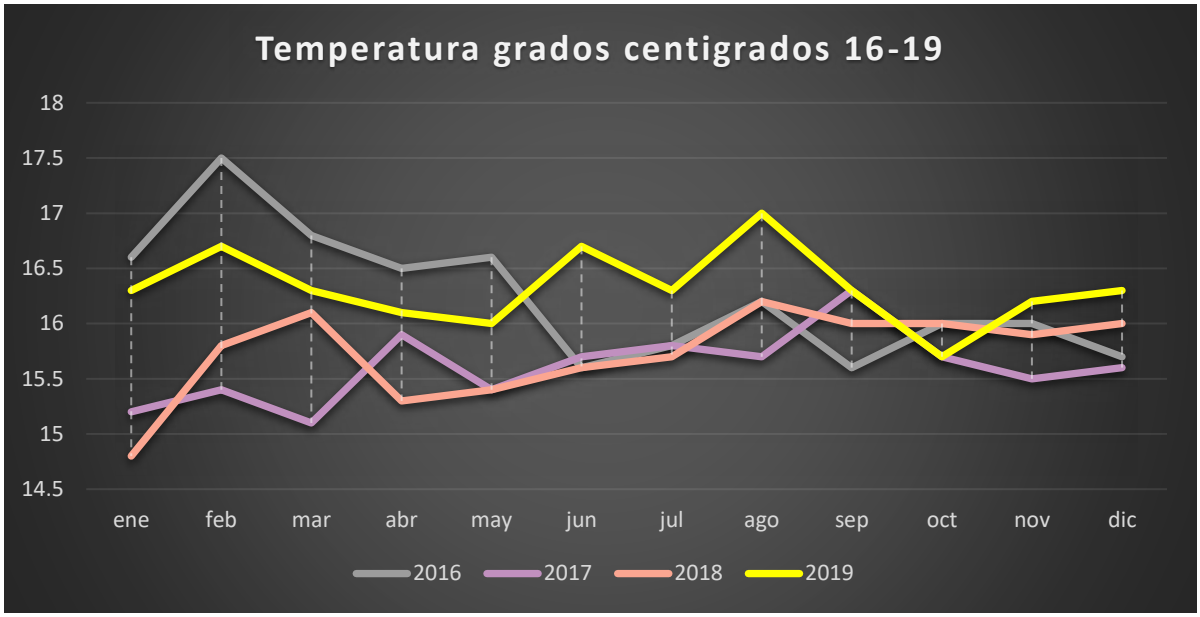
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 176. **TEMPERATURA 11 - 15**



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 177. **TEMPERATURA 16-19**



Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento de temperaturas varia cada año, y es difícil estimar un comportamiento para los siguientes años, aun mas cunado solo se tiene información publicada lista para utilizar hasta el 2019, existe información hasta el 2021 en la página web; pero en crudo, la cual debe ser aun tratada para poderla aplicar; sin embargo, con esta información se pueden determinar temperaturas medias en los años venideros.

De la información de temperatura promedio podemos evidenciar lo siguiente, el promedio general de temperatura es de 15,7 grados centígrados los valores promedio oscilan en 14 y 18 grados centígrados.

La variación de la temperatura por años y meses es muy variable, sin embargo, los meses en donde se reportan las temperaturas más elevadas son los meses de junio y agosto confidencialmente son los meses de menor precipitación entonces el tema constructivo sería oportuno realizarlo en los mismos con un control adecuado de polvos como medida de mitigación ambiental.

Los meses en donde se reportan las menores temperaturas promedio son los de mayo y enero, se podría aprovechar también estos meses para la etapa constructiva.

Al tener menor temperatura, y sin que este sea el único factor, los procesos de evaporación como parte del sistema de tratamiento del lixiviados deben posiblemente ajustarse para optimizar los mismos.

1.3.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESOS

El relleno sanitario El Inga II, aledaño al actual relleno sanitario El Inga, se ubica al sureste de Quito en la vía Sangolquí - Pifo, zona rural del Distrito Metropolitano de Quito, aproximadamente a 42 Km del centro urbano -

Desde la ciudad Quito el ingreso al relleno se puede hacer desde el Norte (vía a Pifo) o desde el Sur (Vía Sangolquí). Interiormente se tendrá una vía permanente de circulación, de la cual se derivarán vías temporales o industriales que conducirán los vehículos hasta el frente de disposición de residuos; estas vías se construirán sobre los residuos dispuestos y desaparecerán a medida que se construya el relleno.

La topografía del terreno es quebrada con fuertes pendientes hacia las vertientes de la quebrada Barbecho Sur y el río Inga. Las áreas donde se construirán las vías de acceso, instalaciones para operación y administración son topográficamente planas.

Debido a las características de la vegetación presente en la zona del proyecto (pastos, rastrojo y material de porte bajo), no será necesario adelantar un aprovechamiento forestal. vierten hacia el río Inga, cuyo curso general es en sentido Sur – Norte.

De acuerdo con los cálculos iniciales de Fundación Natura, la capacidad volumétrica total del relleno Inga II se estima en 8.0 millones de metros cúbicos, equivalentes a la disposición de los residuos generados durante un periodo aproximado de 15 años, es decir que iniciando actividades en el mes de julio de 2007 la vida útil se prolongaría hasta junio de 2022, recibiendo un total de 9.67 millones de toneladas de residuos sólidos.

1.3.3.1 PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y LOS CUERPOS DE AGUA ALEDAÑOS AL RELLENO

Los sistemas de protección ambiental se describen de manera detallada en el plan de manejo ambiental, pero se pueden resumir así:

Establecimiento de franjas de protección ambiental en el costado del lote colindante con el río Inga: Allí se establecerán programas de repoblamiento forestal en las zonas actualmente cubiertas con pastizales y no se desarrollarán actividades industriales sobre este sector.

Establecimiento de franjas de aislamiento paralela a la vía Perimetral Metropolitana: Consiste en el establecimiento de barreras vivas en esta franja, además de que se garantizará el no desarrollo de actividades industriales sobre este sector.

Construcción de sistema de manejo de aguas lluvias: Con el fin de aislar las aguas de escorrentía provenientes de la microcuenca localizada al oriente del proyecto se construirá el ya mencionado canal perimetral superior, además de la ejecución de diferentes obras para el adecuado manejo de las aguas lluvias. Adicionalmente se tiene proyectada la construcción de un subdrén en la base del relleno sanitario que se encargará de conducir las aguas infiltradas, evitando problemas de subpresiones en la geomembrana.

Sistema de impermeabilización del relleno sanitario: Consiste en la instalación de un sistema compuesto por capa de suelo, geotextil, geomembrana y capa de suelo protectora, que tiene por fin aislar los subproductos generados por el relleno sanitario y que pueden ser potencialmente generadores de contaminación (lixiviados y biogases).

Sistema para la gestión de lixiviados: Conformado por la captación, conducción, almacenamiento y tratamiento.

Sistema para la gestión de biogás: Conformado por la captación, conducción y tratamiento.

Medidas operaciones de tipo ambiental: Está conformado por todos los procedimientos estipulados en la operación del relleno sanitario y que tienen por objeto aislar los residuos sólidos y sus subproductos del medio ambiente, evitando de esta manera la generación de impactos negativos.

Sistemas de control ambiental: Consiste en el establecimiento de obras para el control ambiental tales como pozos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas, instalación de estación meteorológica y la instalación de sistemas de instrumentación geotécnica.

Plan de monitoreo ambiental: Cuya finalidad es consolidar un programa sistemático y coherente para la caracterización y seguimiento de la calidad ambiental del entorno del relleno en relación a las actividades y potenciales impactos dentro del área de influencia

Plan de monitoreo y control de olores y vectores: Se realizarán monitoreos de control que expresen los resultados de los controles realizados, además de efectuar encuestas de opinión a los moradores de los barrios aledaños.

Monitoreos de ruido: Las frecuencia y reporte de monitoreo serán establecidos en el cronograma de actividades presentado en el plan de manejo ambiental. Se tomará en cuenta la norma establecida en la Resolución No. 003 Norma técnica de límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas y para vibración.

Monitoreo de lixiviados: Se establecerá un programa de monitoreo continuo y necesariamente se tomará muestras de manera mensual o bimensual de acuerdo a la cantidad de lixiviados producidos. Se tomará en cuenta la Norma establecida en la Resolución No. 003, Art. 10 Tabla correspondiente, Concentración máxima de contaminantes de acuerdo a la característica de toxicidad (prueba de lixiviación), como también deberá cumplir con los límites especificados en el capítulo III, Art. 9, Tabla A1: Límites máximos permisibles por cuerpo receptor de la Ordenanza No. 0146.

Monitoreo de residuos sólidos: Registro de la cantidad de desechos dispuestos en el relleno, mantener un registro de volumen de desechos que ingresan (Registro de peso en báscula)

Monitoreo de riesgo de incendio y explosión: Se incluirán dentro de las medidas y acciones que permitan verificar periódicamente el nivel de cumplimiento del plan de contingencias relacionado con la protección y control de incendios y derrames dentro y fuera del relleno. Dentro del cronograma se incluirá la ejecución y evaluación de simulacros.

Adicional a los puntos mencionados, el plan de manejo ambiental detalla para las etapas de construcción y operación del relleno como tal, las siguientes actividades: 1) Flujo vehicular interno y externo, 2) Calidad del aire y emisiones de fuentes fijas y móviles, 3) Nivel sonoro, 4) Control de olores y vectores, 5) Manejo de lixiviados, 6) Control de gases, 7) Calidad del suelo y subsuelo, 8) Calidad del aguas, 9) Paisaje, 10) Seguridad Industrial y Operacional, 11) Monitoreo y Seguimiento Ambiental, 12) Contingencias, 13) Relaciones comunitarias y 14) Capacitación.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO NATURAL.

FIGURA 178. **ESCENARIO NATURAL RELLENO EL INGA**

Fuente: Elaboración Propia.

1.4.1 AREA DE INFLUENCIA

En primer lugar, es importante mencionar que el cubeto 11 y domo final se implantarán en superficies previamente intervenidas por el mimo relleno sanitario, siendo la interacción con el medio exterior, mínima.

Es necesario conocer el estado actual de los diferentes componentes ambientales que conforman el entorno natural como es el medio físico, el medio biótico y el medio socioeconómico y cultural, de tal manera que permita establecer una zonificación ambiental adecuada, realizar la identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales que puedan generarse durante el desarrollo del proyecto e implementar las medidas de manejo necesarias para que esta actividad sea ambientalmente viable.

1.4.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)

El AII se considera la Provincia de Pichincha, el área Metropolitana de Quito. Las poblaciones más cercanas son Sangolquí y Píntag.

1.4.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)

El área de influencia directa para el componente socioeconómico (AIDse) corresponde los poblados o asentamientos de Inga Bajo, Inga Alto, El Belén, Santa Ana e Itulcachi.

Para los componentes físico y biótico el AIDfb está representada por el área correspondiente a la construcción del relleno.

1.5 POBLACIÓN A ATENDER

1.5.1 AFECTACIÓN DIRECTA.

Las cinco comunidades afectadas dentro del proyecto del relleno sanitario son: Inga Bajo, El Belén, Itulcachi, Santa Ana e Inga Alto. Estas comunidades están ubicadas alrededor del relleno sanitario, ubicado a 45 Km. hacia el oriente de la ciudad de Quito en la parroquia de Pifo y La Merced (Santa Ana) y todas ellas tienen acceso por la vía perimetral metropolitana: Hacia el Norte: Itulcachi (2.9 Km) y Palugo (5.8 km), hacia el Sur: Rumiloma (4.1 km), San Carlos (5.2 km) y Parcelación La Floresta (5.2 km), mientras que hacia el Oeste se tiene La Merced (4.6 km).

Las normas urbanísticas aplicables al proyecto serán las contempladas en la Ordenanza PUOS 024 del 8 de junio de 2006, o sus modificatorias antes del inicio de la construcción, y en especial aquellas referidas en la Sección II - Artículo 12 (Uso Industrial), la Sección III - Artículo 19 (Compatibilidad de Usos), la Sección IV (Forma de ocupación y edificabilidad del suelo) y la Sección V (Categorización, Dimensionamiento, Afectaciones del Sistema Vial y Áreas de Protección Especial en aspectos de aprobación).

1.6 POBLACIÓN BENEFICIARIA.

La determinación de la población a servir con la disposición final de los residuos sólidos generados, constituye el primer elemento de diseño del relleno sanitario. Para esto se toma información estadística del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y de la Dirección General de Planificación - Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Para la realización de los cálculos se procesa la información de las dos fuentes anteriores, con proyección al año 2032 (10 años), teniéndose los resultados de la Tabla indicada, en el caso de proyecciones de población utilizamos la tasa de crecimiento de 1,5% anual en ciudad y 3,41% anual en zona rural según valores tomados por INEC.

TABLA 125. ***PROYECCIONES POBLACIÓN DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO - DMQ***

Año	Ciudad	Rural	Total
2010	1619146	621045	2240191
2011	1643595	642223	2285818
2012	1668413	664122	2332536

Año	Ciudad	Rural	Total
2013	1693606	686769	2380375
2014	1719180	710188	2429368
2015	1745140	734405	2479545
2016	1771491	759448	2530940
2017	1798241	785346	2583586
2018	1825394	812126	2637520
2019	1852958	839819	2692777
2020	1880937	868457	2749394
2021	1909339	898072	2807411
2022	1938170	928696	2866866
2023	1967437	960364	2927801
2024	1997145	993113	2990258
2025	2027302	1026978	3054280
2026	2057914	1061998	3119912
2027	2088989	1098212	3187201
2028	2120532	1135661	3256194
2029	2152552	1174387	3326940
2030	2185056	1214434	3399490
2031	2218050	1255846	3473896
2032	2251543	1298670	3550213

Fuente: *Elaboración propia, los datos fueron tomados del INEC, último censo 2010 como base.*

Es importante señalar que los valores poblacionales proyectados no coinciden con la población total a servir, ya que de acuerdo con la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial - DMPT, los porcentajes de recolección de residuos varían tal como se expresa en la Tabla correspondiente.

Otro factor considerado importante es el porcentaje de recolección, estos datos no se encuentran fácilmente identificables en EMASEO, sin embargo, en el documento "Plan maestro de la gestión integral de residuos del distrito metropolitano de Quito" del año 2016 encontramos los valores más cercanos que hacen referencia al 2014, con esta información se armó las tablas siguientes, para identificar esta cobertura.

TABLA 126. ***PORCENTAJE DE COBERTURA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE ASEO PARA EL DMQ***

Sector	Porcentaje actual de cobertura del servicio
Ciudad	96.7
Suburbano	84.57
Rural	87

Fuente Plan maestro de gestión 2016

Teniendo en cuenta que la eficiencia en la prestación del servicio de recolección de aseo debe alcanzar la meta del 100% en un lapso de tiempo determinado2, los anteriores factores de prestación del servicio son proyectados con una tasa de crecimiento del 0.5 % anual para el sector urbano y rural y del 2.5% anual para el sector suburbano, teniéndose en la Tabla abajo indicada, los resultados de población real a servir. Adicionalmente se presta el servicio de disposición final de residuos sólidos al cantón Rumiñahui, cuya población de acuerdo al censo del 2010 es de 85.852 habitantes3 con una producción de residuos promedio diaria de 132 toneladas4.

TABLA 127. ***CÁLCULO DE POBLACIÓN A SERVIR DMQ***

Año	Ciudad		Rumiñahui.		Rural		Total
	Cobertura servicio	Población a servir	Cobertura servicio	Población a servir	Cobertur a servicio	Población a servir	
2014	96,7	1719180	84,57	96215	87	710188	2525583
2015	97,18	1745140	86,7	98996	89,2	734405	2578540
2016	97,67	1771491	88,9	101857	91,4	759448	2632796
2017	98,16	1798241	91,1	104800	93,7	785346	2688387
2018	98,65	1825394	93,3	107829	96,0	812126	2745349
2019	99,14	1852958	95,7	110945	98,4	839819	2803722
2020	99,64	1880937	98,1	114152	100,9	868457	2863546
2021	100,14	1909339	100,5	117451	100,0	898072	2924862
2022	100,00	1938170	100,0	120845	100,0	928696	2987711
2023	100,00	1967437	100,0	124337	100,0	960364	3052138
2024	100,00	1997145	100,0	127931	100,0	993113	3118189

[2] Dirección Metropolitana de Medio Ambiente (DMMA) – Distrito Metropolitano de Quito. Plan Maestro de Gestión Ambiental 2004 - 2010

[3] Página web, Ecuador en cifras, Población y Demografía | (ecuadorencifras.gob.ec), censo 2010.

[4] I. Informe de cuentas EMGIRS, abril 2022, página 3.

Año	Ciudad		Rumiñahui.		Rural		Total
	Cobertura servicio	Población a servir	Cobertura servicio	Población a servir	Cobertur a servicio	Población a servir	
2025	100,00	2027302	100,0	131628	100,0	1026978	3185908
2026	100,00	2057914	100,0	135432	100,0	1061998	3255344
2027	100,00	2088989	100,0	139346	100,0	1098212	3326547
2028	100,00	2120532	100,0	143373	100,0	1135661	3399567
2029	100,00	2152552	100,0	147516	100,0	1174387	3474456
2030	100,00	2185056	100,0	151780	100,0	1214434	3551269
2031	100,00	2218050	100,0	156166	100,0	1255846	3630062
2032	100,00	2251543	100,0	160679	100,0	1298670	3710893

Fuente: Cálculos y proyecciones elaboración propia.

De acuerdo al plan maestro se habla que al 2025 debemos tener el 100% de cobertura en cuanto a recolección de desechos, eso no implica que el servicio se preste para el 100% de los capitalinos, sino que se retira del 100% de los sitios donde se colocan los desechos. De acuerdo a las proyecciones calculadas esa meta del 100% se la cumplió en el año 2020.

Con la aseveración colocada en el plan maestro donde indica que: "*En resumen, existe una falta de suficiente número de caracterizaciones y de la utilización de metodologías adecuadas que permitan extraer conclusiones correctas sobre su composición. Por tanto, es necesario realizar estudios de caracterización de residuos para establecer líneas base de generación de los diferentes tipos de residuos*", estamos totalmente de acuerdo porque para estudios actuales esta información de 6 años atrás no es suficiente.

1.7 PROYECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es fundamental establecer la producción actual y en potencia de los residuos sólidos generados en el área metropolitana de Quito, de tal manera que se puedan evaluar con un nivel de confiabilidad aceptable los volúmenes de residuos sólidos que se producirán, para determinar la vida útil del relleno sanitario. Estos volúmenes servirán de base para el dimensionamiento de las obras requeridas para el buen manejo y operación del relleno.

Con la información bibliográfica se determinaron las cantidades actuales de residuos sólidos con las cuales se podrán determinar las cantidades futuras, con base en las proyecciones de la población y de tasas de generación de residuos sólidos.

1.7.1 PRODUCCIÓN ESPERADA POR HABITANTE / DÍA (PPC)

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud [5], se estiman diferentes tasas de generación de residuos en función del tamaño y localización de la población, teniéndose así los valores presentados en la Tabla bajo estas líneas.

TABLA 128. ***PRODUCCIÓN PERCÁPITA POR HABITANTE / DÍA***

Población	PPC (Kg./Hab./día)*	PPC (Kg./Hab./día)**
Mayor a 1'000,000 de Hab.	0.720	0.816
Entre 200,000 a 500,000 Hab.	0.650	0.715
Menor a 15,000 Hab.	0.509	0.534

* Valor para el año 2002- OPS

** Valor estimado para el año 2006 teniendo en cuenta los promedios dispuestos en el relleno sanitario El Inga

Fuente: OMS

De acuerdo con "CONSULTORÍA PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS APROVECHABLES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANO" Con los registros obtenidos, se determina una PPC de 0,774 Kg/hab/día, que servirá de base para la proyección de residuos sólidos a ingresar por los años siguientes al relleno sanitario. Encontrándose dentro de lo que la OMS coloca para el tamaño de ciudad.

Teniendo en cuenta que la producción per cápita diaria de basuras no solo depende de una tasa de crecimiento poblacional, sino que en ella influyen innumerables aspectos socioeconómicos y culturales, se asumirá un incremento del 0.25% anual de la PPC como se puede observar en la Tabla No. 8. Estos datos son recalculados para cada año en función del porcentaje de población), obteniéndose así la PPC promedio del Distrito Metropolitano de Quito.

TABLA 129. ***TONELADAS DE RESIDUOS DISPUESTAS EN EL RELLENO.***

Residuos Dispuestos en el Relleno Sanitario de El Inga (Toneladas)							
MES \ AÑO	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
ENERO	60.840,06	59.087,11	60.394,35	63.839,25	68.219,57	65.153,16	69.154,88
FEBRERO	52.496,68	52.559,58	54.197,59	54.850,49	55.858,28	58.981,50	60.864,35

[5] Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2003. Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales - Informe analítico de Ecuador / Evaluación 2002.

Residuos Dispuestos en el Relleno Sanitario de El Inga (Toneladas)							
MES \ AÑO	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
MARZO	58.825,85	60.908,73	61.845,20	66.927,88	66.332,21	65.844,50	64.714,30
ABRIL	60.704,04	60.142,85	62.865,15	64.344,54	65.347,14	68.100,41	56.521,32
MAYO	62.934,46	59.030,82	63.124,74	69.431,48	68.670,55	66.571,45	62.413,49
JUNIO	56.715,17	56.469,24	58.670,83	63.430,69	65.532,86	63.731,41	63.310,11
JULIO	58.724,48	56.959,01	57.335,13	61.432,78	62.478,80	63.067,12	64.163,88
AGOSTO	58.144,94	53.595,23	56.496,30	60.787,98	61.073,42	59.636,01	60.375,85
SEPTIEMBRE	57.198,03	54.561,75	56.037,93	60.836,83	61.242,90	58.374,83	61.261,79
OCTUBRE	57.195,91	57.560,90	59.294,84	63.745,06	62.620,02	59.893,22	61.645,74
NOVIEMBRE	56.367,84	54.581,02	57.288,30	61.187,48	62.586,17	63.359,93	57.775,96
DICIEMBRE	61.224,41	59.618,04	61.716,31	64.039,70	66.176,60	66.818,84	68.489,31
TOTAL	**701.371,87**	**685.074,28**	**709.266,67**	**754.854,16**	**766.138,52**	**759.532,38**	**750.690,98**
PROMEDIO	**58.447,66**	**57.089,52**	**59.105,56**	**62.904,51**	**63.844,88**	**63.294,37**	**62.557,58**
MAYOR	**62.934,46**	**60.908,73**	**63.124,74**	**69.431,48**	**68.670,55**	**68.100,41**	**69.154,88**
MENOR	**52.496,68**	**52.559,58**	**54.197,59**	**54.850,49**	**55.858,28**	**58.374,83**	**56.521,32**
INGRESO DIARIO (TON/DIA)	**1.921,57**	**1.876,92**	**1.943,20**	**2.068,09**	**2.099,01**	**2.080,91**	**2.247,58**

Fuente: EMGIRS E.P.

Con la información presentada podemos obtener el PPC real.

TABLA 130. ***CÁLCULO PPC***

Año	Toneladas dispuestas anual	Toneladas dispuestas dia.	Proyección habitantes	PPC (kg/hab/día
2014	701.371,87	1921,56677	2429368	0,791
2015	685.074,28	1876,91584	2479545	0,757
2016	709.266,67	1943,19636	2530940	0,768
2017	754.854,16	2068,09359	2583586	0,800
2018	766.138,52	2099,00964	2637520	0,796
2019	759.532,38	2080,91063	2692777	0,773
2020	750.690,98	2056,68762	2749394	0,748

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 131. ***PROYECCIÓN PPC***

Año	Toneladas dispuestas anual	Toneladas dispuestas dia.	Proyección habitantes	PPC (kg/hab/día
2014	701.371,87	1921,56677	2429368	0,791
2015	685.074,28	1876,91584	2479545	0,757
2016	709.266,67	1943,19636	2530940	0,768
2017	754.854,16	2068,09359	2583586	0,800
2018	766.138,52	2099,00964	2637520	0,796
2019	759.532,38	2080,91063	2692777	0,773
2020	750.690,98	2056,68762	2749394	0,748
2021	768448,07	2105,33718	2807411	0,750
2022	786684,046	2155,29876	2866866	0,752
2023	805413,435	2206,61215	2927801	0,754
2024	824651,24	2259,31846	2990258	0,756
2025	844412,961	2313,46017	3054280	0,757
2026	864714,611	2369,08113	3119912	0,759

Año	Toneladas dispuestas anual	Toneladas dispuestas dia.	Proyección habitantes	PPC (kg/hab/día
2027	885572,735	2426,22667	3187201	0,761
2028	907004,425	2484,94363	3256194	0,763
2029	929027,343	2545,28039	3326940	0,765
2030	951659,739	2607,28696	3399490	0,767
2031	974920,472	2671,01499	3473896	0,769
2032	998829,031	2736,51789	3550213	0,771

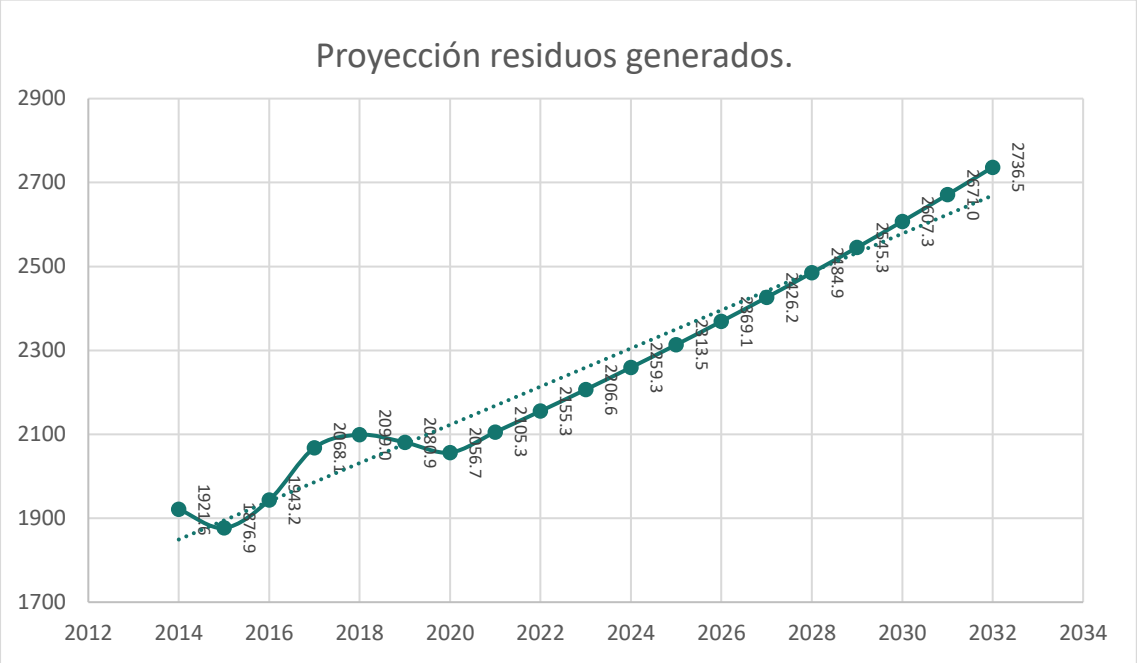
Fuente: Elaboración propia.

1.7.2 PRODUCCIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS

A partir de las PPC futuras, las proyecciones de población calculadas y el cálculo de la población a servir, se obtiene la producción diaria de los residuos sólidos. En las columnas señaladas como residuos dispuestos se contabiliza la cantidad de residuos que se prevé recibirá el RS El Inga II en función de su vida útil total proyectada.

Con esta información generamos el siguiente gráfico que nos indica claramente la tendencia a generar mayor cantidad de desechos por lo que las políticas de minimización de residuos deben aplicarse de manera urgente e inmediata.

FIGURA 179. **PROYECCIÓN RESIDUOS.**



Fuente: Elaboración propia.

1.8 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo a los datos proporcionados por la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP, en cumplimiento de lo indicado en los términos de referencia del proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA.", se tiene los siguientes datos:

FIGURA 180. **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

MATERIAL	CASTILLO 2012		ASAMTECH 2019		PROMEDIO
Orgánicos	56,42%		62,54%		59,48%
Papel	5,62%		3,52%		
Cartón	2,95%		3,52%		
PET	1,94%		1,89%		
Plástico de alta densidad	2,04%		2,83%		
Fundas plásticas	5,99%	23,96%	3,50%	23,13%	23,55%
Vidrio	2,08%		1,77%		
Metales	0,86%		1,17%		
Polipropileno	1,65%		2,23%		
Poliestireno	0,83%		0,72%		
Tetrapak			1,98%		
Inorgánicos no recuperables (rechazos/papel higiénico)	10,39%	18,61%	10,21%	14,13%	16,37%

Electrónicos	0,18%		0,35%	
Madera/Textiles	2,50%		2,52%	
Menor a 1 cm	5,11%		-	
Inherentes (losa, cerámica)	0,43%		1,05%	
Peligrosos	0,23%		0,20%	0,21%
Compuestos	0,78%		-	0,39%
TOTAL	100,00%		100,00%	100,00%
	Muestra tomada en ETN y ETS		Muestra tomada en barrios	

Fuente: *EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP, NUEVO MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*

De manera inmediata, se puede definir que el contenido de materia orgánica, se ubica en porcentajes normales para la región (Sudamérica), la caracterización es una herramienta fundamental al momento de definir las cantidades de producción de gas y lixiviado, y desde luego es la base de un Plan de Gestión Integral correctamente dimensionado y enfocado.

1.9 CONDICIONES FÍSICAS, BIÓLOGICAS, SOCIALES.

1.9.1 RESUMEN DOCUMENTAL DE CONDICIONES DE FLORA EN EL RELLENO.

La determinación del estado actual de la flora se tomó basado en el estudio de impacto ambiental del 2003 y 2016. Considerando que el cubeto 11 está ubicado dentro de la zona del mismo relleno sanitario.

Es de aclarar que se trata de un estudio basado en la información secundaria disponible y su comprobación en campo (encuestas y observaciones directas) y no corresponde a un análisis especializado.

El estudio del 2003 determinó *"la presencia de 21 especies de plantas, pertenecientes a 13 familias, de ellas la de mayor representatividad corresponde a Amaranthaceae con 4 especies, Asteraceae, con 3 especies, Solanaceae 3 y Myrtaceae 2. El resto de familias registró 1 especie. Las plantas más comunes en la zona de estudio fueron Mimosa quitensis "guarango" (Mimosaceae), Baccharis polyanta "chilca" (Asteraceae) y Eucaliptos globulus "eucalipto" (Mirtaceae). La cobertura vegetal de la zona de estudio es escasa, existen claras muestras de que ha sido reemplazada por cultivos o por plantaciones de Eucalyptus globulus ampliamente cultivado en esta región. Existen parcelas que constituyen remanentes de vegetación nativa, en su mayoría arbustiva formando densos matorrales. Dentro del relleno sanitario toda el área es intervenida o son especies plantadas por el mismo proyecto."*

En el estudio 2016, *"en cuanto a la riqueza de especies, en los recorridos se registraron un total de 43 especies pertenecientes a 42 géneros y 27 familias. Las familias mejor representadas en cuanto a la cobertura dentro de la zona son Asteracea, Poaceae, Ericaceae lo que demuestra un alto grado de alteración y el mal uso al que ha sido sujeto este recurso y que ha sufrido la zona en general, pues las mencionadas familias son características en espacios donde la vegetación nativa ha sido talada y cuyo hábitat puede ser ocupado por especies pioneras agresivas como el pasto, o especies arbustivas y monocultivos (eucalipto)."*

Si bien la diferencia de especies es el doble, entre los dos estudios, esto puede deberse al tipo de muestreo, al sitio donde se realizó el mismo; sin embargo, en el 2003 existían pocas especies de plantas que para el 2016 han desaparecido y las que quedan son especies "agresivas" como lo indica el estudio del 2016.

Por lo tanto, la afectación al componente flora es mínima.

1.9.2 RESUMEN DOCUMENTAL DE SITUACIÓN DE FAUNA EN EL RELLENO.

Considerando que el cubeto 11 se encuentra dentro del Relleno Sanitario., usaremos la descripción del componente faunístico de acuerdo a lo evaluado por el estudio de impacto ambiental del 2003 y 2016, con base en la consecución de Información primaria tomada en campo a través de encuestas no formales a los habitantes de la zona y observaciones directas y la recopilación de información secundaria con bibliografía especializada.

1.9.2.1 HERPETOFAUNA 2003

En el estudio del 2003, se indica que *"Para determinar las especies de este grupo presentes en el área. Se utilizó un transepto de 100 m, con campo de muestreo de 2 m a cada lado, cubriéndose una superficie de 400 m para la búsqueda de registros directos o de rastros y huellas que sugieran la existencia de especies.*

Anfibios. Se registró solamente una especie de manera visual, esta fue Eleutherodactilus unisttrigatus comúnmente llamado "sapito de Quito". Una especie considerada común en los valles cercanos a Quito. No se registraron otras especies, una hipótesis para esto es el cambio severo que se ha dado en el clima de la zona, las ausencias de lluvias habrían hecho que reduzcan considerablemente los espacios naturales que permiten que especies de anfibios se reproduzcan y sobrevivan.

Reptiles. Se registró de manera directa a un solo individuo perteneciente a la familia Tropiduridae, se trata de Stenocercus guenteri llamada comúnmente "guags". Así mismo se tuvo un registro visual muy corto de Prodoctoporus sp. Conocida como "lagartija minadora", siendo estas dos especies típicas de los valles con características xerofíticas. (Estos animales son vertebrados, anamniotas (sus huevos carecen de una cubierta llamada amnios), tetrápodos y de sangre fría. Además, ponen huevos (son ovíparos), tienen una piel fina y húmeda y su corazón tiene tres cámaras)

Los datos obtenidos en anfibios y reptiles no permitieron establecer análisis cuantitativos, pues los mismos indican una baja diversidad y abundancia de herpetofauna en la zona del proyecto."

1.9.2.2 HERPETOFAUNA 2016

En el estudio del 2016, se indica que: *"Las condiciones ambientales drásticas como la fragmentación y pérdida de la cobertura vegetal originaria, transformación de hábitats naturales, prácticas agrícolas, quema de vegetación que caracterizan al área de estudio, determinan en menor magnitud la presencia de anfibios y reptiles.*

Se registró una especie de Anura; tres especies de Sauria, dos lagartijas y una guagsa. Debido a la presencia de áreas abiertas y planas, las lagartijas son las especies más comunes de estas zonas, las cuales se constituyen en alimento para aves como los halcones. Las lagartijas se han adaptado a ambientes alterados y son especies generalistas, éstas permanecen en la base de árboles y en huecos y salen en las mañanas con sol para calentarse en cauces secos casi sin vegetación, empalizada, y zonas planas con hierba. De acuerdo a la "Lista Roja de Reptiles del Ecuador" (Carrillo, et al. 2005), en el área de estudio se registraron a las tres especies de saurios; en la categoría de Casi Amenazada (NT)."

Por lo tanto, dentro del diseño del cubeto 11 el impacto a este tipo de reptiles es mínimo porque se ejecutará en lugar ya intervenido previamente y no existirá remoción vegetal sino cambios en zonas ya intervenidas.

1.9.2.3 AVES 2003.

Dentro del estudio de impacto ambiental del relleno sanitario 2003, *"se tomaron datos de los registros visuales y auditivos, en los puntos de muestreo y en un transecto lineal de 500 m. Las observaciones principales fueron hechas en horas de la mañana, entre las 05h45 y 09h00, y en la tarde a partir de las 16h00 hasta el ocaso; siendo estas horas en las que se puede registrar una mayor actividad de las aves. Con la finalidad de obtener un registro más completo de las aves en la zona del proyecto, se realizaron grabaciones matutinas en horas del amanecer astronómico (05h40).*

El estudio de campo permitió estructurar un listado taxonómico que agrupa a 45 especies de aves, pertenecientes a 18 familias, de las cuales las más representativas son Thraupidae, con 8 especies, Tyrannidae con 7 y Columbidae con 6 especies. En tanto que las familias con menor representatividad fueron: Falconidae, Scolopacidae. Tytonidae, Picidae, Furnaridae, Formicaridae y Parulidae con una especie cada una."

1.9.2.4 AVES 2016.

En la información del EIA 2016, se indica que: *"Los sitios de las quebradas y sus riberas mantienen vegetación arbustiva densa que permite los movimientos y desplazamientos de las aves, en estos ambientes son comunes las siguientes especies: gorriones (Zonotrichia capensis), pinchaflores (Diglossa lafresnayii), Matorralero Nuquirufo (Atlapetes latinuchus), los quindes (Lesbia victoriae), Jilguero Encapuchado (Carduelis magellanica); tórtola (Zenaida auriculata), principalmente. En los espacios abiertos predominan los quilicos (Falco sparverius); Turdus fuscater (mirlo); Coragyps atratus (gallinazo); Zonotrichia capensis (Gorrión), estas especies son indicadoras de ambientes intervenidos y se adaptan fácilmente a las actividades antrópicas. En general, las especies registradas son típicas de hábitats alterados. No se registraron a especies indicadoras de bosques en buen estado de conservación o altamente sensibles a las actividades que se desarrollan. Es importante indicar que las riberas del río Inga todavía mantienen vegetación arbustiva y herbácea importante para la avifauna de la zona, que permite el movimiento de las especies; sería muy importante su conservación a futuro para el normal desenvolvimiento de las especies. De acuerdo a los datos en el área se registraron un total de 20 especies de aves distribuidas en 19 géneros, y 11 familias.*

De acuerdo a la "Lista de Aves en Peligro de Extinción en el Ecuador" (Granizo, et al. 2002), en el área de estudio no se registraron especies amenazadas; sin embargo, no se descarta la posibilidad de sus registros en futuros muestreos."

El listado de aves es importante ya que son especies que pueden seguir interactuando en el Relleno Sanitario, aunque el mismo se encuentre totalmente intervenido, y por esta razón es el grupo que requiere más cuidado en cuanto al análisis de posibles impactos ambientales.

Para el diseño del cubeto 11, el impacto en el medio biótico, componente aves debe considerarse porque las mismas están presentes en las zonas circundantes y pasan, transitan o se posan incluso dentro del proyecto relleno sanitario.

1.9.2.5 MAMÍFEROS 2003.

Dentro del estudio de impacto ambiental para este grupo se consideraron los mismos puntos de muestreo utilizados en para las aves. "*En ellos se hicieron observaciones y búsqueda de rastros y huellas que sugieran la presencia de especies de este grupo. Se utilizó un solo método de captura, esto es mediante la utilización de dos trampas tipo Sherman.*

Las utilizaciones de las trampas tipo Sherman no arrojaron ningún resultado. Sin embargo, sí se obtuvieron dos registros visuales nocturnos: Reithrodontomys mexicanus (Muridae) "ratón cosechador mexicano" y Didelphys albiventris (Didelphidae) conocida como "raposa".

Durante la búsqueda de rastros o huellas que indiquen la presencia de otras especies se encontraron heces de conejo silvestre Sylvilagus brasiliensis (Leporidae) y se pudo registrar el olor típico de la orina de zorro hediondo (Conepatus semistriatus) de la familia Mustelidae. Ambas especies consideradas comunes en zonas de valles interandinos."

1.9.2.6 MAMÍFEROS 2016.

Dentro del estudio de impacto ambiental para este grupo "*En el área de influencia directa del proyecto no se registran especies de mamíferos grandes ni medianos ya que las características ambientales de la zona no permiten el desarrollo de individuos de este grupo, sin embargo, en la parte alta del proyecto, se registró al conejo (Sylvilagus brasiliensis), la rata común (Rattus rattus) y a un ratón silvestre posiblemente del género Thomasomys.*

Se registraron a 3 especies de mamíferos silvestres, pertenecientes a 2 familias, por ende, la diversidad registrada es muy baja. Debido a la ausencia de mamíferos en el área, en el presente estudio no se registraron a especies dentro de alguna categoría de amenaza de extinción.

Las actividades de las haciendas y asentamientos humanos, malas prácticas han sometido a la fauna y flora a fuertes presiones. La deforestación y fragmentación de hábitats, debido a la extracción de madera, quema de la vegetación y la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas han afectado drásticamente a la diversidad de este grupo en la zona. Los gremios alimenticios de las especies registradas corresponden a herbívoros, y omnívoros. En ellos se hicieron observaciones y búsqueda de rastros y huellas."

Para el diseño del cubeto 11 se debe contemplar las especies mamíferos dentro de los impactos del proyecto, no solo como impacto a su bienestar sino el impacto que se puede generar por la presencia de roedores, animales domésticos dentro y cerca de las instalaciones del relleno sanitario.

1.9.3 COMPONENTE SOCIAL

La información social presente en este diagnóstico se adquirió de fuentes secundarias. Esta fuente principal fueron los estudios de impacto ambiental del proyecto relleno sanitario del 2003 y 2016.

El objetivo de este levantamiento de información fue conocer, identificar y actualizar la caracterización social del área de influencia directa e indirecta del proyecto, en los aspectos sociales, económicos y culturales de relevancia para la interpretación de la realidad social y económica de la región.

El análisis socioeconómico no puede realizarse con esta información base debido a que el dinamismo de las poblaciones requiere no solo la información documental, sino realidades actuales de estructura, educación, movilidad, infraestructura, tecnología entre otros.

Sin embargo, las comunidades que han sido parte de este estudio, continúan siendo las que siguen dentro de la zona de afectación del proyecto son: Inga Bajo, El Belén, Itulcachi, Inga Alto y Santa Ana. De la misma manera cabe advertir, que la solución del conflicto acaecido con la introducción del relleno sanitario (y su potencial sucesor) no se va a dar solamente con el cumplimiento de las más urgentes necesidades de estas comunidades. Un trabajo más prolongado y que incluya la superación de las divergencias y perjuicios que han vivido ellas, desde la implementación del primer relleno, es imprescindible como parte de una solución integral y responsable a los efectos colaterales que acarrea un relleno sanitario.

Plan de Manejo Socio ambiental: en la que se establecen las medidas pertinentes derivadas de los estudios de la consultoría, con respecto al tratamiento socioeconómico y cultural en las distintas fases del proyecto de un nuevo relleno sanitario en esta zona.

Las cinco comunidades afectadas dentro del proyecto del relleno sanitario son: Inga Bajo, El Belén, Itulcachi, Santa Ana e Inga Alto. Estas comunidades están ubicadas alrededor del relleno sanitario, ubicado a 45 Km. hacia el oriente de la ciudad de Quito en la parroquia de Pifo y La Merced (Santa Ana) y todas ellas tienen acceso por la vía perimetral metropolitana.

De acuerdo al estudio del 2003: *"Estas comunidades poseen un paisaje rural andino con una temperatura promedio variante entre los 12 y 25 grados centígrados (a excepción del Inga Alto que es un poco más frío que el resto). Las lluvias en todo el sector suelen ser moderadas, y con mayor presencia en las épocas de invierno (octubre a abril). Están asentadas entre los 2500 y 3000 metros sobre el nivel del mar.*

La tenencia del suelo en todas las comunidades es de carácter particular, que corresponde a su historia en común: la reforma agraria. Así, campesinos y hacendados son dueños de sus tierras. La tierra es usada para la agricultura y ganadería, teniendo alta incidencia la cría de animales menores. Debido a las malas prácticas agrícolas la calidad del suelo se ha ido empobreciendo, pues no toda su extensión tiene aptitud para la agricultura. No es un suelo árido y su permeabilidad es media. De pendiente tipo ondulada a escarpada y con buen drenaje por la presencia de una gran cantidad de quebradas. En esta zona, casi no existen temblores ni deslizamiento de tierras ni posee volcanes cercanos.

La zona en general posee vientos durante todo el año, al parecer no hay una dirección predominante y eso hace que los malos olores provenientes del relleno sanitario se perciban en todos los barrios. La circulación vehicular por la vía principal es constante."

1.9.3.1 LA COMUNIDAD DE EL INGA

La comunidad del El Inga se encuentra en las laderas de una montaña ubicada al margen izquierdo de la vía perimetral metropolitana en sentido norte sur, es decir al Este del relleno sanitario (aunque existen casas también al margen derecho). A esta comunidad pertenecen dos asentamientos políticamente constituidos, o barrios: El Inga Bajo y El Inga Alto. Los dos barrios son comunidades muy parecidas en casi todas sus características.

En cuanto a la seguridad ciudadana, libertades y equidad, los habitantes de El Inga mencionan que hay robos dentro de su territorio, inclusive que estos han aumentado. Se indica también que el consumo de alcohol es elevado, aunque no reporta casos de consumo de drogas. Los dirigentes admiten que si hay casos de violencia hacia con mujeres y niños. Las libertades religiosas son permitidas dentro de la comunidad, pero la libertad de organización política está controlada por las directivas de las comunidades. Los dirigentes dicen que si existe participación política de las mujeres de las comunidades y que ocupan cargos importantes dentro de cada una de sus comunidades. Adicionalmente, se sabe que existe equidad en cuanto a la asistencia de niñas y niños a la escuela y que hay también mujeres con educación media. No se consideran a los niños, niñas y jóvenes en la toma de decisiones de las comunidades.

1.9.3.2 EL BELÉN, ITULCACHI Y SANTA ANA

Estos barrios tienen características parecidas en la etnicidad de la población: se definen como mestizos e indígenas, y tienen una emigración de la población que más bien baja. El barrio El Belén, está ubicado al Este del relleno sanitario, pero más al norte que El Inga. Itulcachi, localizada al norte del actual relleno (lado Oeste de la vía principal). Santa Ana, en cambio se encuentra un tanto al sur del relleno sanitario.

Los habitantes de El Belén e Itulcahi dicen que el agua de su consumo es potabilizada, en cambio en Santa Ana hierven el agua.

Los pobladores afirman que tienen red de energía eléctrica en las casas de la comunidad, aunque en El Belén se quejan que falta el alumbrado público. Las vías de acceso son empedradas, aunque dentro de la comunidad de El Belén la mayoría de rutas son caminos veraneros.

Todos niños y niñas de los barrios de El Belén y Santa Ana asisten a la escuela, en Itulcachi los dirigentes nos dijeron que hay niños y niñas que no lo hacen. Así mismo todos los jóvenes de El Belén y muchos de Santa Ana asisten al colegio, según los moradores; en Itulcachi dicen que la mayoría de los jóvenes se dedica a trabajar.

Las enfermedades de mayor ocurrencia son las mismas que el sector del Inga: Infecciones en la piel y ojos, infecciones en las vías respiratorias, en especial en la garganta, gripes, dolores de cabeza y vómito.

Los habitantes de los tres barrios dicen que ha habido un aumento de robos, es por eso que en El Belén ha colocado una puerta de acceso a la entrada de su barrio que pasa cerrada. Según versiones de los vecinos, en El Belén casi no existe consumo de alcohol o droga, ni tampoco casos de violencia intrafamiliar o maltrato. En Itulcachi en especial, y en Santa Ana si reportan consumo de alcohol, pero ninguno de los dos barrios consumo de droga. En ambos barrios se denuncia que hay violencia intrafamiliar, pero con tendencia a disminuir.

En los tres barrios hay libertad religiosa, así como libertad de expresión y comunicación, aunque en El Belén no de asociación, ya que los grupos deben ser aprobados dentro de las reuniones comunitarias.

En relación a la igualdad de género, indican que si existe participación política de la mujer y también existen mujeres que ocupan cargos importantes dentro de las tres comunidades. Han aumentado también la cantidad de mujeres con instrucción media en los últimos años. También hay equidad en la asistencia de niñas y niños a la escuela.

1.9.3.3 HISTORIA Y ACERVO CULTURAL

Estas comunidades se han constituido como tales a partir de la reforma agraria, (hace 60 años aproximadamente) aunque los asentamientos humanos tienen mucho más tiempo. Los asentamientos más antiguos son el Inga e Itulcachi.

En las cinco comunidades se habla el idioma español, mientras que el kichwa está a punto de perderse, siendo hablado únicamente por las personas de mayor edad. Las tradiciones culturales se están perdiendo, aunque en su gran mayoría las comunidades están habitadas por nativos de la zona, hay destrucción de muchos recursos de significados culturales. En todas las comunidades prevalece la religión católica, aunque hay manifestación de otras religiones como la evangélica.

1.9.3.4 MALOS OLORES

En el estudio de impacto ambiental se reportó esto como uno del os principales problemas de la zona de influencia, el olor es característico de la descomposición de residuos sólidos, al mantenerse esta actividad en el proyecto relleno sanitario, comprendemos que seguirá siendo motivo de quejas.

El estudio de impacto indica que, este es el principal problema que manifiestan las personas de los barrios cercanos al relleno. Los olores afectan a todos los pobladores sin excepción y han estado

presentes desde el primer año de implementación del relleno. Los momentos en los que perciben mayormente llegando a límites intolerables son en las madrugadas, las tardes, después de lluvia, según coinciden todos los entrevistados en los barrios; en cambio durante el día, dependiendo de la dirección del viento, la molestia es mayor o menor de diferentes lugares.

Al parecer los gases malolientes, polvo y otros compuestos, son responsables de afectaciones en las vías respiratorias de los habitantes del sector, siendo los problemas de garganta y las gripes lo más comunes. En El Belén reportan un caso de muerte infantil, según los entrevistados, por afectación a las vías respiratorias, ellos relacionan el fallecimiento con días anteriores de mucho mal olor.

En las escuelas del sector también se pudo constatar el mal olor, siendo la causa de muchas de las afectaciones en los estudiantes. Las maestras dicen que los niños se quejan de dolores de cabeza, de garganta y de barriga por el olor de la basura. A voz de las maestras: "no se puede trabajar porque los niños se pasan quejando que apesta y se distraen bastante por eso". Afirman que "toca aguantarse" e intentar motivar a los alumnos para mantenerlos concentrados en clase. Cuentan que ha habido días que han tenido que enviar a los niños a la casa porque los olores han sido insoportables. Otras maestras dicen que hay clases que tienen que darlas en exteriores, pero que no pueden darlas o se les complica por los malos olores. Dicen que hay clases que "toca repetir" porque el día anterior los niños se han quejado mucho. Una situación que preocupa mucho a las maestras es la inasistencia de los estudiantes por causas injustificadas o desconocidas. En todas las comunidades las escuelas dicen que tienen un botiquín, pero a juicio de los profesores ningún botiquín tiene lo necesario. También hay momentos que a las maestras les duele la cabeza. Una de las profesoras dice que el mal olor desmotiva a ellas y a los alumnos. El relleno ha acarreado una baja en el rendimiento escolar a criterio de las maestras de las comunidades afectadas.

Los olores también afectan a los animales domésticos, pero sobre todo a los animales más pequeños. En el criadero de avestruces que está dentro de la zona de influencia y los olores también son permanentes, dicen que los animales están con bajo peso, que los más pequeños no quieren comer, y que a veces cuando llega un "mal viento" se mueren. Dicen que cuando no quieren comer es necesario hidratarlos y obligarlos proporcionándoles balanceado con melaza.

Las personas se quejan que les es incómodo salir de sus casas ya sea para trabajar o simplemente para estar un rato afuera por los olores. Otros habitantes dicen que no pueden dormir por causa de los olores. La mayoría de los entrevistados, afirman que muchas veces, ellos y sus hijos, salen sin desayunar a sus actividades, pues a esa hora el olor es intenso: les provoca inapetencia y nauseas.

Según algunos moradores, los olores también son responsables de la emigración de muchas personas que vivían en el sector. Aquellos que han tenido posibilidades de salir a alquilar fuera, ya sea en los valles o en la misma ciudad de Quito. Igualmente, denuncian que algunos padres de familia han retirados a sus hijos de la escuela del sector, para matricularlos en otras escuelas fuera de los barrios afectados.

1.9.3.5 EL DESEMPLEO Y SUBEMPLEO

Al ser el nivel de ingresos en las comunidades notablemente bajo, el desempleo tiene una fuerte incidencia en el ingreso promedio por familia. Como desempleo aquí se entenderá a la falta de acceso de las personas en edad y deseo de trabajar a fuentes de trabajo permanentes, que les otorguen un salario real básico como para atender sus más urgentes necesidades.

El empleo debe considerarse dentro del plan de manejo ambiental para el diseño y construcción del cubeto 11.

2 EVALUACIÓN AMBIENTAL

2.1 EVALUACIÓN AMBIENTAL.

A partir de la revisión de los estudios disponibles sobre la situación actual de los componentes ambientales del área de influencia, la elaboración de la línea base ambiental y la verificación en campo, se realizó la identificación de todas las actividades que actualmente ejercen presiones sobre el medio y que seguirán causando deterioro ambiental.

El análisis de impactos se realizó siguiendo una metodología que consiste en determinar la significancia ambiental partiendo de la importancia desde el punto de vista ambiental, legal y social, en las cuales se asignan valores a los impactos definidos para cada una de las actividades del proyecto; una vez determinada ésta se multiplica por la probabilidad de ocurrencia del evento impactante para establecer la significancia del impacto. Esta variable indica en cuáles impactos se deberá centrar la atención de manera prioritaria para la formulación de las medidas de Manejo Ambiental para la construcción y operación del Relleno Sanitario Inga II.

2.1.1 FORMULACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

A partir del diagnóstico ambiental de la zona, así como de la identificación de aspectos ambientales previsibles en la operación del relleno sanitario, se elaboraron las fichas de manejo ambiental, teniendo una visión general de los componentes del área, de las actividades involucradas y los posibles impactos implicados; las estrategias ambientales establecen los lineamientos de los programas y acciones de manejo ambiental presentando las especificaciones técnicas, diseños, los requerimientos logísticos y de personal, los costos y la programación de actividades, con el fin de prevenir, mitigar, corregir o compensar los efectos generados sobre los elementos del medio, por la construcción y puesta en operación del relleno.

2.1.2 ANALISIS DE IMPACTOS

El término "impacto ambiental" define la alteración del ambiente causada por la implementación de un proyecto. En este contexto el concepto ambiente incluye el conjunto de factores físicos, sociales, culturales y estéticos en relación con el individuo y la comunidad. El impacto ambiental en su más amplio sentido, es causado por la presencia de un proyecto, en este caso el relleno sanitario, que puede provocar efectos positivos como negativos. El procedimiento para la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), tiene por objetivo evaluar la relación que existe entre el proyecto propuesto y el ambiente en el cual va a ser implementado. Esto se lleva a cabo considerando la mayor cantidad de información disponible sobre diversos aspectos técnicos, legales, económicos, sociales y ambientales que permitan un juicio sobre su factibilidad y aceptabilidad.

La presente Evaluación de Impacto Ambiental – EIA - es una herramienta de decisión que ayuda a identificar, planificar y ejecutar acciones orientadas a prevenir los impactos ambientales y sociales negativos generados por el diseño y construcción del cubeto 11 y domo final del relleno sanitario Inga II, para lograr una adecuada gestión integral de residuos que se generan en esta región.

El presente estudio está centrado en la identificación de los factores ambientales, en las oportunidades de mejoría ambiental, y en la prevención y/o mitigación de los impactos socio ambiéntales negativos.

2.1.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS.

El análisis de impactos se realizó siguiendo una metodología que consiste en determinar la significancia ambiental partiendo de la importancia desde el punto de vista ambiental, legal y social, en las cuales se asignan valores a los impactos definidos para cada una de las actividades del proyecto; una vez determinada ésta se multiplica por la probabilidad de ocurrencia del evento impactante para establecer la significancia del impacto. Esta variable indica en cuáles impactos se deberá centrar la atención de manera prioritaria para la formulación de las medidas de manejo ambiental para la construcción del relleno sanitario Inga II.

2.1.3.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación, se consideran los aspectos ambientales relacionados con todas las actividades de puesta en marcha del Relleno Sanitario Inga II, durante sus diferentes etapas: Diseño, y Construcción (descapote, excavación, construcción de la obra civil), teniendo en cuenta este escenario, se identificaron los aspectos ambientales y se determinó una aproximación de los posibles impactos.

Las matrices interactivas (causa efecto) fueron de las primeras metodologías del "estudio de impacto ambiental" que surgieron. Una matriz interactiva simple, muestra las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz. Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se apunta en el punto de interacción de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia.

El texto que acompañe la matriz consistirá en una discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas estén señalados con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores. Ciertas celdas pueden señalizarse, si se intuye que una condición extrema puede ocurrir, aunque su probabilidad sea baja.

El método no es "selectivo", no se distingue, por ejemplo, entre efectos a corto y largo plazo. La propiedad de "mutuamente exclusivo" no está preservada, ya que hay la oportunidad de contar doble, siendo este un fallo de esta matriz y no de los métodos de matriz en general.

La matriz puede acomodar datos cuantitativos y cualitativos.

Es importante anotar que la identificación de los aspectos ambientales se estableció teniendo en cuenta los elementos del medio.

NOTA: No se contempló para fase operación debido que para esta fase existe ya un plan de manejo ambiental asociado al estudio de impacto ambiental del 2016, el mismo que debe cumplirse a cabalidad.

TABLA 132. ***IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DERIVADOS DE LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.***

IMPACTO	ELEMENTO AMBIENTAL AFECTADO	Actividad	
		Diseño	Construcción
COMPONENTE FÍSICO			
Deterioro puntual de la calidad del suelo	Suelo		
Pérdida de propiedades físicas y químicas del suelo			
Arrastre de sólidos por escorrentía			
Modificación escénica del paisaje	Paisaje		
Cambios en la morfología del paisaje			
Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	Aire		
Incremento de niveles de ruido			
Deterioro de fuentes de agua			
Deterioro de la calidad fisicoquímica de las aguas superficiales			
Disminución en la disponibilidad de aguas subterráneas	Recurso hidrogeológico		
Deterioro de la calidad fisicoquímica por infiltración de aguas contaminadas			
COMPONENTE BIÓTICO			
Disminución de la cobertura vegetal	Vegetación		
Degradación y fragmentación de hábitats naturales	Fauna		
Migración de especies de fauna (aves)			
COMPONENTE SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL			
Aceleración de procesos dinámicos poblacionales	Estructura Poblacional		
Generación empleo	Estructura Económica y Productiva		
Aumento de demanda de servicios públicos			

IMPACTO	ELEMENTO AMBIENTAL AFECTADO	Actividad	
		Diseño	Construcción
Incremento de índices de necesidades básicas insatisfechas	Infraestructura Social		
Consumo de recurso (electricidad, papel, agua)			
Aumento de conflictos sociales producto de adquirir una oportunidad de empleo	Aspectos Culturales		
Generación de conflictos por uso de la tierra			
Alteración de la cotidianidad de los habitantes de la zona			
Detrimento de participación y capacidad de autogestión por parte de la comunidad	Organizaciones comunitarias e Institucionales		
Condicionamiento del liderazgo de las autoridades municipales			
Aumento de conflictos locales y comunitarios			
Aumento en los índices de accidentalidad	Salud y seguridad		
Riesgo de contraer enfermedades biológicas o infectocontagiosas			
Incremento de trastornos psicológicos			

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 133. ***COMPONENTES AMBIENTALES***

FACTOR AMBIENTAL	MACROVECTOR AMBIENTAL	INDICADOR AMBIENTAL	CAUSAS AMBIENTALES
IMPACTO GEOAMBIENTAL	TIERRA	Suelo Morfología	Depósito de residuos Impermeabilización Arrastre de sólidos por escorrentía Alteración del paisaje Afectación de flora y fauna
	AGUA	Superficial	Caudales residuales domésticos

FACTOR AMBIENTAL	MACROVECTOR AMBIENTAL	INDICADOR AMBIENTAL	CAUSAS AMBIENTALES
		Subterránea Calidad	Características físico-químicas Consumo desmedido
	ATMÓSFERA	Aire Ruido	Material partículado Gases Ruido
	PROCESOS	Erosión Inundación Compactación	Construcción celdas Adecuación área proyecto
IMPACTO BIOAMBIENTAL	FLORA	Arbustos y vegetación herbácea	Daño en la vegetación existente por adecuación del terreno Por adecuación del relleno, transporte, ruido se generará migración de la micro fauna
	FAUNA	Micro fauna	
SOCIOECONOMICO		Paisaje Empleo Usos del suelo Afectación del personal y comunidad aledaña	Efectos sobre la salud Generación de empleo Consumo de recursos Afectación del personal y comunidad aledaña

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 134. ***IDENTIFICACIÓN ACTIVIDADES DEL PROYECTO***

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
FASE 1: DISEÑO	Actividades Diseño	Visitas de profesionales al relleno sanitario para levantar información, revisión de información histórica y documental, estructuras programas, diseñar estrategias y generar informes de conocimiento. Gasto de recursos, contaminación por movilización, generación de desechos, generación de empleo.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
	Muestreos para toma de decisiones.	Acompañamiento en proceso de toma de muestras, análisis en laboratorio, entrega de resultados e informes para toma de decisiones. Gasto de recursos, contaminación por movilización, generación de desechos, generación de ruido, uso de combustibles, seguridad laboral, generación de empleo.
	Información a ente contratante	Se informará a las autoridades, sobre las actividades que involucra el proyecto y las estrategias de manejo que se tendrán en cuenta para evitar los impactos negativos al medio ambiente. Gasto de recursos, información del proyecto.
FASE 2: DE CONSTRUCCIÓN	Trasteo e instalación.	Consiste en el desplazamiento de personal, maquinaria, equipos, infraestructura, etc. Movimiento de personal, seguridad industrial, contaminación por desplazamientos, daño del suelo, generación de ruidos, generación de empleo.
	Movilización de maquinaria.	Consiste en el desplazamiento de la maquinaria y equipos requeridos para la construcción de todas la obras necesarias, Contaminación aire, generación de ruido, generación de empleo, seguridad laboral, generación de desechos peligrosos,
	Localización y Replanteo	De acuerdo con los diseños trazados y demás especificaciones técnicas establecidas, una comisión de topografía realizará la localización de las obras, demarcando cada uno de los frentes de obra a intervenir. Generación de desechos, generación de empleo, gasto de recursos.
	Descapote (retiro de cobertura vegetal y terrestre)	En las zonas que se requiera retirar el material vegetal o terrestre, deberá existir un plan emergente y lugar para acopio de material pétreo a retirarse. Generación de polvo, generación de ruido, contaminación al aire, generación de empleo, seguridad laboral, manejo de desechos, aceites y grasas.
	Vaciado de lixiviados en piscina 9	Se debe vaciar completamente la piscina y debe retirarse el material contaminado y este debe ser dispuesto en los sitios programados para ello. Generación de empleo, contaminación al suelo, contaminación al agua, generación de olores, seguridad laboral, generación de ruido.
	Conformación de dique.	Actividades de ingeniería civil destinadas a cumplir con la conformación, compactación y estructura del dique. Generación de polvo, generación de ruido, contaminación al aire, generación de empleo, seguridad laboral, manejo de desechos.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
	Construcción de drenajes	Consiste en la construcción de canales y cunetas temporales y permanentes para controlar y desviar las aguas lluvias, lixiviados, drenes de fondo, con el fin de evitar que estas alcancen el vaso de disposición y erosionen los terraplenes. Generación de ruido, contaminación al aire, generación de empleo, seguridad laboral, manejo de desechos.
	Construcción civil	Está referida a la construcción de obras civiles necesarias para el desarrollo del proyecto, tales como la construcción de cisternas, pozos, estructuras. Generación de polvo, generación de ruido, contaminación al aire, generación de empleo, seguridad laboral, manejo de desechos.
	Instalación del sistema de impermeabilización	Actividad constructiva que permite dar protección a paredes laterales de cubetos, diques, piscinas. Generación de polvo, generación de empleo, seguridad laboral, manejo de desechos.
	Adecuación Vial	Arreglos de las vías en la medida en que continúe el ingreso de vehículos que transportan los residuos de manera continua.
	Actividades eléctricas.	Actividades de conexión de equipos, postes, campamentos que permitan manejar la etapa constructiva de la mejor manera. Generación de empleo, seguridad laboral, consumo de recursos.

Fuente: Elaboración propia.

Para el manejo adecuado de cada uno de estos riesgos se plantearán medidas de prevención, control y mitigación, con el fin de evitar el detrimento en la calidad de vida de los pobladores del área de influencia.

Los impactos positivos a nivel local seguirán siendo las campañas de educación ambiental, la generación de empleo y la demanda de bienes y servicios, mientras que en el ámbito regional se tendrá un beneficio comunal como es la adecuada disposición final de los residuos sólidos generados y el manejo tecnificado de los mismos.

2.1.3.2 DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Teniendo en cuenta la importancia desde los puntos de vista ambiental, legal y social, se determinó la significancia de los aspectos e impactos ambientales de las actividades del proyecto "DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA"

La evaluación de la importancia ambiental se determina utilizando los parámetros de Magnitud, Extensión, Duración, Reversibilidad, Recuperabilidad y Acumulación, que se evalúan conforme a los

criterios de la Tabla correspondiente. Indicada bajo estas líneas, y los resultados se presentan en la Tabla siguiente respectivamente.

TABLA 135. ***CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA)***

DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
MAGNITUD (MAG)			
Se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Trata sobre la gravedad de las consecuencias.	Baja	1	Efectos ambientales inexistentes, no se causan o no son significativos.
	Media	2	El efecto no pone en grave riesgo los recursos naturales o las condiciones sociales, pérdida ambiental o económica mínima.
	Alta	4	El impacto afecta los recursos, o las condiciones sociales y causa pérdidas económicas significativas
EXTENSIÓN (EXT)			
Corresponde al área de influencia del impacto, es decir al área hasta donde tienen manifestación las consecuencias del suceso.	Puntual	1	El impacto se localiza en un espacio reducido, dentro de las instalaciones.
	Local	2	El impacto se manifiesta dentro de las instalaciones, sin salir del mismo, pero en un área más amplia.
	Regional	4	El impacto tiene manifestaciones fuera de las instalaciones
DURACIÓN (DUR)			
Corresponde al tiempo de permanencia del impacto	Fugaz	1	Las manifestaciones tienen duración inferior a un mes.
	Temporal	2	Duración entre 1 y 12 meses.
	Prolongado	3	El impacto dura entre 1 y 5 años.
	Permanente	4	Las consecuencias permanecen por más de 5 años.
REVERSIBILIDAD (REV)			
	Corto plazo	1	El retorno a condiciones originales toma menos de 1 año.

DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
Es una medida del retorno a las condiciones originales, sin el uso de tecnología	Mediano plazo	2	Se requieren entre 1 y 5 años.
	Largo plazo	4	El retorno a condiciones originales toma más de 5 años.
RECUPERABILIDAD (REC)			
Trata sobre la posibilidad de reconstrucción, inducida por el uso de tecnología	Mitigable en forma inmediata	1	La recuperación se da en un plazo inferior a un año.
	Mitigable a mediano plazo	2	La recuperación toma entre uno y 5 años.
	Mitigable a largo plazo	4	La recuperación toma más de 5 años.
	Irrecuperable	8	No hay posibilidades de una recuperación aceptable.
ACUMULACIÓN (ACU)			
Trata sobre la posibilidad que el impacto se acumule con otros de la misma o diferente categoría, o sobre el mismo o diferente componente del medio	Simple	1	El efecto actúa por sí solo.
	Acumulativo	2	El efecto se suma a otros para incrementar el daño.
VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA)			
El valor asignado a la IMPORTANCIA AMBIENTAL del impacto, corresponde a la sumatoria de las calificaciones asignadas a cada uno de los factores citados en los criterios de evaluación. IMA = MAG + EXT + DUR + REV + REC + ACU			

Fuente: Metodología para Identificación de Aspectos Ambientales: Requisito No. 4.3.1. ISO-14001. 2001.

TABLA 136. ***CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA.***

CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA AMBIENTAL								
ACTIVIDAD	**IMPACTOS AMBIENTALES**	**MAG**	**EXT**	**DUR**	**REV**	**REC**	**ACU**	**IMA**
ETAPA 1: DISEÑO	Preocupación por parte de la comunidad acerca del manejo de los recursos naturales	4	2	3	3	2	2	16
	Expectativas de la comunidad respecto a una oportunidad de empleo	2	4	2	1	1	2	12
	Generación de ingresos para el personal contratado	1	2	3	1	1	1	09
	Generación de desechos.	1	1	2	1	2	2	09
	Mejoramiento de nivel de conocimientos en aspectos ambientales (manejo de residuos sólidos) y de seguridad industrial	2	2	4	1	2	1	12
ETAPA 2: CONSTRUCCIÓN	Deterioro de la calidad del suelo	4	1	4	4	2	2	17
	Cambio puntual de uso del suelo	2	1	4	4	2	2	15
	Deterioro de la calidad visual paisajística	4	2	4	4	2	2	18
	Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	2	2	4	2	2	2	14
	Incremento de niveles de ruido	2	2	4	1	1	2	12
	Ahuyentamiento de fauna por incremento de niveles de ruido	2	1	2	2	4	2	13
	Deterioro de la calidad del agua.	2	2	3	3	2	2	14
	Generación de ingresos para el personal contratado	2	1	4	1	1	1	10
	Generación de ingresos para la economía del sector	2	2	4	1	1	1	11
	Afectación a la infraestructura social causada por el tráfico	2	1	4	1	2	2	12
	Generación de expectativa y conflictos con la comunidad del área de influencia	4	2	2	2	1	2	13
	Incremento en el riesgo de accidentes operativos	2	2	4	2	2	2	14

Fuente: Elaboración propia. MAG= MAGNITUD, EXT= EXTENSIÓN, DUR= DURACIÓN, REV= REVERSIBILIDAD, REC= RECUPERABILIDAD, AUC= ACUMULACIÓN, IMA= IMPORTANCIA AMBIENTAL

2.1.3.3 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Teniendo en cuenta los conceptos de calificación de riesgos ambientales, la valoración de la importancia se complementará con la probabilidad de ocurrencia del evento impactante, siendo ésta, la certeza de ocurrencia del impacto si es Frecuente, Ocasional o Raro.

TABLA 137. ***ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA***

DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (PRO)			
Nivel de certeza de la ocurrencia del Impacto	Frecuente	10.0	Podría presentarse por lo menos una vez al mes, o una vez durante el desarrollo del trabajo
	Ocasional	5.0	Puede ocurrir en uno de dos trabajos durante la ejecución de las actividades, o de uno a cuatro años.
	Raro	1.0	Puede ocurrir en más de dos trabajos durante el desarrollo de las actividades, o de cinco a diez años.

Fuente: Metodología para Identificación de Aspectos Ambientales: Requisito No. 4.3.1. ISO-14001. 2001.

2.1.3.4 SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS

La SIGNIFICANCIA del impacto está dada por el resultado de multiplicar la importancia por la probabilidad de ocurrencia.

SIG = (IMS*PRO)

La calificación de los aspectos ambientales se hace para establecer si son significativos o no. Esta calificación permite establecer las categorías de significancia según la escala de valores presentada en los criterios de evaluación y los resultados se presentan en la Tabla posterior.

TABLA 138. ***ESTIMACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS***

DEFINICIÓN	ESCALA DE IMPORTANCIA	SIGNIFICADO
SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS (SIG)		
Nivel de significación e importancia de los impactos sobre los aspectos ambientales	0 – 49 PUNTOS	El aspecto ambiental se considera poco significativo. Actuar sobre él no es prioritario.
	50 – 100 PUNTOS	El aspecto ambiental se considera significativo. Exige medida preventiva y correctiva. Debe mantenerse en observación, en el evento que no se pueda actuar sobre él en el corto plazo.
	MAS DE 100 PUNTOS	El aspecto ambiental es muy significativo. Exige atención prioritaria, inmediata.

Fuente: Metodología para Identificación de Aspectos Ambientales: Requisito No. 4.3.1. ISO-14001. 2001.

TABLA 139. ***SIGNIFICANCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES***

SIGNIFICANCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES		FORMATO HIDRO-SIG-04		
ACTIVIDAD	IMPACTOS AMBIENTALES	IMA	PRO	SIG
ETAPA 1: PREOPERATIVA (DISEÑO)	Preocupación por parte de la comunidad acerca del manejo de los recursos naturales	16	1	16
	Expectativas de la comunidad respecto a una oportunidad de empleo	12	1	12
	Generación de ingresos para el personal contratado	09	1	09
	Generación de desechos.	09	5	45
	Mejoramiento de nivel de conocimientos en aspectos ambientales (manejo de residuos sólidos) y de seguridad industrial	12	1	12
ETAPA 2: CONSTRUCCIÓN	Deterioro de la calidad del suelo	17	5	85
	Cambio puntual de uso del suelo	15	1	15
	Deterioro de la calidad visual paisajística	18	5	90
	Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	14	5	70
	Incremento de niveles de ruido	12	1	12
	Ahuyentamiento de fauna por incremento de niveles de ruido	13	1	13

SIGNIFICANCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES		FORMATO HIDRO-SIG-04		
ACTIVIDAD	IMPACTOS AMBIENTALES	IMA	PRO	SIG
	Deterioro de la calidad del agua.	14	5	70
	Generación de ingresos para el personal contratado	10	5	50
	Generación de ingresos para la economía del sector	11	5	55
	Afectación a la infraestructura social causada por el tráfico	12	1	12
	Generación de expectativa y conflictos con la comunidad del área de influencia	13	1	13
	Incremento en el riesgo de accidentes operativos	14	5	70

Fuente: Metodología para Identificación de Aspectos Ambientales: Requisito No. 4.3.1. ISO-14001. 2001. IMA= IMPORTANCIA AMBIENTAL, PRO=PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

TABLA 140. ***ANÁLISIS SIGNIFICANCIA DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS.***

ACTIVIDAD	IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS	ANALISIS
ETAPA 2: CONSTRUCCIÓN	Deterioro de la calidad del suelo	La calidad del suelo se verá afectad, principalmente por pérdida de la capa orgánica
	Deterioro de la calidad visual paisajística	El impacto visual generado por el relleno sanitario es considerable, el mismo puede optimizarse con coberturas tempranas y proceso grandes de reforestación.
	Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	Este aporte de sustancias generará afectación de los recursos naturales, sobre todo generación de material particulado que por su peso puede trasladarse fácilmente.
	Deterioro de la calidad del agua.	El proceso constructivo puede generar problemas con los cuerpos de agua, los mismos que deben ser monitoreados constantemente.
	Generación de ingresos para el personal contratado	Las personas contratadas tendrán ingresos adicionales
	Generación de ingresos para la economía del sector	La comunidad se verá beneficiada con la compra de bienes y servicios
	Incremento en el riesgo de accidentes operativos	Al tener una construcción en contra del tiempo por la vida útil del relleno sanitario se va a mantener mayor cantidad

ACTIVIDAD	IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS	ANALISIS
		de personal y ello conlleva mayor probabilidad de accidentes.

Fuente: Metodología para Identificación de Aspectos Ambientales: Requisito No. 4.3.1. ISO-14001. 2001. IMA= IMPORTANCIA AMBIENTAL, PRO=PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es una herramienta de gestión destinada a proveer de una guía de programas, procedimientos y medidas orientadas a prevenir, eliminar, minimizar o controlar aquellos impactos ambientales negativos caracterizados como significativos; de igual forma, busca maximizar aquellos aspectos identificados como positivos durante la evaluación realizada.

El presente Plan de Manejo Ambiental, se elaboró para las etapas de diseño, y construcción, del cubeto 11 y domo final del Relleno Sanitario El Inga II del Distrito Metropolitano de Quito. Su aplicación integral y cuidadosa minimizará los efectos e impactos ambientales identificados para el proyecto y lo hará ambientalmente aceptable, minimizando los costos ambientales que este tipo de proyecto conlleva y que se traducen en beneficio del operador y las comunidades vecinas, ya que compatibiliza el proyecto con sus entornos.

El PMA se diseña considerando los resultados obtenidos en la matriz de evaluación de impactos, se establece, además, un cronograma con plazos de ejecución, recursos, indicadores y responsables de su aplicación para las actividades propuestas. El PMA está enfocado en proteger los componentes del ecosistema que constituyen el área de influencia directa e indirecta que pueden verse afectado por el desarrollo de las actividades del Relleno Sanitario El Inga.

El Plan de Manejo Ambiental para el Relleno Sanitario deberá ser entendido como una herramienta dinámica, y por lo tanto variable en el tiempo, la cual deberá ser actualizada y mejorada en la medida en que la operación del Relleno lo amerite.

Por otra parte, el Plan también optimiza los efectos benéficos del proyecto tales como la generación de empleo, mejora de oportunidades por las infraestructuras desarrolladas, la planificación de un plan de contingencias para atender eventuales accidentes y la capacitación de la población para que pueda asimilar y beneficiarse con las actividades que contempla el proyecto.

El costo de este Plan de Manejo Ambiental, debe adicionarse al presupuesto general del Proyecto ya que su ejecución es de obligatorio cumplimiento y será supervisado por la entidad de seguimiento que se designe para el proyecto y por las autoridades ambientales competentes, las cuales pueden suspender el proyecto en cualquiera de sus frentes, donde no se apliquen las medidas estipuladas y aprobadas en la resolución que conceda la Licencia Ambiental del proyecto.

El Plan se diseñó con base en las medidas de mitigación identificadas en la evaluación ambiental teniendo en cuenta tanto las actividades generadoras de impactos como los elementos del ambiente que son afectados con impactos de importancia muy significativa y significativa.

El Plan de Manejo Ambiental diseñado para el proyecto, abarca medidas de prevención, control, mitigación y compensación para todos los componentes medio ambientales y sociales presentes en la zona de influencia directa, susceptibles de ser afectados por el desarrollo del proyecto.

3.1 DISEÑO

Programas para reducir, mitigar, minimizar o evitar posibles impactos mientras se realiza el proceso de "Diseños técnicos y de ingeniería para la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

Al no existir impactos significativos no habrá programas para evitar los mismos,

3.2 CONSTRUCCIÓN

Programas para reducir, mitigar, minimizar o evitar posibles impactos mientras se realiza la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 141. ***IMPACTOS Y PROGRAMAS***

Impacto	Actividades	Programas
Deterioro de la calidad del suelo	Conformación de zona dique Drenaje de lixiviados Drenaje de aguas lluvias Drenaje de gases Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna Tanque de almacenamiento tipo cisterna de lixiviados Estación de bombeo (junto cisterna) Cajón repartidor Bombeo de tanque de almacenamiento tipo cisterna a piscina 20 Bombeo de piscina 20 a piscina unificada	Plan de prevención y mitigación de impactos. Plan de manejo de desechos. Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de seguridad y salud laboral. Plan de monitoreo y seguimiento.
Deterioro de la calidad visual paisajística	Conformación de zona dique Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna Tanque de almacenamiento tipo cisterna de lixiviados	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de monitoreo y seguimiento.

Impacto	Actividades	Programas
	Construcción de redes de distribución Desmantelamiento de redes distribución	
Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	Conformación de zona dique Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna	Plan de prevención y mitigación de impactos. Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de monitoreo y seguimiento.
Deterioro de la calidad del agua.	Capa de impermeabilización y drenaje de piso Drenaje de lixiviados Drenaje de aguas lluvias Drenaje de gases Estación de bombeo (junto cisterna) Bombeo de tanque de almacenamiento tipo cisterna a piscina 20 Bombeo de piscina 20 a piscina unificada	Plan de manejo de desechos. Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de seguridad y salud laboral. Plan de monitoreo y seguimiento.
Generación de ingresos para el personal contratado	Conformación de zona dique Capa de impermeabilización y drenaje de piso Drenaje de lixiviados Drenaje de aguas lluvias Drenaje de gases Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna Tanque de almacenamiento tipo cisterna de lixiviados Estación de bombeo (junto cisterna) Cajón repartidor	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de relaciones comunitarias. Plan de seguridad y salud laboral.

Impacto	Actividades	Programas
	Bombeo de tanque de almacenamiento tipo cisterna a piscina 20 Bombeo de piscina 20 a piscina unificada Construcción de redes de distribución Desmantelamiento de redes distribución	
Generación de ingresos para la economía del sector	Conformación de zona dique Capa de impermeabilización y drenaje de piso Drenaje de lixiviados Drenaje de aguas lluvias Drenaje de gases Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna Tanque de almacenamiento tipo cisterna de lixiviados Estación de bombeo (junto cisterna) Cajón repartidor Bombeo de tanque de almacenamiento tipo cisterna a piscina 20 Bombeo de piscina 20 a piscina unificada Construcción de redes de distribución Desmantelamiento de redes distribución	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de relaciones comunitarias. Plan de seguridad y salud laboral..
Incremento en el riesgo de accidentes operativos	Conformación de zona dique Capa de impermeabilización y drenaje de piso Drenaje de lixiviados	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental. Plan de contingencias. Plan de seguridad y salud laboral.

Impacto	Actividades	Programas
	Drenaje de aguas lluvias Drenaje de gases Vía de acceso a dique Vía acceso a tanque de almacenamiento cisterna Conformación zona tanque de almacenamiento tipo cisterna Tanque de almacenamiento tipo cisterna de lixiviados Estación de bombeo (junto cisterna) Cajón repartidor Bombeo de tanque de almacenamiento tipo cisterna a piscina 20 Bombeo de piscina 20 a piscina unificada Construcción de redes de distribución Desmantelamiento de redes distribución	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS.

Objetivo. - Programas para reducir, mitigar, minimizar o evitar posibles impactos mientras se realiza la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 142. ***PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS (PMI)***

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
PMI -01	Deterioro de la calidad del suelo	<u>Cubetos de control de almacenamiento de químicos.</u> Crear cubetos con capacidad del 110%, ventilados, suelo firme, techado y con puerta y seguro. MSDS de productos y matriz de	Cantidad de cubetos creados / cubetos programados	Al inicio del proyecto	$1.200.00

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
		compatibilidad química, kit anti derrames.			
PMI -02		<u>Cubetos de control de almacenamiento de combustibles.</u> Crear cubetos con capacidad del 110%, ventilados, suelo firme, techado y con puerta y seguro. MSDS de combustibles, kit anti derrames. Herramientas y equipos para envasado, transporte de combustibles	Cantidad de cubetos creados / cubetos programados	Al inicio del proyecto	$1.200.00
PMI -03		<u>Cubetos control de mantenimientos.</u> Crear cubetos móviles para mantenimientos de bombas, equipos, maquinarias, cambios de aceite, etc. Cubetos en madera y plástico, móviles, con kit anti derrames.	Cantidad de cubetos creados / cubetos programados	Por actividad que se realice por fuera de taller.	$ 120.00
PMI -04	Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera, ruido	<u>Control de ruido.</u> Maquinarias y vehículos con revisión vehicular y matriculación vigente. Revisiones previo ingreso, formato de liberación de maquinarias y vehículos.	Matrículas de vehículos y maquinarias aprobados / Matriculas vehículos y maquinarias en obra.	Al ingreso de maquinaria o vehículo	$ 300.00
PMI -05		<u>Control de ruido.</u> Mantenimiento de vehículos programados, formatos de control de mantenimiento, sitio con piso impermeabilizado, control de derrames, kit de emergencias, señalizado.	Equipos revisados / equipos programados mantenimiento	Mensual	$ 300.00
PMI -06		<u>Control de polvo.</u> Generación de material particulado por circular en vías de tierra, se realizará hidrataciones con tanquero, formatos de control de uso del	Hidratación en vías realizada / hidrataciones programadas.	Diario	$ 70,00

RESPONSABLE		Constructor.			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
		miso, medida a utilizar metros cúbicos de agua utilizados.			
PMI -07		Control de polvo. Generación de material particulado por vientos fuertes, plásticos o material de cobertura en bancos de material acopiados dentro del relleno.	Cobertura de material pétreo realizado / cobertura de material en stock.	Diario	$ 300.00
PMI -08		Control de polvo. Volquetas que transportan material deben tener lonas que cubran el mismo, la capacidad de almacenamiento no sobrepasará el 100% de la capacidad del balde.	Fotografías de volquetas con lonas para transporte de material	Diaria.	$ 300.00
PMI -09		Control de polvo. Se debe mantener una velocidad máxima de circulación en zonas de construcción del proyecto. Señaléticas cumple con norma INEN.	Señalética sobre control de velocidad colocada / señalética control velocidad	Permanente	$ 300.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS.

Programas para reducir, y manejar de manera adecuada los desechos producidos, durante la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 143. ***MANEJO DE DESECHOS. (PMD)***

RESPONSABLE		Constructor.			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
PMD-01	Deterioro de la calidad del suelo	Colocar puntos verdes. Se debe construir un punto de clasificación de desechos, comunes, reciclables, contaminados, el sitio con piso impermeabilizado, fácil limpieza, tachos con tapas.	Puntos verdes construidos / puntos verdes programados	Al inicio del proyecto	$ 800.00

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
PMD-02		Escombros generados. Se debe enviar escombros a escombrera autorizada.	Kg de escombros entregados / Kg escombros generados.	Mensual	$ 80.00
PMD-03		Desechos entregados a gestor. Se debe entregar desechos a gestor ambiental adecuado para cada uno, convenios, contratos, facturas, certificados de gestores vigentes.	Kg desechos entregados / Kg desechos generados.	Mensual	$ 80.00
PMD-04	Deterioro de la calidad del agua.	Control de aguas negras. Se debe colocar baños para los trabajadores.	Baños colocados / baños programados colocar.	Al inicio del proyecto.	$ 300.00
PMD-04		Control de aguas negras. Se debe realizar limpieza constantes.	Formatos de limpiezas realizadas / limpiezas programadas	Permanente.	$ 300.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.

Programas enfocados en entregar información de cuidado ambiental para evitar posibles impactos mientras se realiza la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 144. ***CAPACITACIÓN Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL (PCC)***

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
PCC-01	Concomiendo ambiental	Inducción. Realizar proceso de inducción de riesgos laborales, impactos ambientales en cada actividad a ejecutar.	Inducciones realizadas / trabajadores ingresados	Permanente	$ 300.00
PCC-02		Capacitación.	Capacitaciones realizadas /	Mensual	$ 300.00

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
		Capacitaciones realizadas sobre temas ambientales. • Plan de manejo ambiental • Impactos y riesgos • Emergencias ambientales • Cuidado del agua • Manejo de desechos. • Manejo de químicos y combustibles	capacitaciones programadas		
PCC-03		<u>Información.</u> Información escrita presentada trabajadores., se genera una cartelera con información adecuada sobre aspectos e impactos ambientales e información del proyecto.	Información colocada en cartelera. / Información programada colocar.	Mensual	$ 80.00
PCC-04	Deterioro de la calidad visual paisajística	<u>Rótulos ambientales.</u> Se mantendrá rótulos informativos (2) sobre cuidado y preservación ambiental en zonas estratégicas del proyecto.	Rótulos colocados / rótulos programados colocar.	Al inicio del proyecto.	$ 170.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS.

Programas para minimizar los impactos negativos y potencializar los impactos positivos con las comunidades vecinas, que interactúan en el proceso de construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 145. ***RELACIONES COMUNITARIAS (PRC)***

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
PRC-01	Aumento de emisiones de	<u>Barreras de protección.</u> En lugares donde por acción del viento se requiera construir barreras para evitar que	Metros de malla colocados / metros	Permanente	$ 500.00

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicador**	**Periodicidad**	**Costo**
	partículas y gases a la atmósfera	papeles u otros desechos lleguen a la comunidad, el constructor debe ejecutar las mismas con aprobación de fiscalización, barrera con malla o sarán	programados de control de papeles.		
PRC-02		<u>Control de olores.</u> En caso de requerir excavaciones en sitios que contienen desechos, estos deberán ser tapados inmediatamente.	M2 cobertura realizados / cobertura programada.	Cuando ocurra.	$ 1.000.00
PRC-03	Generación de ingresos para el personal contratado y para la economía del sector	<u>Generación de empleo.</u> El constructor debe contratar el 20% de mano de obra local, en caso de no existir en la zona se procederá a contratación externa. En la mano de obra experta o técnica el equipo debe cumplir con especificaciones técnicas, capacidades y experiencia específica, solo en caso de existir dentro del as comunidades estos tendrán un puntaje superior en el momento de selección	Cumplir con 20% de mano de obra local.	Permanente	$ 300.00
PRC-05	Incremento en el riesgo de accidentes operativos	<u>Seguridad laboral.</u> El personal que trabaje en la construcción debe contar con exámenes ocupacionales, afiliación IESS, contratos de trabajo, capacitación en riesgos, equipo de protección personal a costo del empleador.	Personal afiliado / personal trabajando.	Permanente	$ 500,00
PRC-06		<u>Cumplimiento legal SST.</u> La contratista debe cumplir al 100% con los requerimientos de seguridad y salud en el trabajo para los entes de control.	Cumplimiento de reportes en entes de control.	Al inicio del proyecto.	$700,00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 PLAN DE CONTINGENCIAS.

Programas para minimizar la probabilidad de emergencias que se podrían generar en la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 146. ***EMERGENCIAS Y CONTNGENCIAS (PEC)***

RESPONSABLE		**Constructor.**			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicadores**	**Periodicidad**	**Costo**
PEC-01	Incremento en el riesgo de accidentes operativos	Elementos seguridad. Deben disponer de extintores, botiquines, camilla para poder realizar actividades constructivas.	Elementos colocados / elementos programados a colocar.	Permanente	$ 450.00
PEC-02		Señalética seguridad y evacuación. Se mantendrá rótulos informativos, prohibitivos, de cumplimiento y evacuación sobre medidas de seguridad laboral, rótulos norma y color INEN. (12)	Rótulos colocados / rótulos programados colocar.	Al inicio del proyecto.	$ 560.00
PEC-03		Derrames. Colocar kits anti derrames en zonas de almacenamiento de químicos y combustibles. (material absorbente, palas, fundas, EPP)	Kits colocados	Al inicio del proyecto.	$ 160.00
PEC-04		Suelo contaminado. En caso de contaminación del suelo este debe ser removido y tratado por un gestor ambiental.	Kg tratados / kg removidos	Cuando ocurra por Kg	$ 25
PEC-05		Accidentes. En caso de accidentes deben existir convenios con centros médicos cercanos para la atención del personal, se debe tener un	Accidentes reportados / accidentes suscitados.	Cuando suceda.	$ 300.00

RESPONSABLE		Constructor.			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicadores**	**Periodicidad**	**Costo**
		paramédico constante en obra y un médico por horas dependiendo la cantidad de personal trabajando. Es obligatorio reporte a los 10 días.			

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO.

Programas para evitar posibles impactos a través de monitoreos ambientales y seguimiento constante en obra, mientras se realiza la construcción del cubeto 11 y domo final en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga.

TABLA 147. ***MONITOREO Y SEGUIMIENTO (PMS)***

RESPONSABLE		Constructor.			
#	**Impacto.**	**Actividad a ejecutar**	**Indicadores**	**Periodicidad**	**Costo por punto**
PMS-01	Deterioro de la calidad del suelo	<u>Monitoreo calidad de suelo.</u> Monitoreo de características de suelo natural antes de ser intervenido (1 punto)	Monitoreo realizado / monitoreo programado	Semestral	$ 800,00
PMS-01	Aumento de emisiones de partículas y gases a la atmósfera	<u>Monitoreo de calidad de aire.</u> Monitoreo de material partículado en el aire 2 puntos (24 horas)	Monitoreo realizado / monitoreo programado	Semestral	$ 1.400,00
		<u>Monitoreo de ruido ambiental.</u> Monitoreo de ruido ambiental en inmediaciones del sitio de construcción. (2 puntos)	Monitoreo realizado / monitoreo programado	Semestral	$ 400,00
PMS-01	Deterioro de la calidad del agua.	<u>Monitoreo de agua.</u> Monitoreo de características de agua en sitio de afectación directa (1 punto)	Monitoreo realizado / monitoreo programado	Semestral	$ 600,00

Fuente: Elaboración propia.

4 RIESGOS AMBIENTALES.

4.1 RIESGOS EXPUESTOS.

La constructora está expuesta a los siguientes riesgos, que se detallan a continuación y debe presentar un plan estructurado para cada uno de ellos, sin embargo, deberá incluir al menos los siguientes lineamientos detallados en cada uno.

Riesgos:

- Incendios y explosiones (acumulación de biogás)
- Derrames (acumulación de lixiviados)
- Deslaves y derrumbes (estabilidad de taludes, estabilidad de masa de residuos sólidos urbanos)
- Accidentes
- Desastres naturales (inundaciones, sismos y temblores, erupciones volcánicas)
- Riesgo antrópico (manifestaciones, huelgas, choques.)
- Operacionales (llenado de celdas, acumulación de desechos)

4.2 INCENDIOS Y EXPLOSIONES-ACUMULACIÓN DE BIOGÁS.

Para el análisis del Riesgo de Incendio es necesario aplicar una metodología valida y en base a ese valor se genera un plan de autoprotección. Este plan debe incluir al menos:

4.2.1 DEFINICIONES:

Según el diccionario de la Real Academia de la lengua6, Se le considera como incendio a todo tipo de fuego no controlado cause o no daños directos. Es decir, para que exista un incendio debe existir fuego, que no es más que un fenómeno químico de combustión, con desprendimiento simultaneo de luz y calor en presencia del oxígeno. Si alguno de los elementos del tetraedro del fuego no existe, entonces no podrá haber fuego y por lo tanto no habría incendio.

- Combustible. Este puede ser cualquier material, ya sea sólido, líquido o gas, que arde con facilidad, o que puede arder.7 La mayoría de los sólidos y líquidos se convierten en vapores o gases antes de entrar en combustión.
- Oxígeno. El aire que respiramos está compuesto de 21% de oxígeno. El fuego requiere una atmósfera de por lo menos 16% de oxígeno. El oxígeno es un carburante, es decir activa la combustión.
- Temperatura. Es la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en que se despiden suficientes vapores que permiten que ocurra la ignición.
- Reacción Química. Una reacción en cadena puede ocurrir cuando los otros tres elementos están presentes en las condiciones y proporciones apropiadas. El fuego ocurre cuando se lleva a cabo esta rápida oxidación o incendio.

[6] , Diccionario, http://buscon.rae.es/draeI/

[7] , Diccionario, http://buscon.rae.es/draeI/

FIGURA 181. **TETRAEDRO DEL FUEGO.**

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES.

Pasos a seguir
Identificar las salidas de emergencia, y lugares donde existan extintores (estas deben estar rotuladas y ubicadas de acuerdo al plano de evacuación)
Verificar constantemente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.
Conocer y tener visibles los teléfonos de emergencia, que están ubicados en cada sector del constructor.
Verificación de extintores operativos de manera semanal.
Tener identificación de prohibición de fumar.
Mantener una lista de todo el personal por áreas, de manera que sea fácil identificar al mismo en caso de evacuación.
Capacitar al personal en el uso de extintores y del plan de emergencias y auto protección.

4.2.3 DURANTE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES.

Pasos a seguir
La persona que detecta el fuego, debe tomar la voz de alerta y avisar a todo el personal, así como a los Ingenieros Responsables, para que empiece a ejecutarse el plan existente.
Realizar la llamada pertinente el cuerpo de bomberos. (911)
Identificar las salidas de emergencia, y lugares donde existan extintores.
Una vez ubicado en la zona de la emergencia, se procederá a romper el sello de plástico del extintor o a romper el sello de seguridad que pudiera existir.
Apuntar la boquilla del extintor hacia la zona de la base del fuego.
Presionar firmemente la manija de descarga de la sustancia que se encuentra dentro del extintor.
Mover la boquilla del extintor en forma de abanico hasta extinguir el fuego.
Siempre se deberá operar el extintor a favor del viento. Nunca en contra de él, ya que el operador podría verse impregnado de la sustancia extintora.
El extintor se deberá utilizar a una distancia de 2 a 3 metros del fuego. La sustancia que se encuentra en su interior, alcanza una acción de hasta 3 a 5 m. al momento en que el extintor es usado.
Una vez usado el extintor, dejarlo echado en el suelo en señal que se encuentra descargado.
En caso de que le incendio no pueda controlarse, evacuar el área y esperar la presencia de los bomberos.
ACTIVIDADES RESPONSABLE ÁREA. - Dirigirse a la zona afectada y aplicar el o los extintores disponibles. - En caso de que el incendio no pueda controlarse se debe solicitar de manera autoritaria y expresando con calma y seguridad, que se realice la salida ordenada de todas las personas, siguiendo las rutas de evacuación señalizadas.

-Si alguno de los presentes tiene alguna incapacidad física o mental que le impida realizar una adecuada evacuación, ayudarlo a salir. -Verificar el estado de los evacuados, y en caso de necesitar primeros auxilios llamar a emergencias (911)

4.2.4 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA INCENDIOS Y EXPLOSIONES.

Pasos a seguir
Inmediatamente después de superado el incendio, proceder a realizar la recarga del extintor y volverlo a colocar en su respectiva ubicación.
Realizar el análisis, de investigación del incidente.
Si existe alguna afectación al personal o un herido, reportar de ser necesario a la autoridad de control.

4.3 DERRAMES-ACUMULACIÓN LIXIVIADOS.

Es importante mencionar que la actuación para una emergencia en caso de derrame de lixiviados como parte del proceso constructivo corresponde enteramente a la constructora, sin que esto indique que EMGIRS EP, no debe apoyar e incluso otorga lineamientos para esta actividad.

Para el campo operacional, en caso de que exista una fuga de lixiviado que sea dentro del cubeto; será controlada como un trabajo operativo, mas no como una emergencia; en caso de que la misma, salga del área impermeabilizada; se actuará como indica el plan de emergencias.

Cabe indicar que el posible afloramiento, que podría conducir a un derrame solo puede darse desde el área operativa, o por rotura de geomembrana, mas no por desbordamiento de piscinas que no están en el alcance de la construcción del cubeto 11 y domo final.

4.3.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA DERRAMES.

Pasos a seguir.
Realizar diques de contención, diques de almacenamiento, o colocar barreras naturales o artificiales para evitar derrames.
Identificar posibles roturas o daños de Geomembrana.
Tener un sistema de vigilancia y control diario del sector.
Mantener operativos los kits de control de derrames.
Capacitar en la actuación de brigadas para evitar derrames.

4.3.2 DURANTE LA EMERGENCIA DERRAMES.

Pasos a seguir.
Mantener la calma.
Informar a los ingenieros residentes
Activar la brigada de Derrames.
Parar operaciones y dirigirse a un lugar seguro previamente indicado.
Colaborar con la brigada en lo que esta necesite.
Informar inmediatamente a EMGIRS para coordinar interinstitucionalmente actividades emergentes en la operación.
Si el derrame es controlable, se mantendrá almacenado el líquido hasta que se defina su lugar final.

Si el Derrame no es controlable, se deberá declarar una emergencia ambiental regional o local dependiendo de la cantidad de lixiviado.
En todos los casos áreas contaminadas deberán ser tratadas y remediadas.
Para el caso aceites, hidráulicos y demás temas de mantenimiento, se debe controlar el derrame con material absorbente como aserrín, y luego limpiar el área contaminada.

4.3.3 LUEGO DE LA EMERGENCIA DERRAMES.

Pasos a seguir.
Realizar el reporte de Incidente.
Revisar que las reparaciones estén adecuadas.
Tener un control de aforos de la zona reparada.
Continuar con inspecciones permanentes en la zona afectada.

4.4 DESLAVES, DERRUMBES-ESTABILIDAD

4.4.1 DESLIZAMIENTO DE TALUDES EN BASURA.

Los deslizamientos en basura pueden verse dados por una mala compactación o como consecuencia de un fenómeno natural, el cual generaría que la estabilidad de celdas puede verse afectada y estas puedan romperse o caer sobre una celda vacía, o un sector sin impermeabilización.

4.4.2 DESLIZAMIENTO DE TIERRAS.

El deslizamiento de tierras, en el relleno sanitario puede darse sobre todo en la etapa constructiva, tanto en la etapa de excavación de tierras, como por el deslizamiento en el sitio de almacenamiento de la tierra, o en el perfilaje, razón por la cual todas estas actividades deben llevarse a cabo con un operador experimentado y con la supervisión de los ingenieros o los supervisores.

4.4.3 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA.

Pasos a seguir.
Identificar las salidas de emergencia, los botiquines de primeros auxilios, y los extintores. Conocer los teléfonos de emergencia.
Mantener una lista de todo el personal por áreas, de manera que sea fácil identificar al personal que ha evacuado, y que sea accesible para revisarla.
Verificar periódicamente con inspecciones, posibles deslizamientos del relleno o grietas que podría ocasionar uno y reportar inmediatamente.
Verificar periódicamente con inspecciones, posibles deslizamientos de tierra o grietas en el sitio de almacenamiento de la misma (ZODME)
Capacitar al personal en un plan de evacuación.

4.4.4 DURANTE LA EMERGENCIA.

Pasos a seguir.
Conservar la calma
Reportar el hecho a los supervisores e ingenieros encargados
En caso de que el deslizamiento sea menor, se debe llevar la maquinaria adecuada para volver a compactar el sector y solucionar el deslizamiento.

Si el deslizamiento es de gran magnitud, se debe evacuar la zona de inmediato hasta que termine de desplazarse completamente para realizar las tareas de remediación.
Si el deslizamiento llega a afectar alguna de las piscinas de lixiviados es necesario también activar la brigada de derrames.

4.4.5 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA

Pasos a seguir.
Realizar reporte de Incidente o Accidente de ser el caso.
Realizar análisis de estabilidad para verificar acciones a realizarse en taludes
Corregir taludes con la maquinaria ..
Esperar comunicación oficial para retornar a las acciones normales.

4.5 ACCIDENTES.

Para el análisis del Riesgo de accidentes es necesario aplicar una metodología valida por el ministerio de trabajo como NTP330 por ejemplos, y en base a ese valor se genera un plan de seguridad para minimizar sus riesgos. Este plan debe incluir al menos:

4.5.1 DEFINICIONES:

Emergencia médica, es una lesión o enfermedad que plantean una amenaza inmediata para la vida de una persona y cuya atención no puede ser demorada. Cualquier respuesta a una emergencia médica dependerá fuertemente de la situación, del paciente y de la disponibilidad de recursos para asistirlo.8. Si bien la situación y la disponibilidad del paciente es muy difícil de controlar, por lo menos el tema de recursos es 100% controlable por la empresa.

4.5.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA ACCIDENTES.

Pasos a seguir.
Realizar un plan de seguridad, implementarlo, darlo a conocer y ejercitarlo
Identificar las salidas de emergencia, las camillas, los botiquines de primeros auxilios.
Verificar constantemente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.
Verificar el estatus de los botiquines. (médico de campo)
Conocer y tener visibles los teléfonos de emergencia.
Tener visibles los planos de evacuación del Relleno.
Tener un plan de atención médica programado en caso de accidentes.
Para estar más seguro de lo que se debe hacer, es recomendable tomar un curso de primeros auxilios dirigido a los que no son médicos.

4.5.3 DURANTE LA EMERGENCIA ACCIDENTES.

Se debe tener claro que existen diversos tipos de emergencias médicas, y que NO todas las emergencias son iguales. Aunque llames al 911, debes saber cómo actuar antes de que lleguen los médicos.

[8] Diccionario WIKIPEDIA, http://es.wikipedia.org/wiki/Emergencia_medica/

Pasos a seguir.
Mantener la calma
Si está el Doctor en campo, dirigirse inmediatamente al dispensario Médico para dar aviso al mismo, y esperar sus indicaciones.
En caso de no estar el doctor, llamar de inmediato al 911. Si no puedes soltar a la persona para buscar un teléfono o un celular, pide a alguien que llame
Verificar, el estado de la víctima, y tener los datos necesarios para avisar a emergencias.
Informar al Responsable del área, (Ingenieros Residentes).

4.5.4 LUEGO DE LA EMERGENCIA ACCIDENTES.

Al ser temas muy puntuales y que en muchas ocasiones requerirán de tratamientos especializados, se detallarán a continuación las cosas que debemos hacer luego de la emergencia de manera general.

Pasos a seguir generales.
Realizar el reporte de Incidentes.
Verificar cuales fueron las posibles causas para este incidente o accidente y tomar las medidas oportunas para a repetirlo.

4.6 DESASTRES NATURALES.

La Naturaleza se manifiesta viva de diversas maneras: lluvia, mareas, vientos, sismos, terremotos, volcanes. Algunas expresiones de la naturaleza son diarias y estamos acostumbrados a ellas, y otras nos conmueven profundamente pues ocurren esporádicamente. Entre las últimas podemos situar los llamados "desastres naturales" como alteraciones producidos por la fuerza de la naturaleza, que afectan a las personas, el ambiente o la propiedad, causadas por un suceso natural, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

INUNDACIONES.

Fenómeno natural que se presenta cuando el agua sube mucho su nivel en los ríos, lagunas, lagos y mar; entonces, cubre o llena zonas de tierra que normalmente son secas. Para el caso específico del cubeto 11 las posibles inundaciones van a darse por la acumulación de agua por precipitaciones, la mismas que no pueda evacuarse oportunamente y llega a inundar el sitio.

SISMOS Y TEMBLORES.

Se denomina sismo (o seísmo), temblor, terremoto o movimiento telúrico a las sacudidas violentas, repentinas y pasajeras de la superficie de la Tierra, producida por la liberación de energía acumulada en el subsuelo, en forma de ondas sísmicas que viajan hacia el exterior. En nuestro país específicamente en nuestra ciudad, la posibilidad de temblores es considera media al estar ubicados bajo zonas de movimientos tectónicos.

ERUPCIONES VOLCÁNICAS.

Las erupciones volcánicas son explosiones o emanaciones de lava, ceniza y gases tóxicos desde el interior de la Tierra a través de los volcanes. ¿Por qué se producen y qué daños

provocan? Se producen por el calentamiento del magma del interior de la Tierra, el mismo que busca salir a través de los volcanes. Para nuestro caso específico al estar en la región Andina tenemos la presencia y afectación directa de algunos volcanes de la región, todos ellos activos actualmente.

4.6.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES.

Pasos a seguir.
Realizar adecuaciones o reparar posibles lugares de riesgo, además mantenga siempre en buen estado las instalaciones de gas, agua, y electricidad.
Identificar las salidas de emergencia, los botiquines de primeros auxilios, y los extintores. Conocer los teléfonos de emergencia, los mismos que están rotulados.
Verificar constantemente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.
Mantener una lista de todo el personal por áreas, de manera que sea fácil identificar al personal que ha evacuado, y que sea accesible para revisarla.
Capacitar al personal en el plan de emergencias.

4.6.2 DURANTE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES.

Pasos a seguir.
En el momento de la emergencia, se debe actuar con serenidad, evitando crear pánico en los demás.
No se apresure a salir, esperar siempre instrucciones.
En caso de evacuación. 1, Si es un Sismo, espero porque usualmente no duran más allá de pocos segundos. 2, Si es por erupciones volcánicas, Protégete de la ceniza cubriéndote la nariz y la boca con un pañuelo húmedo, siga las instrucciones del Responsable del área.
- Si es necesario evacuar el inmueble, hágalo con calma, cuidado y orden, siga las instrucciones del Responsable del área.
- La persona Responsable del área, verificara, de acuerdo al listado de personal por área, si falta alguien. - El Responsable del área, verificará si hay lesionados (quemaduras, o asfixias), incendios o fugas de cualquier tipo, de ser así, llame a los servicios de auxilio.
Diríjase a los lugares seguros previamente establecidos, puntos de encuentro.
Espere instrucciones oficiales, autoridades, entidades de socorro o ingenieros residentes.

4.6.3 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA DESASTRES NATURALES.

Pasos a seguir.
Reúnase en el lugar previamente establecido, como seguro, para escuchar instrucciones.
Espere instrucciones oficiales (defensa civil, bomberos, policía, etc.) para retornar a las oficinas o a sus hogares.
Coordine con los ingenieros residentes o supervisores la falta o ausencia del personal.
No encienda cerillos ni use aparatos eléctricos hasta asegurarse de que no hay fugas de gas.
Efectúe con cuidado una revisión completa del relleno, oficinas, camper, campamento. No haga uso de ella si presenta daños graves.
Limpie los líquidos derramados o escombros que ofrezcan peligro.
En caso de Sismos, esté preparado para réplicas. Generalmente son más débiles, pero pueden ocasionar daños adicionales.

En caso de quedar atrapado, conserve la calma y trate de comunicarse al exterior golpeando con algún objeto
NO PROPAGUE RUMORES.

4.7 ANTRÓPICOS.

Al ser afectaciones que tienen que ver con condiciones sociales, culturales, condiciones subestándar se deberá analizar los de mayor probabilidad de ocurrencia que son: manifestaciones (el relleno sanitario es un proyecto sensible en las comunidades cercanas y ambientalmente); choques (movimientos de maquinarias, equipos, personal)

4.7.1 DEFINICIONES:

La primera colisión, choque, rozamiento entre dos vehículos que no incluya mayor avería y que se puedan seguir movilizando a trabajar.

El segundo el mismo siniestro de mayor proporción, que incluya, uno o varios de los factores que se van a mencionar a continuación: Choque de uno o varios vehículos y que queden inhabilitados para operarse, accidente o lesión de choferes, daño a la propiedad privada, daño ambiental.

4.7.2 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA CHOQUES.

Pasos a seguir.
Realizar una correcta inspección de vehículos y maquinarias que vienen a operar en el Relleno Sanitario.
Realizar inducción a choferes nuevos que ingresen a operar en el Relleno Sanitario.
Tener un control de velocidades y observaciones de seguridad por parte de contratista.

4.7.3 COMO ACTUAR DURANTE LA EMERGENCIA CHOQUES.

Pasos a seguir.
En caso de este impacto, reportar al supervisor inmediatamente.
Inspeccionar visualmente si existen fugas de algún tipo de líquido luego del impacto.
Reportar el suceso a los ingenieros residentes y a mantenimiento
Verificar el estatus del o los vehículos afectados
Tomar las fotografías correspondientes para el posterior reporte.
Si las afectaciones son superficiales y no afectan la operación de la maquinaria o equipo a criterio del operador o conductor, se puede seguir operando hasta tener el diagnostico de mantenimiento.
Evaluar y remitir a mantenimiento los vehículos para coordinar las reparaciones necesarias, bien sea dentro o fuera de las instalaciones del Relleno.
El ingeniero en conjunto con los involucrados y afectados, realizara el reporte de incidente.

4.7.4 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA CHOQUES.

Pasos a seguir.
Esperar el reporte de mantenimiento para volver a operar la maquinaria.
Dar a conocer el Incidente al personal como lección aprendida.

4.7.5 HUELGAS, MANIFESTACIONES, LEVANTAMIENTOS POPULARES.

Una huelga es una acción emprendida de forma individual o por un colectivo social consistente en dejar de hacer una cosa o cosas, dentro de las funciones del colectivo o individuo, para ejercer una presión social, con vistas a la obtención de un objetivo concreto.

Adicional a esto es importante mencionar que estas pueden ser pacíficas, o violentas de acuerdo a peticiones, respaldos y características de la misma.

El Relleno Sanitario al ser un proyecto de gran impacto a la comunidad, y el proyecto estar rodeado de varias comunidades con influencia directa e indirecta, es susceptible a levantamientos de las comunidades, por supuestos diferencias entre las partes.

4.7.5.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA.

Pasos a seguir.
Conocer y capacitar sobre el plan de emergencias.
Estar atento a cualquier novedad diferente a temas rutinaria y operacionales de la empresa.
Realizar las adecuaciones necesarias para seguridad de los trabajadores y personal que se encuentre en el Relleno Sanitario
Mantener controlada la entrada al Relleno a través de la puerta de ingreso.
Mantener un registro de ingreso y salida de personal y vistas al Relleno.

4.7.5.2 DURANTE LA EMERGENCIA.

Pasos a seguir.
Mantener la calma.
Informar a los ingenieros residentes
Comunicar a la Policía Nacional sobre el suceso.
Parar operaciones y dirigirse a un lugar seguro previamente indicado.
Controlar en manera ordenada el ingreso de personas ajenas al Relleno a través de la puerta, cerrada o abierta previamente por servicio de guardianía.
En caso de ingreso en el lugar, evitar enfrentamientos y en lo posible tratar de negociar con las cabecillas del movimiento, hasta la llegada de la policía Nacional.
Una vez llegada la policía esperar indicaciones del mismo y que ellos recuperen el control de las instalaciones.
En caso de ser agredido o secuestrado, recuerde que un grupo de gente no razona, por lo que facilite sus pedido evitando llegar a la agresión física, y espere a que las autoridades competentes se encarguen de ello.

4.7.5.3 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA

Pasos a seguir.
Esperar a que la policía nacional arregle y dejen en calma la situación y volver a las actividades normales de operación
Realizar reporte de investigación de incidente para evitar que vuelva a ocurrir.

-

4.7.6 OPERACIONALES. (LLENADO DE CELDAS, ACUMULACIÓN DE DESECHOS)

Todas las actividades operacionales están detalladas en el manual de operaciones, en el informe de estabilidad de taludes e informe de llenado de estos. Para este punto especifico solo se analizará la acumulación de desechos por temas emergentes.

4.7.6.1 COMO ACTUAR ANTES DE LA EMERGENCIA ACUMULACIÓN.

Pasos para seguir.
Tener habilitado una zona específica para acumulación de desechos por temas emergentes, como imposibilidad de acceso a sitios especifico, manifestaciones, sobreproducción, daño de maquinarias, etc.
Tener habilitado la cantidad de días con la que se podría contar con este punto emergente.,

4.7.6.2 COMO ACTUAR DURANTE LA EMERGENCIA ACUMULACIÓN.

Pasos a seguir.
Informar al as autoridades sobre el uso de puntos emergentes y su capacidad de vida útil hasta solucionar la emergencia.
Realizar las actividades operativas dentro de la zona emergente
Mantener al mínimo la cantidad de personal y maquinarias para realizar esta actividad emergente.
Mantener registro de días de ingreso para posteriores cambios de sitio temporal de almacenamiento,

4.7.6.3 COMO ACTUAR LUEGO DE LA EMERGENCIA ACUMULACIÓN

Pasos para seguir.
Analizas de zona emergente y selección den nueva zona emergente para posterior uso.

4.8 ANÁLISIS DE EMERGENCIAS

4.8.1 METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología que utilizaremos será, MÉTODO MOSSLER PARA ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS, el método empleado es él tiene por objeto la identificación, análisis y evaluación de los factores que pueden influir en la manifestación del riesgo, con la finalidad de que con la información obtenida se pueda evaluar la clase y dimensión de ese riesgo para cuantificarlo, contrarrestarlo o asumirlo. El método tiene cuatro fases y es de tipo secuencial, apoyándose cada una de las fases en los datos obtenidos en la fase que le preceden. El desarrollo de este es el siguiente:

4.8.1.1 FASE DE DEFINICIÓN DEL RIESGO

Tiene por objeto la identificación del riesgo delimitando su contenido y alcance para diferenciarlo de otros riesgos. Se basa en la identificación específica de sus elementos característicos como son: EL BIEN y EL DAÑO

4.8.1.2 FASE DE ANÁLISIS DEL RIESGO

Tiene por objeto la determinación y cálculo de los criterios que, con posterioridad, facilitarán la evaluación del riesgo

4.8.1.3 FASE DE ANÁLISIS DEL RIESGO.

- Criterio de Función (F). Se refiere a las consecuencias negativas o daños que puedan alterar o afectar a la propia actividad.
- Criterio de Profundidad (P). Está referido a la perturbación y efectos psicológicos que se podrían producir como consecuencia en la propia imagen de la empresa:
- Criterio de Extensión (E). Está referido al alcance que los daños o pérdidas pueden causar:
- Criterio de Agresión (A). Está referido a la posibilidad o probabilidad de que el riesgo se manifieste:
- Criterio de Vulnerabilidad (V). Está referido a la posibilidad o probabilidad de que realmente se produzcan daños o pérdidas:

4.8.1.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO

Esta fase tiene por objeto cuantificar el riesgo previamente definido y analizado. Para esta evaluación se consideran tres aspectos, con sus correspondientes cálculos:

- Cálculo del carácter del riesgo (C) Está referido al resultado obtenido de sumar la importancia del suceso (I), más los daños ocasionados (D)

$$C = I + D \qquad \text{Donde: } I = F \times S$$

$$D = P \times E$$

- Cálculo de la probabilidad (Pb). Está referido al resultado obtenido de multiplicar el criterio de agresión (A) por el criterio de vulnerabilidad (V)

$$Pb = A \times V$$

- Cuantificación del riesgo considerado (ER). Está referido al resultado obtenido de multiplicar los datos resultantes en el cálculo del carácter del riesgo (C) por los datos resultantes en el cálculo de la probabilidad (Pb).

$$ER = C \times Pb$$

4.8.1.5 CÁLCULO DE LA CLASE DE RIESGO

Esta fase tiene por objeto clasificar el riesgo en función del valor obtenido en la evaluación de este. Su valor se tabulará dentro de una escala de graduación comprendida entre 2 y 1250, quedando clasificado finalmente de la manera siguiente:

CLASE DE RIESGO MOSSLER.

Valores	Riesgo
Entre 2 y 250	Muy Reducido
251 y 500	Reducido
501 y 750	Normal
751 y 1000	Elevado
1001 y 1250	Muy Elevado

Fuente: Elaboración Propia.

CUALIFICACIÓN DE RIESGOS POR MOSSLER.

MASTER SISO — Prevención de Riesgos Laborales — UTE

CRITERIOS	FUNCION (F)	SUSTITUCIÓN (S)	PROFUNDIDAD (P)	EXTENSIÓN (E)	AGRESIÓN (A)	VULNERABILIDAD (V)
CUANTIFICACION	MUY GRAVE (5)	MUY DIFICIL (5)	MUY GRAVE (5)	INTERNACIONAL (5)	MUY ALTA (5)	MUY ALTA (5)
	GRAVE (4)	DIFICIL (4)	GRAVE (4)	NACIONAL (4)	ALTA (4)	ALTA (4)
	MEDIANA (3)	SIN MAYOR DIFICULTAD (3)	LIMITADO (3)	REGIONAL (3)	MEDIANA (3)	MEDIANA (3)
	LEVE (2)	FACIL (2)	LEVE (2)	LOCAL (2)	BAJA (2)	BAJA (2)
	MUY LEVE (1)	MUY FACIL (1)	MUY LEVE (1)	INDIVIDUAL (1)	MUY BAJA (1)	MUY BAJA (1)

07-01-2010

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.2 RESULTADOS DEL TRABAJO

Los resultados tabulados de acuerdo a los escenarios o probabilidades se presentan en el siguiente cuadro:

#	Riesgos Cubeto 11	Escenarios													
		2022													
		Escenarios 1							Escenarios 2						
		Construcción							Operación						
		F	S	P	E	A	V	CR	F	S	P	E	A	V	CR
1	Incendios y explosiones (acumulación de biogás)	3	4	2	2	5	4	320	5	4	3	3	5	4	580
2	Derrames (acumulación de lixiviados)	4	3	3	2	4	3	216	5	4	5	4	4	4	640
3	Deslaves y derrumbes (estabilidad de taludes)	4	3	2	3	4	3	216	4	3	4	4	5	4	560
	Deslaves y derrumbes (estabilidad de masa de residuos sólidos urbanos)	2	3	2	1	3	2	48	4	3	2	2	3	3	144
4	Accidentes	3	4	3	1	4	3	180	3	4	3	1	4	3	180
5	Desastres naturales (inundaciones)	1	2	3	1	3	2	30	2	2	3	2	3	2	60
	Desastres naturales (sismos y temblores)	4	2	4	4	4	4	384	4	4	4	4	4	4	512
	Desastres naturales (erupciones volcánicas)	4	2	3	4	4	4	320	4	4	3	4	4	4	448
6	Riesgo antrópico (Choques.)	2	2	1	1	3	2	30	3	2	1	2	3	3	72
	Riesgo antrópico (manifestaciones, huelgas)	2	2	2	2	2	4	64	3	3	3	2	2	4	120
7	Operacionales (llenado de celdas)	1	1	1	2	3	3	27	3	2	2	4	3	5	210
	Operacionales (acumulación de desechos)	3	1	1	1	3	3	36	4	3	2	4	3	5	300

Fuente: Elaboración Propia.

Con estas calificaciones los valores en su mayoría estarían dentro de los riesgos muy reducidos.

Construcción. Los riesgos más elevados siguen siendo reducidos y se refieren a explosiones y desastres naturales.

Operación. Los riesgos más elevados son reducidos y normales, los reducidos hacen referencia a acumulación de desechos y erupciones volcánicas y los riesgos normales hacen referencia a sismos y temblores, deslaves, acumulación de lixiviados y explosiones.

Todo esto considerando que se cumplen a cabalidad las medidas propuestas en el plan de manejo ambiental, en el manual de operaciones.

CAP 12. INGENIERÍAS. ESTUDIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

1 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Se planteó un estudio en el relleno sanitario del distrito metropolitano de Quito El Inga, con el fin de generar un rediseño optimo sujeto a las condiciones del área para el dique, la cisterna y el llenado del cubeto 11, con base en el diseño de la consultoría de 2017.

El cliente suministro información topográfica del relleno sanitario EL INGA de la zona de estudio, la cual sirvió como base para plantear las limitantes, obras preliminares, obras complementarias e instrumentación, sin embargo, se realizó un levantamiento topográfico del área de estudio el día 22 de mayo del presente año para actualización de los datos del área de estudio que será necesaria para evaluar en tiempo real el comportamiento de la masa de residuos una vez llegado al ciento por ciento de su capacidad máxima según análisis de estabilidad.

1.1 RECONOCIMIENTO DEL SITIO DE INTERÉS

En la zona del cubeto 11, se hizo un estudio de campo donde se establecieron los parámetros del suelo y las limitantes hacia el diseño los cuáles pueden ser obstáculos para el diseño tanto de tipo geométrico como geotécnico, la zona de estudio en su mayor parte es área de rellenos de RSU antiguos, por lo tanto, presenta un terreno irregular, con muchas pendientes debido a los asentamiento sufridos durante el tiempo, presenta vegetación abundante en algunos sectores de más de 1m de altura, cerca de la piscina 9 se encuentra un terreno muy escarpado que da al Rio El Inga

Para el diseño del dique se tiene en cuenta el área de llenado actual, también el límite que representa la zona disponible para la conformación de un dique, adicional a esto se tuvo en cuenta información relevante como parámetros geotécnicos para la elaboración el diseño de estabilidad.

1.2 CONDICIONANTES Y LIMITANTES DEL DISEÑO

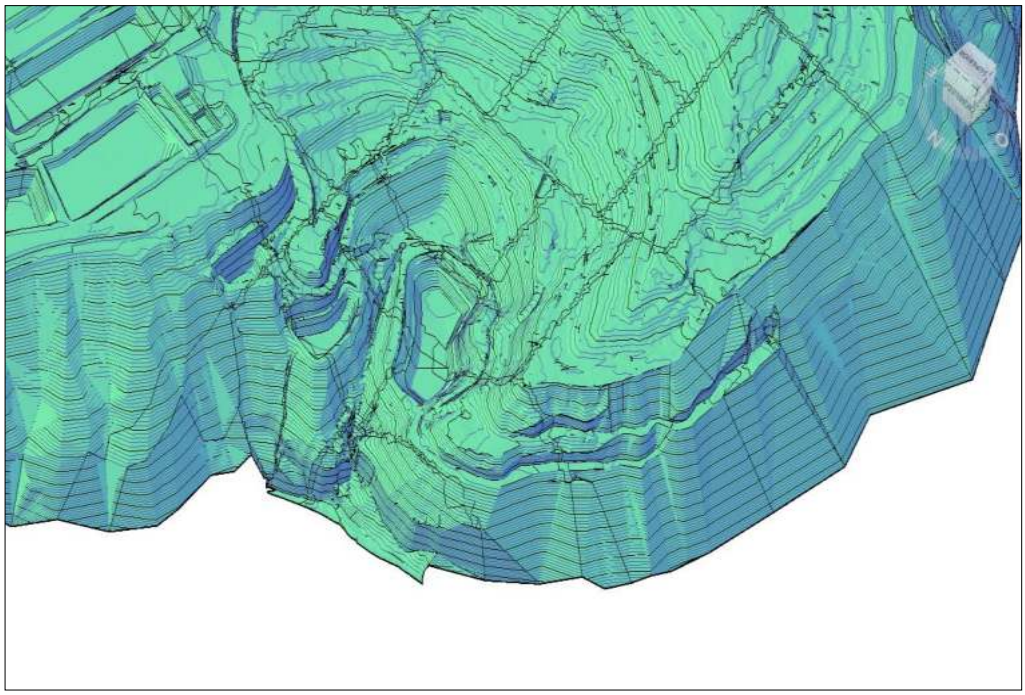
Para realizar esta obra se presentan unas restricciones en el área a utilizar debido a la topografía, los suelos y las estructuras aledañas, que son las siguientes.

- ✓ Diques ejecutados anteriormente para los cubetos 6 y 7
- ✓ Acantilado del lado contrario con pendiente pronunciada.
- ✓ Carreteables en la zona para movimiento de vehículos.
- ✓ Área de piscina 9ª, que presenta un talud de condición inestable.
- ✓ Los tubos que transportan el lixiviado a la laguna 9, operativa hasta la construcción del dique.
- ✓ Para el área que abarcara el relleno en el área del cubeto 9, se encuentra un Box Coulvert al que se debe guardar un offset de 30m.
- ✓ Las vías en el relleno y el área de entrada al relleno.

1.3 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE INTERÉS

Se realiza un levantamiento topográfico el día 22 de mayo del presente año mediante estación total, RTK y dron (para obtener una ortofoto del área de estudio) y equipo de GPS de precisión; para generar una superficie que será la utilizada para los diseños (FIGURA 182), teniendo en cuenta el área donde se van a realizar las obras: Dique o muro armado, con llenado del cubeto 11 y cisterna de lixiviado.

FIGURA 182. **ÁREA DE PISCINA 9 Y 9A**



Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

1.4 EVALUACIÓN ZONA PROYECTADA PARA LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

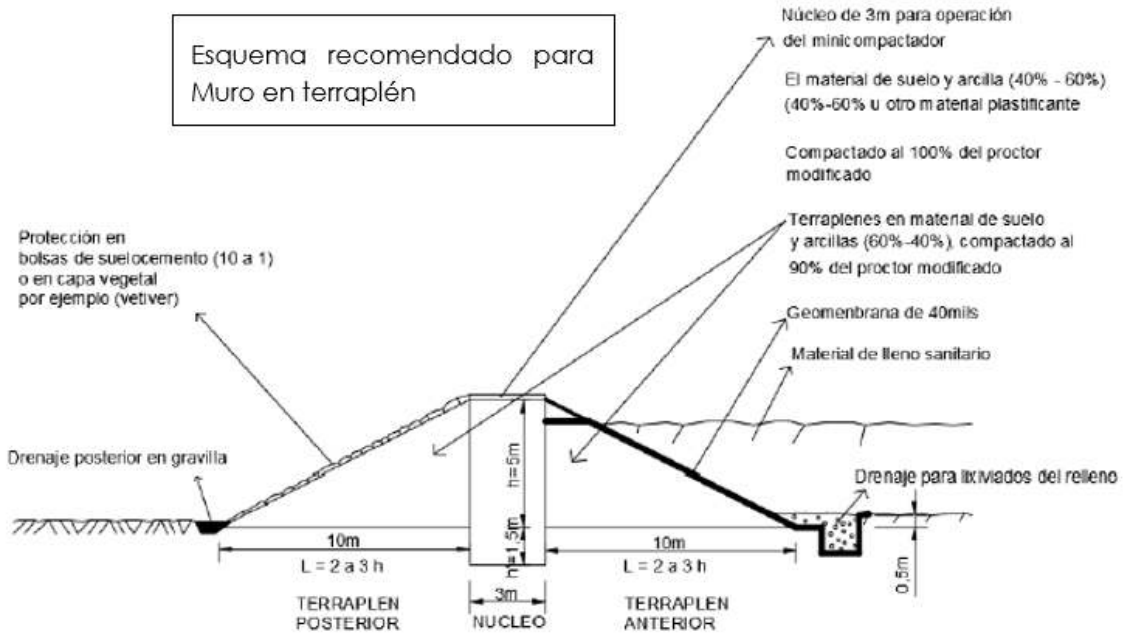
Debido a la necesidad de un área que abarque el llenado del cubeto 11 como nueva área de trabajo para continuar con las actividades de acopio de RSU en el relleno, se considera la alternativa de realizar una estructura cierre y contención en el área de la piscina 9 para el cubeto 11, en general el sitio es apropiado para el diseño de este tipo de estructura, debido a las condiciones de empotramiento que presenta por su topografía -encajonamiento natural-, siendo el punto más bajo del área de estudio.

1.5 DESARROLLO ALTERNATIVA 2 DISEÑO DEL DIQUE EN TERRAPLÉN

1.5.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO

La metodología aplicada para la construcción de la estructura de contención fue la planteada desde El Cuerpo De Ingenieros de la Armada Norteamericana presenta una serie de factores mínimos de seguridad para garantizar la estabilidad en el diseño y estabilidad del dique, los factores se presentan en la FIGURA 183:

FIGURA 183. **DIRECTRICES DE DISEÑO GEOMÉTRICOS DE DIQUES**



Fuente: WRD (2012).

En los diques se reconocen seis partes o zonas constructivas:

Cimiento: Es la parte del dique que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.

Núcleo: Es la parte comprendida entre el cimiento y la corona del dique, el núcleo comprende la mayoría de masa del cuerpo del terraplén.

Corona (capa subrasante): Parte superior del dique, en un espesor de capa de 30 cms.

Terraplén Anterior (Trasdós): Sección posterior en contacto con los residuos.

Terraplén Posterior (Intradós): Sección expuesta del dique o cara externa susceptible a la erosión.

Núcleo: El núcleo comprende el sector medio dique y configura una mezcla de material de sitio con material de suelo plastificante de baja permeabilidad.

El análisis de estabilidad para del dique debe cumplir la condición estática, pseudoestáticas capacidad portante de la cimentación y valoración de posibles asentamientos, todo bajo el marco de norma ecuatoriana de construcción NEC-14.

1.5.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde se plantea colocar el nuevo dique, previo a la ejecución de las obras de desmonte, descapote y retiro de material inadecuado, demolición drenaje y subdrenaje, compactación de materiales adecuados incluyendo el núcleo del muro de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del fiscalizador.

1.5.2.1 MATERIALES

Todos los materiales que se empleen en la construcción del dique deben provenir de las excavaciones de explanación o de fuentes aprobadas, deben estar libres de sustancia deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos que puedan perjudicar. Los empleos de estos materiales deben ser autorizados por el fiscalizador de la obra que de ninguna manera deberá permitir la construcción del dique con materiales de características expansivas o colapsables.

Los materiales que se empleen en la construcción del dique deberán cumplir los requisitos indicados en la TABLA 148:

TABLA 148. ***REQUISITOS DE MATERIALES PARA DIQUE SEGÚN LA NEVI – 12***

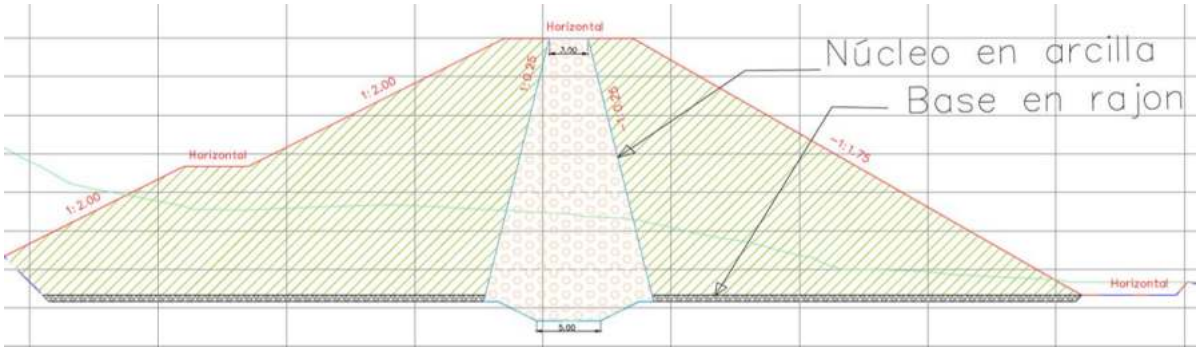
CARACTERÍSTICA	SUELOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Zona aplicación en el dique	**Corona, núcleo,**	**Corona, núcleo,**	**corona, núcleo,**
Contenido de materia	≤ 0,2 %	≤ 0,1 %	≤ 2 %
contenido de sales solubles	≤ 0,2 %	≤ 0,2 %	≤ 1 %
Tamaño máximo	≤ 100 mm	≤ 100 mm	≤ 100 mm
Cernido tamiz 0,4	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%
Cernido tamiz 2	≤80%	≤80%	≤80%
Cernido tamiz 200	≤25%	≤25%	≤25%
Limite liquido	≤30%	≤40%	≤40%
indice de plasticidad	≤10%	≥4≤10%	
Contenido de Yeso			≤ 5%
Indice de colapso	≤ 1 %	≤ 1 %	≤ 1 %
CBR	≥3%	≥3%	≥3%

Fuente: NEVI (2012).

1.5.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL DIQUE

Estos trabajos que se efectuarán para la construcción del dique deberán ser aprobados por el fiscalizador, el avance en las obras debe ajustarse al programa preestablecido. Las condiciones climatológicas en algún momento podrían ser limitantes en la ejecución de la obra y el cronograma de actividades deberá ajustarse al buen tiempo climatológico lo cual es impredecible en la ejecución de cualquier obra a cielo abierto. Las características constructivas del dique estarán representadas en la FIGURA 184.

FIGURA 184. **ESPECIFICACIONES DEL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia

Preparación del terreno: Previo a la construcción del dique es necesario realizar una excavación hasta llegar al terreno base en conde se va cimentar, el cual, debe estar desmontado y descapotado. El fiscalizador realizara veeduría del retiro de material inadecuado, el cual se considera todo material de alta plasticidad, con elevada humedad, contaminado con lixiviados y que represente riesgos de colapso o asentamientos elevados en la cimentación, se debe considerar en esta etapa la implementación de drenaje del área si afloraran niveles de aguas o lixiviación (filtros subdrenes).

Es importante realizar seguimiento a las obras de excavación, desmonte, canales préstamos y por último subdrenes con geotextil y material granular necesarios para garantizar la estabilidad del dique.

A partir de que el terreno base este totalmente adecuado se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definida. La cimentación del dique se realizará por lo menos un metro por debajo como lo exige la norma NEVI-12. Si el dique hubiere de ser construido en terrenos blandos se deberá garantizar el retiro de este hasta llegar a un terreno firme con el objetivo de evitar asentamientos progresivos.

Cuerpo del dique: Solo cuando ya se haya establecido la cota de excavación para la construcción del dique el fiscalizador autorizara la instalación de los materiales adecuados para la realización de este.

El material del dique se colocará en capas paralelas y de espesor uniforme que no supere los 30 cm antes de la compactación, se debe garantizar la homogeneidad de los materiales de lo contrario podríamos incurrir a la no adherencia entre sí (efecto de delaminación), la compactación de la capa anterior deberá cumplir con un 95% de compactación con base al resultado del ensayo del Proctor Modificado.

Es de total responsabilidad del constructor asegurar la humectación del material que garantice el grado de compactación requerido, esta humectación se recomienda realizarla una vez el material este extendido para luego esperar un tiempo prudente en donde se corrobore la absorción de agua en todo el espesor del material depositado.

La compactación en toda el área de la capa debe ser uniforme evitando abombamientos, este procedimiento se garantiza equilibrando el número de pasadas del compactador en los diferentes sectores en los cual se divida el área, se recomienda la compactación en diferentes sentidos. Los taludes del dique se realizarán con una relación mínima de 2H: 1V intradós y 1.75H:1V el trasdós.

Corona del dique: La corona del dique se construirá con dos capas deberá tener por lo menos dos capas que no superen los 30 cm de compactación, y deben construirse bajo un tipo de suelos ya sean seleccionados o adecuado como lo establece la norma. En caso de modificaciones el dique se podría construir a cotas que superen la establecida en los planos, lo anterior se deduce y se podría contemplar teniendo en cuenta los asentamientos a los cuales se somete un terraplén.

Por último, la compactación en la corona del dique debe ser igual o mayor al 98% con respecto al Proctor modificado. Al culminar la corona del dique contemplara un declive suficiente que permita escurrir las aguas lluvias al manejo de aguas lluvia.

Acabado: con el objetivo de disminuir el proceso erosivo que generan las escorrentías en el talud exterior y el nivel de saturación de lixiviados en el talud interno se recomienda impermeabilizar sintéticamente con una capa de geomembrana (60 mils HDPE 1.5mm X 2m) los taludes del dique.

1.5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

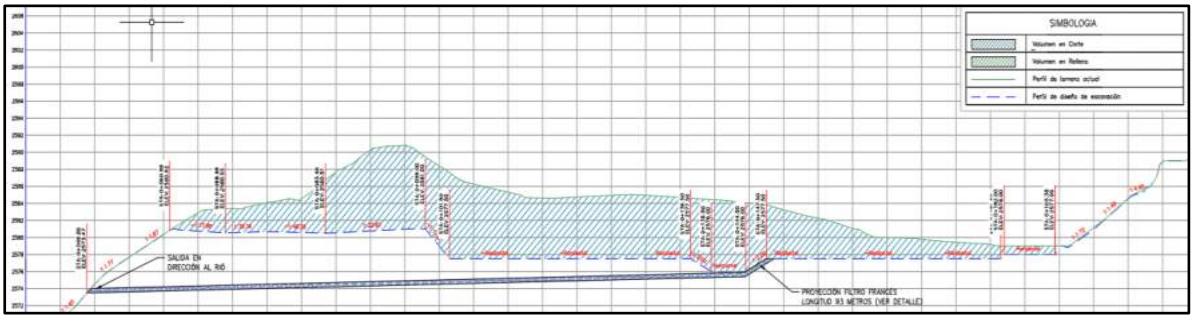
Como se estableció en los planos este dique se diseñó teniendo en cuenta el cumplimiento de la estabilidad, y a partir de ahí se generó la geometría, cimiento, volumen y obras necesarias. El volumen total del dique será de 58412.75 m³, partiendo desde la base (cimentación) hasta la cota de la corona del dique.

1.5.4.1 EXCAVACIÓN ADECUACIÓN DEL ÁREA

En el área donde se llevará a cabo la construcción del dique de cierre del cubeto 11 existe actualmente un terraplén como contención de la laguna 9. De esta forma está proyectado la eliminación de esta laguna y el retiro de este terraplén para adecuación del área a intervenir.

El volumen para retirar inicialmente está delimitado por la cota 2590.9 m.s.n.m hasta la cota 2578 y 2577.5 m.s.n.m de esta manera se estaría retirando primeramente el volumen para la excavación del área de cimiento. (Véase FIGURA 185 y FIGURA 187).

FIGURA 185. **EXCAVACIÓN PARA ADECUACIÓN DEL ÁREA DEL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

La excavación general para la construcción del dique esta sobre un área de 7838.14 m², con un corte de material de 35436.65 m³ y un lleno de 38.67 m³, el área de corte y lleno está definida en el siguiente polígono:

TABLA 149. ***POLÍGONO DE EXCAVACIÓN Y ADECUACIÓN DEL DIQUE***

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
215	9967735,562	515598,0316	2.581	PE-01
216	9967713,522	515596,0305	2.590	PE-02
217	9967704,627	515589,4258	2.591	PC-03
218	9967701,749	515584,6647	2.595	PE-04
219	9967685,061	515580,7210	2.597	PC-05
220	9967663,336	515575,9630	2.598	PE-06
221	9967648,447	515579,5610	2.600	PC-07
222	9967638,444	515594,5420	2.602	PE-08
223	9967615,365	515597,8710	2.602	PE-09
224	9967603,538	515601,6620	2.597	PE-10
225	9967594,509	515615,7360	2.596	PE-11
226	9967596,143	515636,4400	2.593	PE-12
227	9967602,017	515648,5386	2.586	PE-13
228	9967614,585	515655,0623	2.585	PE-14
229	9967636,929	515666,1256	2.587	PE-15
230	9967658,938	515658,7201	2.586	PE-16
231	9967687,513	515646,8613	2.586	PE-17
232	9967701,536	515640,1807	2.584	PE-18
233	9967713,158	515623,0206	2.584	PE-19
234	9967718,449	515621,0191	2.581	PE-20
235	9967723,569	515609,0807	2.581	PE-21

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 186. **VISTA EN PLANTA DE ÁREA TOTAL DE EXCAVACIÓN**

Fuente: Elaboración propia

Para efectuar tal operación se requiere de maquinaria adecuada dispuesta por el constructor realizando un proceso directo de arranque, cargue y descargue en un área de depósito final (ZODME), este último será un área a disposición de la empresa encargada del proyecto.

FIGURA 187. **ESTADO ACTUAL DE SECTOR DE LAGUNA**

Fuente: Elaboración Propia.

El proceso del corte y retiro de este material se optimizará generando un tramo de vía con acceso al sector de la laguna 9 empalmando con la vía denominada (vía Lastrada). Para todo este procedimiento se requiere maquinaria amarilla para nivelación, relleno, corte de vías y posteriormente arranque, cargue, transporte y descargue de material, de esta manera se plantearía la maquinaria especificada en la TABLA 150:

TABLA 150. ***MAQUINARIA PARA LABORES DE CORTE Y EXCAVACIÓN***

MAQUINARIA	CANTIDAD	CAPACIDAD
Buldócer	1	D6
Retroexcavadora de oruga	2	1 m³ de cargue
Retroexcavadora de llantas	1	1 m³ de cargue
Volquetas	4	14m³

Fuente: Elaboración Propia.

1.5.4.2 CIMIENTO DEL DIQUE

El cimiento de este dique cuenta con un área de excavación de 2348,89m². La excavación para la cimentación del dique está determinada desde las cotas 2581 m.s.n.m hasta la cota 2578 m.s.n.m, que tendrá una profundidad máxima de cimentación de 3.5 metros. Detalles de esta labor se describen en la TABLA 151, del mismo modo son expuestos gráficamente en FIGURA 188.

TABLA 151. ***POLÍGONO DE EXCAVACIÓN Y ADECUACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL DIQUE***

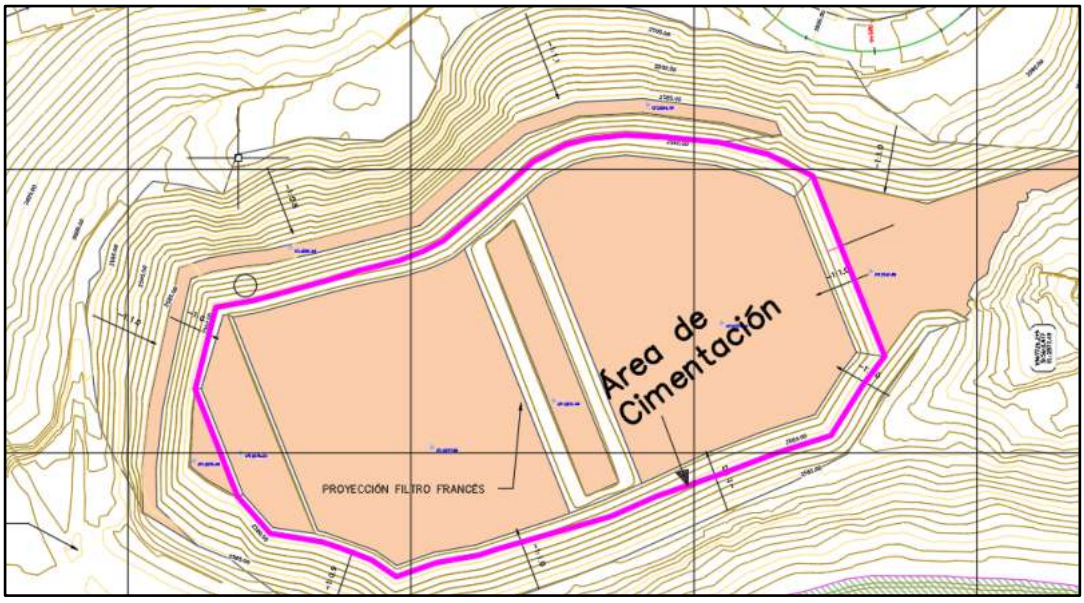
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
PCI-01	X=515648.972	Y=9967668.224
PCI-02	X=515646.121	Y=9967674.679
PCI-03	X=515643.039	Y=9967683.644
PCI-04	X=515640.014	Y=9967691.628
PCI-05	X=515637.556	Y=9967699.309
PCI-06	X=515630.375	Y=9967703.854
PCI-07	X=515626.370	Y=9967706.896
PCI-08	X=515600.906	Y=9967696.729
PCI-09	X=515597.827	Y=9967690.381
PCI-10	X=515596.158	Y=9967683.434
PCI-11	X=515595.375	Y=9967675.224
PCI-12	X=515595.128	Y=9967670.299
PCI-13	X=515595.644	Y=9967665.186
PCI-14	X=515596.435	Y=9967661.935

PCI-15	X=515598.854	Y=9967657.280
PCI-16	X=515605.960	Y=9967649.304
PCI-17	X=515610.081	Y=9967644.495
PCI-18	X=515610.302	Y=9967644.084
PCI-19	X=515611.505	Y=9967641.775
PCI-20	X=515612.834	Y=9967638.374
PCI-21	X=515614.321	Y=9967632.400
PCI-22	X=515615.592	Y=9967628.330

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se recomienda realizar el retiro de cualquier material plástico, saturado, contaminado, o que pueda generar problemas de asentamientos excesivos en la cimentación.

FIGURA 188. **VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado la excavación y retiro de material se realiza la construcción de la cimentación del dique que estará dividida en las siguientes etapas:

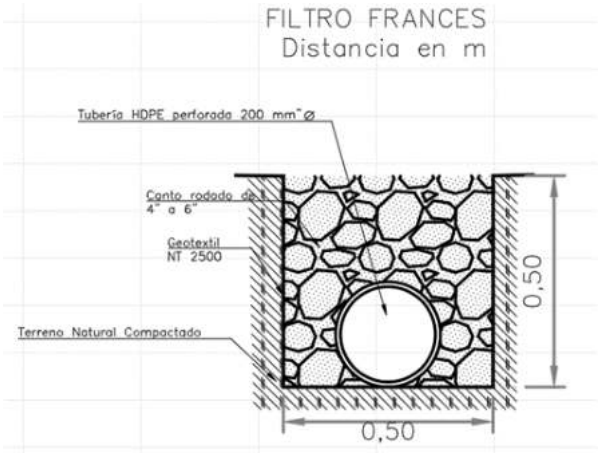
Adecuación de subrasante: Como en todos los casos la subrasante debe compactarse, en este caso se utilizará primero una nivelación marcada topográficamente, en donde también se delimitará el área de labores, esta nivelación y compactación se realizaría inicialmente por pasadas del buldócer

complementado al final por la operación del vibrocompactador el cual también realizará pasadas en toda el área afirmando el terreno de base.

Filtro francés: Con el objetivo de recibir y evacuar las aguas que se generen por filtración se construirá un filtro francés el cual ira por debajo de la cimentación del dique y que estará conectado desde la base construida en piedra lastre desde el punto (Este: 515663,569; Norte: 9967653,701 y elevación: 2577.5).

La sección de este filtro estará definida por la siguiente figura y alineada como lo presenta la siguiente tabla del eje de excavación.

FIGURA 189. **SECCIÓN DEL FILTRO FRANCES**



Fuente: Elaboración propia (las medidas son mínimas y variarán de acuerdo al terreno y sector)

TABLA 152. ***EJE DE EXCAVACIÓN***

ALINEAMIENTO EJE DEL FILTRO			
PUNTO	**ESTE**	**NORTE**	**ELEVACIÓN**
P. EJE- 01	515663,569	9967653,701	2577,05
P. EJE- 02	515632.458	9967657.488	2575,4
P. EJE- 03	515618,394	9967700,481	2574,49
P. EJE- 04	515618.615	9967755.730	2573,47

Fuente: Elaboración propia

La elaboración del filtro francés se hará de acuerdo a las especificaciones anteriores donde se instalará tanto en las paredes y piso de la excavación un geotextil NT 2500, sobre el geotextil se instalará una tubería HDPE perforada de 200 mm la cual tendrá una longitud de 101 metros el cual será encubierto por piedra (canto rodado preferentemente), de 4 a 6 pulgadas de diámetro.

Capa de geotextil: La separación de materiales de diferente granulometría ayuda a la estabilización del terreno, es por esto la necesidad de la instalación del geotextil el cual evita también posibles

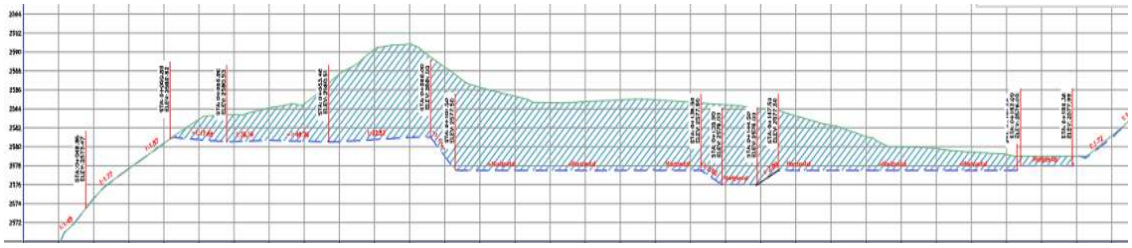
erosiones y cumple función de drenaje. El geotextil se instalará en el terreno afirmado donde se llevará a cabo el levantamiento de las capas que conformaran el dique.

Una vez se instale la primera capa de geotextil con un área de 2707.77 m² se depositará como base material granular (Rastre ⩾20 in ⩽ 32 in), que luego será cubierto de otra capa de geotextil de 2854.55 m²y así proceder la conformación de las capas compactadas de material seleccionado. De esta manera se recomienda utilizar geotextil (NT-2000).

Piedra Lastre o Rajón: Una vez instalado el primer tendido de geotextil se depositará y se instalará material de peña (Rastre), el cual su granulometría no deberá superar los 32 centímetros de espesor como tampoco debe ser menor a 20, este material generalmente se utiliza para este tipo de cimentaciones, esta implementación brinda resistencia a la acción de las cargas ya sean estáticas o dinámicas.

La FIGURA 190, permite representar el diseño del área de excavación y cimiento dique.

FIGURA 190. **VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

En este proceso se da inicio la construcción del dique partiendo de la instalación de geotextil, instalación de piedra rajón, y construcción de capas de 25 centímetros de espesor debidamente compactadas, para esta operación se plantea la siguiente maquinaria:

TABLA 153. ***MAQUINARIA PARA LABORES DE CORTE Y EXCAVACIÓN***

MAQUINARIA	CANTIDAD	CAPACIDAD	FUNCIÓN
Motoniveladora	1	140M – 140K	Nivelación de vías
Buldócer	1	D6	Nivelación, arrastre de material, escarificación
Retroexcavadora de llantas	1	1 m³ de cargue	Cargue de material, escarificación, Varios
Retroexcavadora de oruga	2	1 m³ de cargue	Arranque de material, cargue de material

Volquetas	4	14m³	Transporte y descargue de material
Vibrocompactador	1	12 Ton	Compactación de material

Fuente: Elaboración Propia.

1.5.4.3 MÉTODO DE LLENADO

La construcción del cuerpo del dique estará definida por capas de material seleccionado las cuales se construirán continuamente con un espesor de 25 centímetros como se expresó anteriormente, la extensión de material no debe superar los 30 centímetros de espesor debido a que el factor de compactación de estos materiales es de 0.3, asegurando la operación del vibrocompactador en óptimas condiciones podríamos cumplir con los parámetros establecidos y la compactación requerida por la NEVI-14. El cuerpo del dique estaría dividida y definida constructivamente en las siguientes partes:

1.5.4.3.1 NÚCLEO DEL DIQUE

Se define como núcleo de dique al centro de la estructura la cual estará construida de forma trapezoidal y de características particulares en los materiales. Este material debe tener características un poco más exigentes al resto del cuerpo del dique, ya que funciona como barrera impermeable de arcilla de baja plasticidad en donde el factor de expansión se ajusta a lo que requiere la norma.

La permeabilidad de este material debe ser de una conductividad hidráulica muy baja que no permita el paso de infiltración directa del trasdós al intradós es decir cara libre del dique.

La construcción de este núcleo estará establecida desde la cota 2576 m.s.n.m a la cota 2598 m.s.n.m

Selección de materiales: El material indicado para la construcción de este núcleo podría ser de matriz arcillosa con contenido de arena, puede ser suelo 40% y material plastificante un 60%, como sabemos la arcilla en mayor porcentaje representa conductividad hidráulica baja, preferiblemente de baja o nula plasticidad evitando suelos colapsables o expansivo.

Como material de préstamo para la construcción de este núcleo contamos con dos sectores en donde se podría extraer la cantidad necesaria. A continuación, en las siguientes tablas indicadas se describen las características físicas y ubicación de las canteras:

TABLA 154. ***UBICACIÓN DE CANTERAS PARA MATERIAL DE PRÉSTAMO***

ZONA DE CANTERAS	**COORDENADAS**		
	X	Y	ELEVACIÓN
Muestra 1	516203,954	9967844,968	2650,11
Muestra 2	516209,012	9967759,536	2641,39

Fuente: Elaboración Propia.

Las canteras que se seleccionaron son sectores en donde se evidencio en campo un material que puede ser de beneficio en la construcción de la obra, se analizaron dos sectores en donde se tomaron dos muestras las cuales fueron mezcladas y se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA 155. ***PROPIEDADES DE MATERIAL COMPUESTO***

CARACTERISTICA	RESULTADO DE ENSAYO	CUMPLE
Zona de aplicación	Nucleo	
Materia organica	0,30%	No
Tamiz 40	0	Si
Tamiz 10	0	Si
Tamiz 200	23,40%	Si
Limite liquido	37%	Si
Índice de plasticidad	9%	Si
Índice de colapso	0,06	Si
Expansión	0,07	Si
Cbr	31%	Si
Sales solubles	0,4	No
Permeabilidad	2.0 EXP -04	Baja

Fuente: Elaboración Propia.

La mezcla de las muestras seleccionadas arrojo resultados favorables que están definidos en la tabla anterior, cumpliendo en total con más de un 90% en los ensayos establecidos.

En vista de estos resultados se recomienda que el proceso de excavación en las canteras se realice un descapote general del área a excavar de tal forma que se elimine la totalidad de residuos orgánicos y alcanzar menos del 2% de este contenido, cumpliendo solamente como suelo marginal donde el contenido no debe ser mayor al 5%.

Por otra parte, se requiere de un material de conductividad hidráulica muy baja para la construcción del núcleo, es por eso que con el fin de mejorar ese parámetro se recomienda ensayar varias mezclas del material de cantera (Limo arcilloso de baja plasticidad) con bentonita al 3%, 5% y 7%, para luego realizar la caracterización buscando el mejor desempeño en temas de permeabilidad y limites, este tipo de combinación de material es utilizado en construcción para barreras pasivas de celdas de residuos, se puede decir de su beneficio como activo impermeabilizante.

Una vez determinado los resultados del material con las 3 mezclas se escogerá la combinación óptima que cumpla con los ensayos establecidos.

Mezcla del material de préstamo + bentonita: Establecido el material de préstamo que se ubica en las canteras donde se recolecto las muestras tal cual como lo muestra la tabla correspondiente, se plantea la mezcla de bentonita con diferentes porcentajes para la conformación del núcleo que en total tiene 10232,62 m³. De esta manera para la construcción del núcleo se requiere los siguientes volúmenes y cantidades de bentonita teniendo en cuenta el factor de expansión asignado que es de 0.3% y la densidad de la bentonita (1.2 ton/m³).

Se calculó la dosificación necesaria utilizando como base volquetas de 14 m³, tomando esta capacidad como viajes o pilas con la cual se realizará la mezcla, a continuación, presenta la cantidad de bentonita requerida por viajes de material de préstamo:

TABLA 156. ***DOSIFICACIÓN DE BENTONITA EN CAMPO***

Dosificación de bentonita en campo				
%	**Volumen total**	**Cantidad total**	**Cantidad X viaje**	**Cantidad X bultos**
Bentonita	399,084	478,902	0,531	17,6
Bentonita	665,141	798,17	0,8843	10,62
Bentonita	931,198	1117,43	1,2	24,76

Fuente: Elaboración propia

Nota: Independientemente de la mejora que presente la mezcla del material de cantera con bentonita o material plastificante un porcentaje del 60%, no se puede dejar a un lado el resultado del resto de los ensayos con los cuales se hará control e inspección de la obra, es por esto la necesidad recolectar muestras suficientes y practicar nuevamente los ensayos de laboratorio expresados. verificar el cumplimiento de la norma.

Construcción del núcleo: Luego de tener claridad en los resultados de los materiales a emplear se inicia la construcción del núcleo impermeabilizante del dique. Este núcleo estará demarcado desde la cota 2576 m.s.n.m por el siguiente polígono (TABLA 157)

TABLA 157. ***ÁREA DE EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL NÚCLEO***

PUNTO	X	Y	Z
P1	515644,118	9967669,297	2576,0
P2	515646,055	9967664,686	2576,0
P3	515610,620	9967650,538	2576,0
P4	515607,159	9967654,540	2576,0

Fuente: Elaboración Propia.

En el proceso de construcción del núcleo se tendrá en cuenta lo siguiente:

Las capas de este núcleo se construirán una vez realizada la mezcla del material extraído de la cantera con bentonita al 7%, la dosificación para alcanzar la mezcla será a criterio del constructor y fiscalizador de la obra.

El tendido del material estará para la conformación de las capas estará condicionado por la marcación topográfica que se realice nivel a nivel, teniendo en cuenta que el área varia a medida que se va elevando el terraplén.

La conformación de este núcleo contará con 88 capas de 25 centímetros de espesor debidamente compactadas, esta compactación se realizará luego del tendido en el área limitada para núcleo y el

tendido del resto del área que corresponde los espaldones del dique, la compactación en el núcleo será al tiempo del resto de la capa.

El material será preparado y conformado con base al siguiente proceso:

-Arranque, cargue, transporte y descargue del material proveniente de la cantera.
-Descargue y acopio de bentonita
-Mezcla del material de cantera con bentonita (Dosificación en sector de conformación del dique)
-Tendido y nivelación del material
-Humectación de capa (material de préstamos + bentonita).
-Compactación de material.

- ✓ La superficie de contacto entre el material impermeabilizante y el material granular se debe colocar un filtro que impida el paso a través de los poros de las partículas del material protegido, estos filtros deben ser de un material más permeable que el material que protegen, las condiciones de sifonamiento para un buen filtro son D15(filtro)⩾5D15(material protegido) o D15(filtro) ⩽ D85(material protegido), el espesor de estas capas varía entre 10 y 15 centímetros, el diseño de estos filtros viene en capas por lo general se colocan 2-3 capas de este material, estos datos son basados en la metodología de Grishin(1979), que nos permite dimensionar la granulometría y los espesores para construir una represa

TABLA 158. ***MAQUINARIA PARA LABORES DE EXPLOTACIÓN Y CONFORMACIÓN DE MATERIAL DEL NÚCLEO, TALUDES Y CORONA.***

MAQUINARIA	CANTIDAD	CAPACIDAD	FUNCIÓN
Buldócer	1	D6	Nivelación,
Retroexcavadora de llantas	1	1 m³ de cargue	Cargue de
Retroexcavadora de oruga	3	1 m³ de cargue	Arranque de
Volquetas	4	14m³	Transporte y
Vibrocompactador (rodillo tipo pata de cabra)	1	12 Ton	Compactación
Vibrocompactador	1	12 Ton	Compactación de material préstamo sin mejoramiento

Fuente: Elaboración Propia.

1.5.4.4 CONSTRUCCIÓN DE TALUDES Y CUERPO DEL DIQUE

Se utilizarán materiales que satisfagan las condiciones que defina el proyecto en cuanto a impermeabilidad, resistencia, y protección a la erosión. En estas zonas del dique estará limitada a la utilización de suelos expansivos o colapsables según lo definido en la Tabla de especificaciones técnicas de materiales.

Dichos taludes se recomienda construirlos con el material de cantera que se especificó anteriormente para la construcción del núcleo, con la diferencia que este material no tendrá mejoramiento o mezcla con algún otro material debido a que las condiciones naturales se adaptan a lo establecido en la norma cumpliendo plenamente con lo exigido.

Como en el núcleo estos taludes estarán delimitado por capas de 25 centímetros de espesor previamente compactadas y niveladas. A partir de la cota 2578 m.s.n.m la conformación del núcleo y de los taludes se hará en una labor simultánea, por lo que es de suma importancia que en cada capa se marque topográficamente el área donde se extenderá material de mejoramiento que forma parte del núcleo.

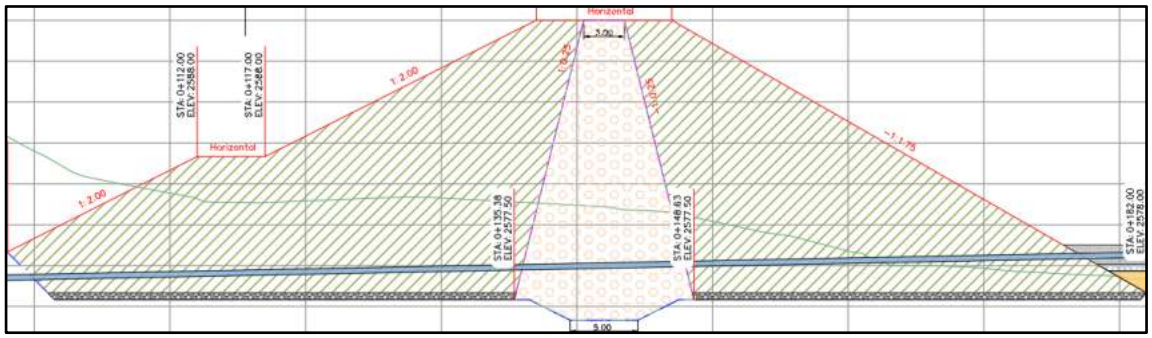
En total se construirán 78 capas de 25 centímetros a partir de la cota 2578 y estarán definidas por el siguiente procedimiento:

- Explotación de material de préstamo de la cantera establecida (Arranque, cargue, transporte y descargue).
- Tendido del material en toda el área de la capa.
- Humectación homogénea de la totalidad del material tendido.
- Nivelación de la capa a compactar.
- Compactación

Correcciones: En caso de presentarse desniveles y abombamientos en el terreno que afecten los siguientes niveles se deberá hacer una operación extra que puede consistir en escarificar, re nivelar o en el peor de los casos retiro y cambio de material.

Inspección y control de construcción: Se realizarán ensayos de densidades en campo donde el porcentaje de compactación de ser igual o mayor al 95% con base al resultado del ensayo de Proctor modificado (Véase 00).

FIGURA 191. **CONFORMACIÓN GENERAL DEL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

Perfilamiento De Taludes: Los taludes que conforman el dique deben perfilarse de la siguiente manera:

Talud Anterior: Posterior a la compactación de las capas se dará geometría según el diseño, de esta manera se perfilará el talud interno con una relación 2H:1V desde la denominada pata del dique hasta la corona. Este perfilamiento se hará progresivamente a medida que se avance en la elevación de las capas.

Talud Posterior: Al igual que en el talud interno se llevará el mismo procedimiento. En el talud de cara libre del dique existen dos niveles como se puede apreciar en la figura anterior y como se detalla en el plano de conformación del dique.

El primer nivel de este talud estará entre las cotas 2581 a la cota 2588 msnm completando una altura de 7 metros con una relación de pendiente 2H:1V, con la misma relación de pendiente continua el

perfilamiento del segundo nivel que parte de la cota 2588 hasta llegar a la corona del dique, este segundo nivel presenta una altura de 10 metros.

1.5.4.5 CORONA

La corona del dique será una capa de 30 cm compactada, la cual deberá tener una pendiente mínima del 2% donde las aguas escorrentías puedan conducir por gravedad hacia el sistema de manejo de aguas lluvias.

Esta corona será la finalidad de la construcción del terraplén que culminará en la cota 2598 msnm, con un ancho final de 10 metros.

El porcentaje de compactación de la corona del dique debe ser ⩾ 98 % de la compactación. La maquinaria que se requiere tanto en construcción de los taludes del dique como en la corona es la misma descrita para el núcleo.

Se recomienda la construcción del manejo de aguas lluvia e instalación de una capa de rodadura con aplicación de emulsiones asfálticas para ayudar a preservar la cara expuesta del dique evitando el daño de la corona con el pasar del tiempo y humedecimientos excesivos.

1.5.4.6 CONTROL Y REGULACIÓN DE OBRAS

Durante la ejecución de la obra el fiscalizador realizara los siguientes controles:

Verificar el buen funcionamiento de la maquinaria empleada.

Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo acordados.

Vigilar el cumplimiento del cronograma y programa de trabajo.

Comprobar la calidad de los materiales mediante los ensayos de laboratorio, de tal manera que cumplan con lo establecido en el capítulo 306-3.03 NEVI-12 y que esta resumido en la

Irregularidades: En caso de presentarse irregularidades diagnosticadas por el fiscalizador el constructor deberá hacer corrección como se le determine.

Las verificaciones periódicas de la calidad de los materiales estarán dadas en la TABLA 159 se presentan los requisitos de MATERIALES PARA DIQUE SEGÚN LA NEVI – 12

TABLA 159. ***FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES***

ENSAYO	**FRECUENCIA**
Granulometría	1 vez X jornada
Limite liquido	1 vez X jornada
Limite plástico	1 vez X jornada
Contenido de materia orgánica	1 vez X jornada
Cbr	1 vez X mes
Índice de colapso	1 vez X mes
Contenido de sales solubles	1 vez X mes

Fuente: Autores Varios .

1.5.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Siguiente de la construcción del dique se contempla la construcción de unas obras que serán complemento para la funcionalidad general del dique.

Estas obras corresponden en parte al manejo de lixiviados, manejos aguas lluvias, sistema de impermeabilización sintética y manejo de deformaciones en el dique.

1.5.5.1 MANJOLES

Los manjoles que se instalarán en el fondo del vaso servirán como inspección y control de los lixiviados que se generen desde el fondo del cubeto estos manjoles se construirán en el fondo del vaso con la finalidad de recibir, conducir y luego evacuar por medio de tuberías pendientes por gravedad conectadas en la parte inferior de estos o por bombeo cuando se requiera en caso tal que el Ru presión de poros aumente en la masa de residuos.

Se proyectó la instalación de dos manjoles gemelos que estarán ubicados en el fondo del vaso que será la base de la primera etapa de llenado, estratégicamente estos manjoles en el fondo de la nueva proyección se instalan con el fin de captar los lixiviados en la cavidad que se genera entre los residuos antiguos y el dique. Estos manjoles están referenciados por los siguientes puntos presentados en la TABLA 160:

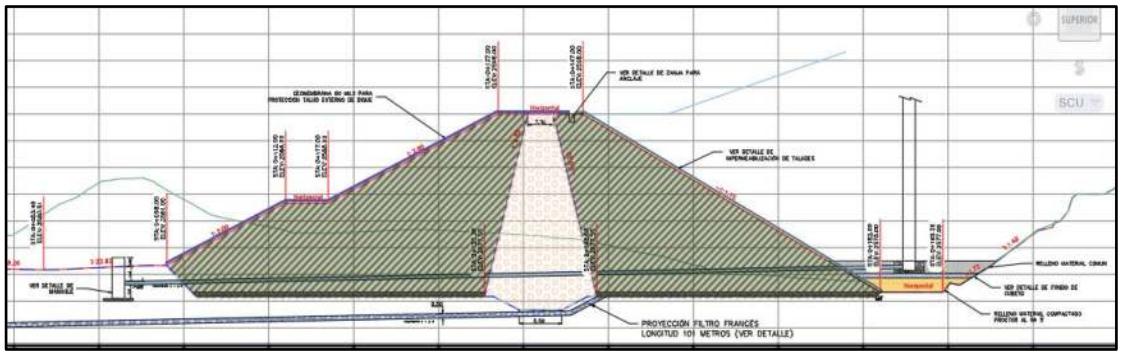
TABLA 160. ***PUNTOS DE INSTALACIÓN DE MANJOLES GEMELOS Y MANJOL SALIDA LIXIVIADOS DEL DIQUE***

PUNTO	X	Y	Z
Manjol 1	515643.221	9967619.515	2580,0
Manjol 2	515632.490	9967615.232	2580,0
Manjol 3	515608.695	9967705.988	2577,0

Fuente: Elaboración Propia.

El Manjol 3 estará por fuera del cubeto, este Manjol regula la conducción de los lixiviados provenientes de los manjoles 1 y 2. Ver plano Instrumentación del dique, los manjoles como instrumento de monitoreo y evacuación de lixiviados quedaran un metro por encima de la superficie. Ver 0 a continuación.

FIGURA 192. **MANJOLES CONTROL DE LIXIVIADOS**



Fuente: Elaboración Propia.

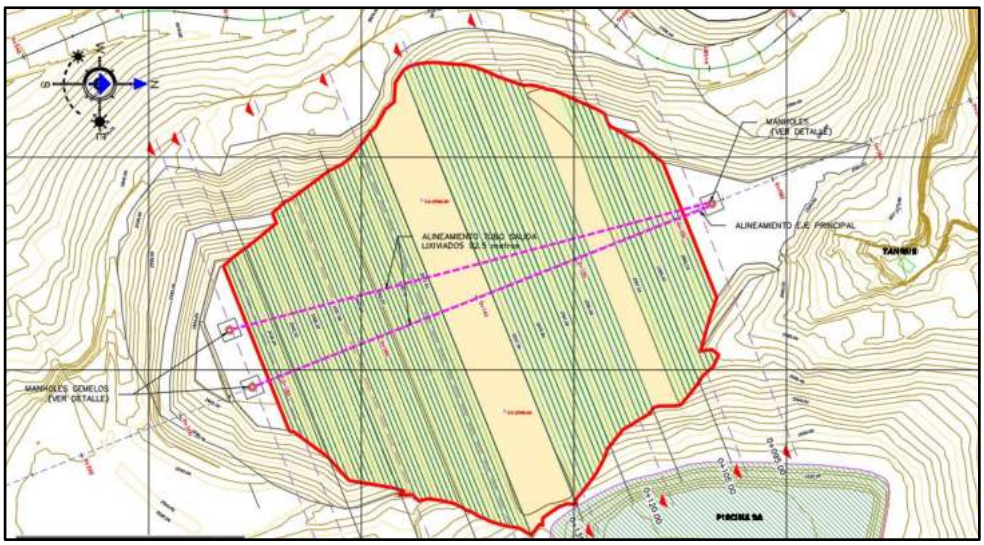
La adecuación del fondo para la instalación de los manjoles parte de la cota 2578, luego se realiza un relleno de material adecuado preferiblemente de las mismas características del núcleo del dique con un espesor de 1.6 metros alcanzando la cota 2579.6 en donde se construirá la caja base del Manjol.

1.5.5.2 TUBERÍA SALIDA DE LIXIVIADOS

La salida y control de lixiviados del fondo del cubeto está definida como se explicó anteriormente con los manjoles, la conducción de estos lixiviados está establecida por dos tubos de 92 metros, tubería HDPE lisa de 400 mm, que se conectaran de los manjoles 1 y 2 hacia el Manjol 3 que esta por fuera del dique.

A partir de la cota 2580.86 se conectará la salida de los lixiviados desde los manjoles gemelos hasta la cota 2579,0 donde se encuentra la base del Manjol 3, conduciendo por gravedad los lixiviados desde el fondo del vaso al Manjol exterior con una pendiente de 2.02 %.

FIGURA 193. **TUBERÍA DE LIXIVIADOS**



Fuente: Elaboración Propia.

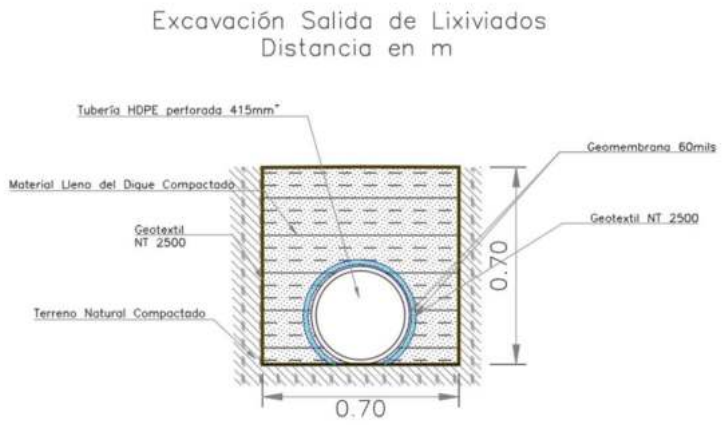
Excavación para instalación de tubería transversal al dique: Para efectuar esta operación se deben hacer dos trincheras lineales de 70 centímetros de ancho X 70 centímetros de alto la cual es una sección adecuada para posicionar esta tubería que tiene 12 pulgadas de diámetro. Estas trincheras estarán definidas desde los siguientes puntos y elevación

TABLA 161. ***PUNTOS DE EXCAVACIÓN TUBERÍA DE LIXIVIADOS***

EXCAVACIÓN		**X**	**Y**	**ELEVACIÓN**
Trinchera 1	Punto Inicial	515.641.772	9.967.623.117	2581,1
	Punto Final	515.611.057	9.967.700.221	2579,2
Trinchera 2	Punto Inicial	515.631.761	9.967.619.332	2581,1
	Punto Final	515.609.999	9.967.699.718	2579,2

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 194. **SECCIÓN DE EXCAVACIÓN TUBERÍA DE LIXIVIADOS**



Fuente: Elaboración Propia (las medidas son mínimas y variarán de acuerdo al terreno y sector)

1.5.5.3 IMPERMEABILIZACIÓN SINTÉTICA

La impermeabilización del talud interior del dique se llevará a cabo con geomembrana, barrera geológica artificial 7 mm GCL y geotextil, en resumen, se instalará primeramente una capa de geotextil NT-4000, sobre el geotextil la barrera geológica GCL 7 mm, luego una capa de geomembrana de 60 mils culminando con una capa de geotextil de las mismas características del primero, estos materiales

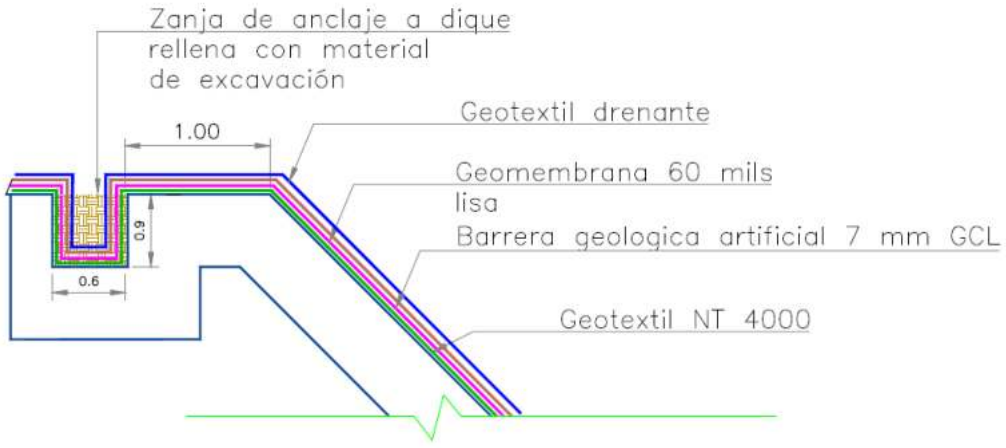
impermeabilizantes en total cubrirán un área de 2741 m² que corresponde al área del talud interno. Estos materiales estarán anclados en la corona del dique.

Anclaje de geomembrana y geotextil: A una distancia de un metro del hombro (Talud interno) se realizará una excavación de las siguientes dimensiones:

Ancho: 60 centímetros **Profundidad**: 60 centímetros

El anclaje se realizará depositando sobre la zanja material de construcción de terraplén.

FIGURA 195. **ANCLAJE DE GEOMEMBRANA Y GEOTEXTIL**



Fuente: Autores Varios.

1.5.5.4 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

Se construirán dos cunetas para el manejo de aguas lluvias del dique según diseño propuesto, estas cunetas descolarán las aguas a las cunetas perimetrales del sistema general de escorrentías. Este manejo se hará por unos canales a dos aguas, que estarán distribuidos de la siguiente forma:

Canal de corona: Interceptara las aguas del nivel superior del dique las cuales serán provenientes del primer talud del cubeto en proyección.

Canal berma: Recolectara las aguas que provengan del talud superior del dique.

2 ESTUDIOS DE DRENAJE Y MANEJO DE BIOGÁS

2.1 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

En la generación de biogás es necesario hacer varias precisiones para establecer un cálculo de producción cercano a la realidad, esto es:

- La vida útil del proyecto. Siendo el cubeto 11, el cubeto final del relleno sanitario el Inga, no existirá producción adicional pasado el tiempo de vida útil considerado. No se considera el ingreso de residuos sólidos una vez que se haya cumplido la vida útil prevista (no podría colocarse residuos adicionales por razones de estabilidad estructural de la masa).
- Se tiene chimeneas preexistentes en el sitio, que no han sido incorporadas al sistema de extracción de biogás actual, por parte de la empresa encargada del aprovechamiento.
- Las chimeneas de drenaje vertical de lixiviado, son actualmente conectadas al sistema de captación de biogás.

Dicho lo anterior, se procede a calcular la producción esperada de biogás, con el uso del modelo propuesto para el Ecuador por Landfill Methane Outreach Program US EPA Office of Research and Development y Ministerio del Ambiente, versión 1.1; obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 162. ***PROYECCIONES DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BIOGÁS.***

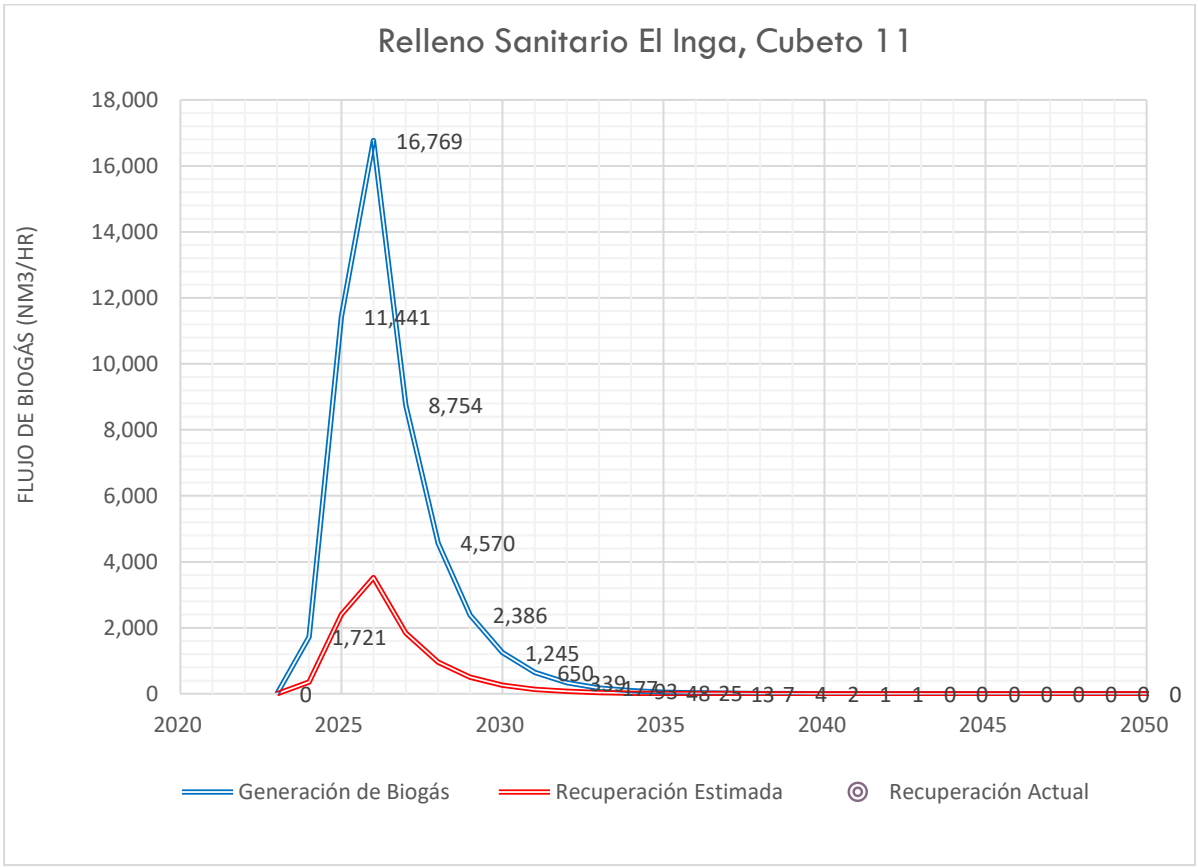
RELLENO SANITARIO EL INGA CUBETO 11									
Año	ÍNDICE DE DISPOSICIÓN	TONELADAS ACUMULADAS	GENERACIÓN DE BIOGÁS			EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	RECUPERACIÓN DE BIOGÁS DEL SISTEMA EXISTENTE/PLANEADO		
	Ton/año	Ton	m3/min	m3/h	mmBTU/año	(%)	m3/min	m3/hr	mmBTU /año
2023	134,603	134,603	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2024	824,652	959,255	30.0	1,800	281,811	14%	4.2	252	39,454
2025	844,413	1,803,668	199.0	11,942	1,869,298	14%	27.9	1,672	261,702
2026	0	1,803,668	289.1	17,344	2,714,918	14%	40.5	2,428	380,089
2027	0	1,803,668	146.4	8,787	1,375,424	14%	20.5	1,230	192,559
2028	0	1,803,668	74.2	4,452	696,813	14%	10.4	623	97,554
2029	0	1,803,668	37.6	2,255	353,017	14%	5.3	316	49,422
2030	0	1,803,668	19.0	1,143	178,845	14%	2.7	160	25,038
2031	0	1,803,668	9.6	579	90,606	14%	1.4	81	12,685
2032	0	1,803,668	4.9	293	45,902	14%	0.7	41	6,426
2033	0	1,803,668	2.5	149	23,255	14%	0.3	21	3,256
2034	0	1,803,668	1.3	75	11,781	14%	0.2	11	1,649
2035	0	1,803,668	0.6	38	5,969	14%	0.1	5	836
2036	0	1,803,668	0.3	19	3,024	14%	0.0	3	423

2037	0	1,803,668	0.2	10	1,532	14%	0.0	1	214
2038	0	1,803,668	0.1	5	776	14%	0.0	1	109
2039	0	1,803,668	0.0	3	393	14%	0.0	0	55
2040	0	1,803,668	0.0	1	199	14%	0.0	0	28
2041	0	1,803,668	0.0	1	101	14%	0.0	0	14
2042	0	1,803,668	0.0	0	51	14%	0.0	0	7
2043	0	1,803,668	0.0	0	26	14%	0.0	0	4
2044	0	1,803,668	0.0	0	13	14%	0.0	0	2
2045	0	1,803,668	0.0	0	7	14%	0.0	0	1
2046	0	1,803,668	0.0	0	3	14%	0.0	0	0
2047	0	1,803,668	0.0	0	2	14%	0.0	0	0
2048	0	1,803,668	0.0	0	1	14%	0.0	0	0
2049	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2050	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2051	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2052	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2053	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2054	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2055	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2056	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2057	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2058	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2059	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2060	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2061	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2062	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2063	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2064	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2065	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2066	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2067	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2068	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2069	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2070	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2071	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0

2072	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2073	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2074	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2075	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2076	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2077	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2078	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2079	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2080	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2081	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0
2082	0	1,803,668	0.0	0	0	14%	0.0	0	0

Fuente: Elaboración Propia, con el uso del modelo v1.1 para Ecuador

FIGURA 196. **PROYECCIONES DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BIOGÁS.**



Fuente: Elaboración Propia, con el uso del modelo v1.1 para Ecuador

2.2 TRATAMIENTO DE BIOGÁS

El Relleno Sanitario de El Inga, cuenta con un sistema centralizado hacia un quemador de llama cerrada, y generadores de energía eléctrica, que actualmente se encuentran en producción, dentro de un Mecanismo de Desarrollo Limpio, esto de acuerdo a la documentación proporcionada por la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP.

2.3 SISTEMA PROPUESTO DE CAPTURA

Basado en los términos de referencia (págs. 16 y 17) del proceso, así:

"La tubería que servirá de filtro para la extracción del biogás tendrá que ser de polietileno de alta densidad con un diámetro efectivo interno, no menor a 315 mm y con las siguientes características: se recomienda usar SDR11 o superior, PE 100, PN 10 o superior, cumpliendo con la normativa tanto de los accesorios como de la tubería, por lo tanto, en el caso de la tubería deberá cumplir con la norma ISO 4437 (partes 1,3,4 y 7) Tuberías enterradas de polietileno para el suministro de combustibles gaseosos - Serie métrica – Especificaciones; y para los accesorios deberán cumplir con la norma UNI EN 1555 (partes 1,3,4 y 7) . En el caso de las uniones entre tuberías podrán ser en electrofusión o en termofusión".

"La tubería vertical al comportarse como un filtro deberá tener el diámetro y número de perforaciones que determine el operador de generación de energía eléctrica con biogás, el Contratista deberá incorporar estas recomendaciones a su estudio o sugerir su propio esquema de perforaciones".

"La tubería que servirá de filtro deberá ser perforada; sin embargo, en el tramo final de la última celda, no deberá presentar agujeros ya que en el cierre del relleno se colocará una capa de material impermeable. Corresponde al consultor presentar una alternativa para este fin, pudiendo ser quemador (en caso de que no se contemple un aprovechamiento a corto plazo) o cabeza cerrada (en caso de que se contemple un aprovechamiento inmediato)".

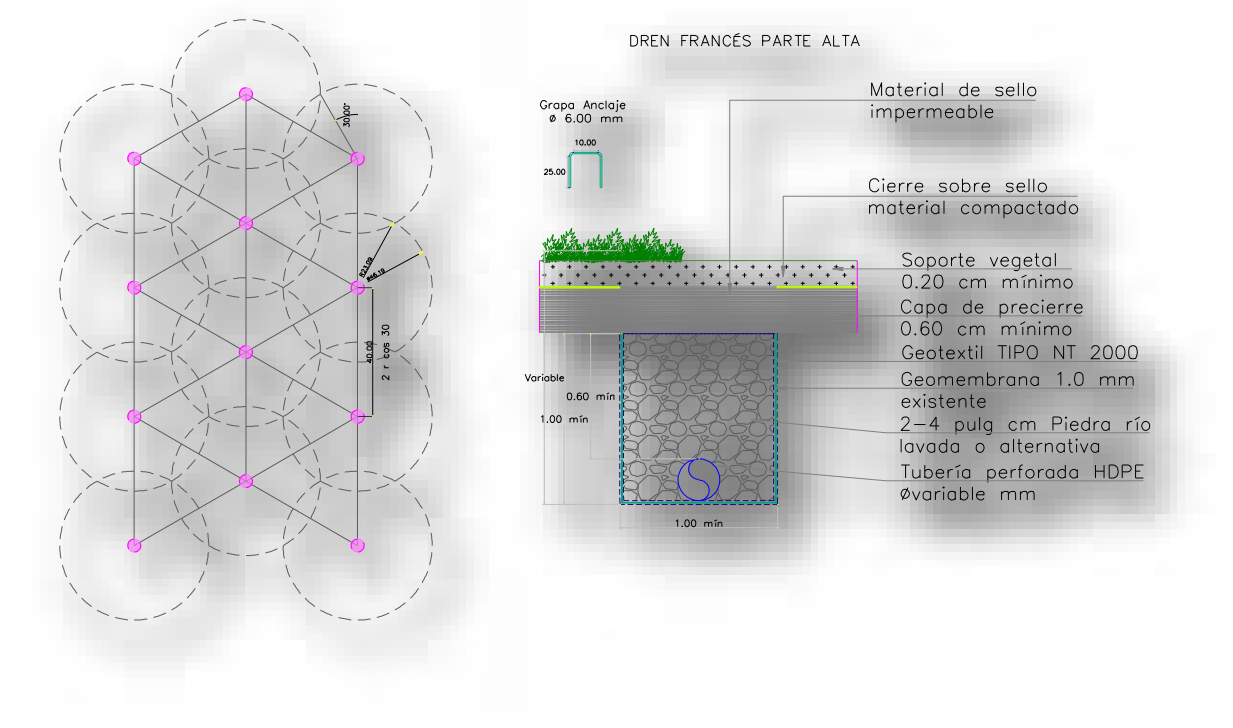
Luego de analizado los términos de referencia, y siguiendo los lineamientos de las mejores prácticas de ingeniería, los sistemas de captura de biogás quedan configurado de la siguiente manera:

1) Las chimeneas se separarán una distancia de 50.00 m, valor que es normalmente usado en rellenos sanitarios de profundidad similar, este valor puede ser ajustado de acuerdo a datos de pruebas de bombeo y succión, que se realizan en el proceso de extracción y aprovechamiento de biogás, de estar disponibles estos datos. Las chimeneas se distribuirán en un patrón de triángulo equilátero de acuerdo a la fórmula:

$$Espaciamiento = 2\,R\cos 30°$$

2) Las chimeneas se conectarán por medio **de pozos horizontales**, cuya conveniencia ha sido evaluada y diseñados en disposición tipo espina de pescado, en dren francés, empezando desde el nivel actual de residuos; y fondo del cubeto según el sitio. Los pozos horizontales se construirán cada nivel hasta alcanzar tres primeros niveles (o superar el nivel del dique, en ese sector), y posteriormente se colocarán cada dos niveles; para **evitar exista ingreso de aire al sistema propuesto**: en cuanto se alcance el nivel de plataforma final propuesto en planos, se colocará un tapón, o, de no colocar el tapón el encargado del sistema de extracción de biogás, conectará a la chimenea al sistema de extracción, para su aprovechamiento.

FIGURA 197. **ESPACIAMIENTO DE CHIMENEAS Y DRENES/POZOS HZ**



Fuente: Elaboración Propia, con el uso del modelo v1.1 para Ecuador

Como puede apreciarse en el gráfico, se tiene una separación entre chimeneas de 50 m, es decir un radio de acción de 25 m, con un traslape de zonas de influencia de 4 m aproximadamente.

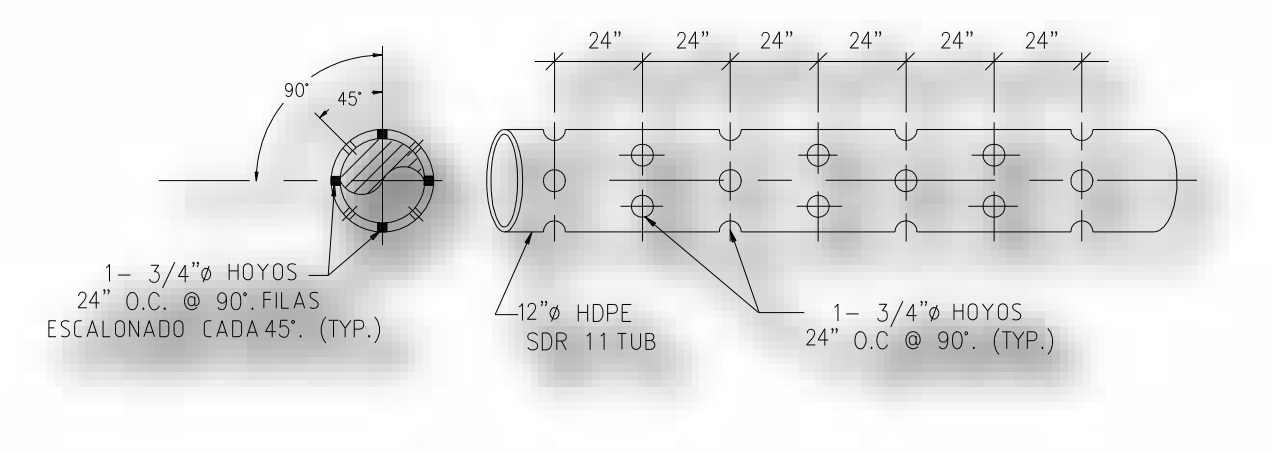
El material será HDPE y diámetro de chimeneas (315 mm SDR11), usado actualmente, y es adecuado; considerando que los drenes verticales -chimeneas- tienen una característica de función doble de drenaje, gas y lixiviado, pues las chimeneas se conectan al sistema de drenaje en espina de pescado del nivel inferior.

Las perforaciones y esquema que se realizan actualmente, son adecuadas y se mantendrán, esto es, cuatro perforaciones en cruz ortogonal, y separados 60 cm, que genera máxima eficiencia sin debilitar el tubo.

Justificativo y aclaración. Los sistemas de chimeneas y pozos horizontales, se conectarán, siempre, pues el sistema ha sido diseñado pensando en una doble acción de pozos tanto horizontales como verticales; recolectar gas y evacuarlo, y por otro lado el recolectar lixiviado y enviarlo al sistema de drenaje de fondo (que de otra manera los lixiviados recolectados no tendrían salida, acumulándose en la masa). El ingreso de aire se hará colocando tapones con tubo pitot para medición y monitoreo de cantidad y calidad del biogás; con válvulas de regulación de flujo por cada pozo; elementos que son parte de un sistema de aprovechamiento de biogás, con un responsable actualmente.

El biogás que genere será monitoreado en las chimeneas terminadas, válvula abierta, en tubo Pitot o de muestreo, con la instrumentación propuesta en el anexo: **GAS1 GEM 5000 Sales Specification**, recomendado, salvo mejores consideraciones por parte del responsable de aprovechamiento del biogás del relleno sanitario.

FIGURA 198. **PERFORACIONES EN TUBERÍA DE CHIMENEA**



Fuente: Elaboración Propia, con el uso del modelo v1.1 para Ecuador

No se recomienda colocar quemador en las chimeneas, y aprovechar la producción de gas en la parte alta de la curva (ver curva de producción de biogás), colocando cabezales regulables. Son potestades del encargado del sistema de extracción. En esta etapa no se recomienda perforaciones para extraer el biogás, se requiere estudios especializados, como capacidad de bombeo en chimeneas y tomografías en toda la masa de residuos para definir donde y a que altura perforar.

2.4 BIOGÁS DE RESIDUOS ANTIGUOS C6-C7-C8

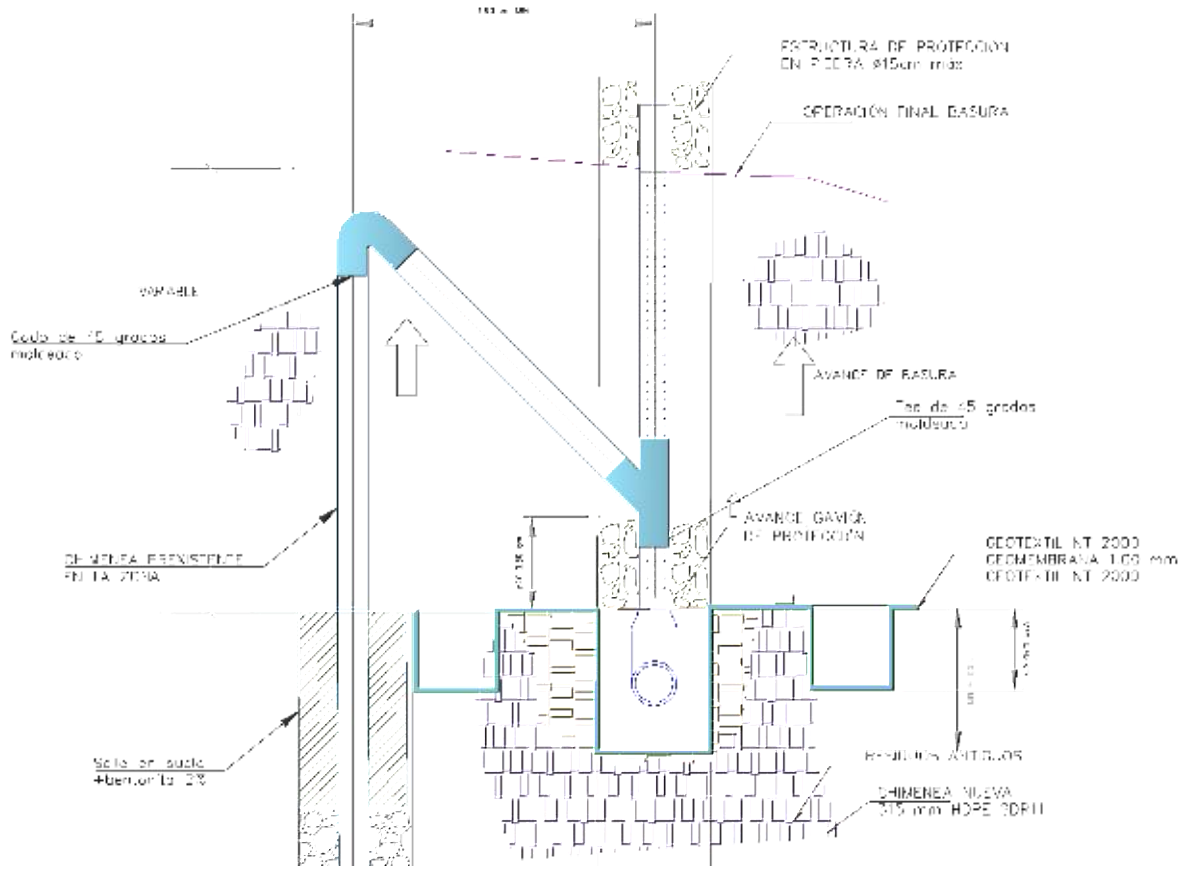
El biogás que generen los residuos antiguos colocados en los cubetos 6-7-8 y sus unificaciones, no está siendo captado en su totalidad, por las siguientes razones:

- No se ha realizado perforaciones localizadas acorde a un estudio para aprovechamiento de biogás -que es lo recomendado y usual, acompañado de pruebas de bombeo y de caracterización para el biogás-, únicamente se ha conectado el sistema a nivel superficial, a drenajes perimetrales y ventilaciones en el último nivel de residuos.
- Los drenes de fondo de los cubetos 6-7, se encuentran taponados; en vista que el nivel de la piscina 9 se encuentra muy por encima de la clave de las tuberías de salida, lo cual -con certeza-, sedimentó las tuberías aguas arriba y los taponó, no teniendo forma de evacuar los lixiviados.
- Al no tener un desfogue del lixiviado producido, este se ha acumulado en la masa de residuos, saturándola, lo cual impide una normal producción de biogás.

Estas razones (entre otras las principales), no permiten un normal desarrollo de producción de biogás, lo cual, sumado a una extracción deficitaria, satura aún más la masa y aumenta la presión de poro en ese sector.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, es prioritario, absolutamente, desarrollar un estudio completo en la masa de residuos, para establecer las zonas y puntos específicos a perforar, para extraer gas y lixiviado. El tipo, y número de estudios de esta consultoría, son insuficientes para formular un plan de perforaciones para deslixiviación y desgasificación, aclarando que estos planes se encuentran fuera de los alcances y entregables; sin embargo, se anticipa, son absolutamente imprescindibles, previo colocar residuos, para controlar la presión de poro de la masa.

FIGURA 199. **SISTEMA DE CONEXIÓN CHIMENEAS ANTIGUAS CON CHIMENEAS NUEVAS**



Fuente: Elaboración Propia

Como principal objetivo se debe establecer el impedir que los lixiviados bajen al sistema de drenaje de fondo que se asume taponado (por los motivos expuestos anteriormente); por ello, se ha propuesto el sistema indicado sobre estas líneas que permitirá la salida del biogás de la zona baja, y los lixiviados serán recolectados por el nuevo sistema que drenará hacia el tanque de almacenamiento de lixiviados tipo cisterna, en hormigón armado, que se ha propuesto en la zona baja; todo esto permitirá seguir operando a gravedad.

Las conexiones, indicadas, deberán ser hacia el dren principal de preferencia, y en caso de este encontrarse lejano se podrá realizar la conexión hacia un dren secundario.

Los drenes horizontales o pozos horizontales, se recomienda no colocarlos al cierre únicamente (sino en las plataformas), para impedir saturación de la masa. Para evitar esto, se debe avanzar a la etapa final, y, colocar la cobertura de cierre. En los ramales finales de los pozos horizontales, la tubería, no se implantarán sobre el fondo de la zanja del dren francés, para permitir que los lixiviados no vayan directamente sobre la tubería, sino sobre la geomembrana que se coloca.

La configuración y distribución de los pozos horizontales, es la misma que la configuración de fondo. Considerando una sección mínima de 0.50x0.50 m, y una pendiente de 1.0% mínima.

3 ESTUDIOS DE DRENAJE Y MANEJO DE LIXIVIADO

3.1 PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO

En el cálculo de la generación de lixiviado se ha tenido en cuenta varias consideraciones, en vista a la delicada situación actual de la masa de residuos sobre los que se asentará el futuro cubeto 11, así:

1) El estado del sistema de drenaje de fondo de los cubetos sobre los que se asienta el futuro cubeto 11 (al menos la mayor parte), es incierta por completo. Se consideran taponados -los drenajes-, en vista que la cota de salida a piscina 9, se encuentra sumergida. Esta realidad, provocaría la sedimentación de todas las líneas de lixiviados aguas arriba.
2) Perdidos los sistemas de drenaje de fondo, la alternativa única, que aplica técnicamente, es el perforar pozos, para extracción de gas y lixiviado. La perforación de pozos, está, sin embargo, supeditada a un conocimiento profundo de las características de los residuos sólidos; este conocimiento de la masa de residuos es obtenido de estudios, completos y minuciosos. Este tipo de estudios, son los que tienen que ser ejecutados de manera inmediata y oportuna en los residuos (tomografías, instalación de piezómetros, calicatas, perforaciones, entre otras); sin un conocimiento profundo y detallado de las características actuales de los residuos, no se podrá perforar para extracción de gas y lixiviado, consecuentemente no se podrá mejorar las condiciones actuales de saturación y sobresaturación de la masa, y, por ende, no se podrán colocar nuevas plataformas de residuos sólidos.
   Es necesario recalcar, que en las condiciones actuales de presión de poro y saturación de la masa (resultado de múltiples factores en la operación, el tratamiento de gas y tratamiento de lixiviado), el proyecto se encuentra en un franco riesgo de inestabilidad y deslizamiento en un volumen importante; desde luego, en esta realidad, de condiciones inestables y parámetros fuera los recomendados para este tipo de proyectos, no se podrá elevar nuevas plataformas.
   El proyecto actual, marca las pautas, condiciones y elementos a implementar (mejoras en el manejo y obras a construir), que no son excluyentes, sino complementarios. Es decir, el dique puede soportar la masa de residuos, siempre y cuando, si y solo si, previamente o paralelamente se disminuya la presión de poro a parámetros aceptables recomendados, calculados e indicados en todo este documento.
3) El cálculo de producción de gas y lixiviado, no contempla, en ningún caso, condiciones subestándar o anómalas de operación; No se contemplan de ninguna manera y bajo ningún justificativo, procesos de recirculación en la masa (máxime aun considerando el estado de saturación crítico actual de la masa de residuos), no se recomiendan aspersiones en la zona de operación, hidrataciones o reinyecciones directas en la masa.
4) Tampoco se contemplan más de tres (3) días al mes, de celdas sin cobertura parcial; Esto es, que, en condiciones extraordinarias, la celda podría tener parcialidad en su cobertura, siempre realizando el respectivo reporte de este particular al supervisor de campo.
5) Los drenes de fondo, se encuentran taponados, esta consideración de base, regirá las recomendaciones de obras y procedimientos a implementar de aquí en adelante, pues, de no hacerlo, se estaría propiciando un corrimiento de masas localizadas, deslizamiento, inestabilidad de talud y bermas; todas las mencionadas en conjunto o de forma simple.
6) Transcurrida las fecha de cese de operaciones, el sitio será cubierto con un espesor de material de cobertura de 60 cm mínimo (capa de cobertura de precierre), en espera que se coloque las capas de cobertura de cierre definitivo, lo cual sucederá luego que se den los asentamientos previstos, esto con la finalidad de aprovechar al máximo el espacio disponible, y, evitar la pérdida de obras ejecutadas prematuramente.

Realizadas las aclaraciones importantes del caso, se pasará a indicar la producción de lixiviado nuevo, producido por los residuos sólidos colocados, así:

TABLA 163. ***PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE LIXIVIADO***

RESIDUOS SÓLIDOS	MES	LIXIVIADOS	LIXIVIADOS + PERCOL
TON / mes		m³ / mes	m³ / mes
66,198	1 de noviembre de 2022	161.67	161.67
68,405	1 de diciembre de 2022	328.73	328.73
70,039	1 de enero de 2023	499.77	499.77
63,261	1 de febrero de 2023	654.27	654.27
70,039	1 de marzo de 2023	825.32	825.32
67,780	1 de abril de 2023	990.85	990.85
70,039	1 de mayo de 2023	1,161.90	1,161.90
67,780	1 de junio de 2023	1,327.43	1,327.43
70,039	1 de julio de 2023	1,498.48	1,498.48
70,039	1 de agosto de 2023	1,669.52	1,669.52
67,780	1 de septiembre de 2023	1,835.06	1,835.06
70,039	1 de octubre de 2023	2,006.10	2,006.10
67,780	1 de noviembre de 2023	2,500.70	2,500.70
70,039	1 de diciembre de 2023	3,011.79	3,011.79
71,717	1 de enero de 2024	3,535.09	3,535.09
64,777	1 de febrero de 2024	4,007.76	4,007.76
71,717	1 de marzo de 2024	4,531.06	4,531.06
69,404	1 de abril de 2024	5,037.49	5,037.49
71,717	1 de mayo de 2024	5,560.79	5,560.79
69,404	1 de junio de 2024	6,067.22	6,067.22
71,717	1 de julio de 2024	6,590.52	6,590.52
71,717	1 de agosto de 2024	7,113.83	7,113.83
69,404	1 de septiembre de 2024	7,620.25	7,620.25
71,717	1 de octubre de 2024	8,143.56	8,143.56
69,404	1 de noviembre de 2024	8,382.69	8,382.69
-	1 de diciembre de 2024	8,454.64	8,454.64
-	1 de enero de 2025	8,528.34	8,528.34
-	1 de febrero de 2025	8,594.91	8,594.91

-	1 de marzo de 2025	8,668.60	8,668.60
-	1 de abril de 2025	8,739.92	8,739.92
-	1 de mayo de 2025	8,813.62	8,813.62
-	1 de junio de 2025	8,884.94	8,884.94
-	1 de julio de 2025	8,958.64	8,958.64
-	1 de agosto de 2025	9,032.34	9,032.34
-	1 de septiembre de 2025	9,103.66	9,103.66
-	1 de octubre de 2025	9,177.36	9,177.36
-	1 de noviembre de 2025	9,126.97	9,126.97
-	1 de diciembre de 2025	8,718.41	8,718.41
-	1 de enero de 2026	8,300.06	8,300.06
-	1 de febrero de 2026	7,922.20	7,922.20
-	1 de marzo de 2026	7,503.86	7,503.86
-	1 de abril de 2026	7,099.00	7,099.00
-	1 de mayo de 2026	6,680.66	6,680.66
-	1 de junio de 2026	6,275.81	6,275.81
-	1 de julio de 2026	5,857.46	5,857.46
-	1 de agosto de 2026	5,439.12	5,439.12
-	1 de septiembre de 2026	5,034.27	5,034.27
-	1 de octubre de 2026	4,615.92	4,615.92
-	1 de noviembre de 2026	4,155.66	4,155.66
-	1 de diciembre de 2026	3,969.63	3,969.63
-	1 de enero de 2027	3,779.15	3,779.15
-	1 de febrero de 2027	3,607.11	3,607.11
-	1 de marzo de 2027	3,416.63	3,416.63
-	1 de abril de 2027	3,232.29	3,232.29
-	1 de mayo de 2027	3,041.81	3,041.81
-	1 de junio de 2027	2,857.48	2,857.48
-	1 de julio de 2027	2,667.00	2,667.00
-	1 de agosto de 2027	2,476.52	2,476.52
-	1 de septiembre de 2027	2,292.18	2,292.18
-	1 de octubre de 2027	2,101.70	2,101.70
-	1 de noviembre de 2027	1,876.43	1,876.43

-	1 de diciembre de 2027	1,775.51	1,775.51
-	1 de enero de 2028	1,672.17	1,672.17
-	1 de febrero de 2028	1,578.83	1,578.83
-	1 de marzo de 2028	1,475.48	1,475.48
-	1 de abril de 2028	1,375.48	1,375.48
-	1 de mayo de 2028	1,272.14	1,272.14
-	1 de junio de 2028	1,172.13	1,172.13
-	1 de julio de 2028	1,068.79	1,068.79
-	1 de agosto de 2028	965.44	965.44
-	1 de septiembre de 2028	865.44	865.44
-	1 de octubre de 2028	762.10	762.10
-	1 de noviembre de 2028	662.09	662.09
-	1 de diciembre de 2028	618.78	618.78
-	1 de enero de 2029	574.43	574.43
-	1 de febrero de 2029	534.38	534.38
-	1 de marzo de 2029	490.03	490.03
-	1 de abril de 2029	447.12	447.12
-	1 de mayo de 2029	402.77	402.77
-	1 de junio de 2029	359.86	359.86
-	1 de julio de 2029	315.51	315.51
-	1 de agosto de 2029	271.17	271.17
-	1 de septiembre de 2029	228.25	228.25
-	1 de octubre de 2029	183.91	183.91
-	1 de noviembre de 2029	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2029	140.99	140.99
-	1 de enero de 2030	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2030	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2030	140.99	140.99
-	1 de abril de 2030	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2030	140.99	140.99
-	1 de junio de 2030	140.99	140.99
-	1 de julio de 2030	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2030	140.99	140.99

-	1 de septiembre de 2030	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2030	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2030	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2030	140.99	140.99
-	1 de enero de 2031	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2031	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2031	140.99	140.99
-	1 de abril de 2031	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2031	140.99	140.99
-	1 de junio de 2031	140.99	140.99
-	1 de julio de 2031	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2031	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2031	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2031	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2031	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2031	140.99	140.99
-	1 de enero de 2032	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2032	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2032	140.99	140.99
-	1 de abril de 2032	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2032	140.99	140.99
-	1 de junio de 2032	140.99	140.99
-	1 de julio de 2032	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2032	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2032	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2032	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2032	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2032	140.99	140.99
-	1 de enero de 2033	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2033	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2033	140.99	140.99
-	1 de abril de 2033	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2033	140.99	140.99

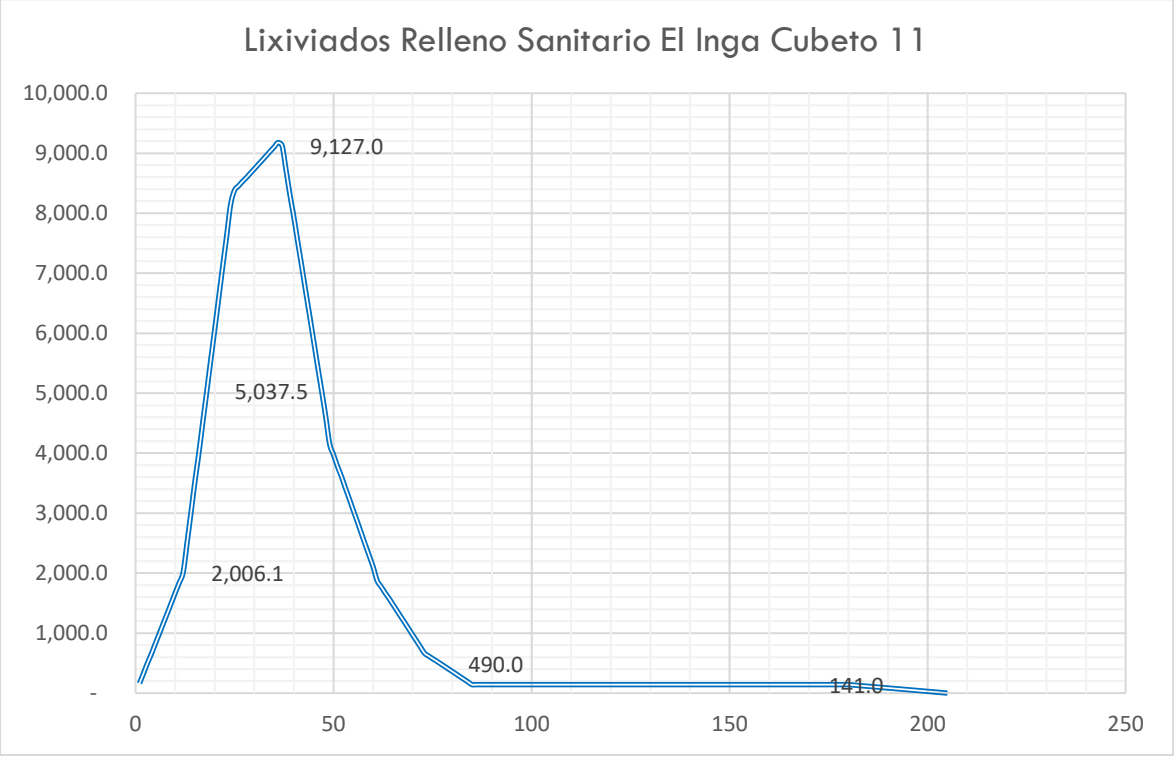
-	1 de junio de 2033	140.99	140.99
-	1 de julio de 2033	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2033	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2033	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2033	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2033	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2033	140.99	140.99
-	1 de enero de 2034	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2034	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2034	140.99	140.99
-	1 de abril de 2034	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2034	140.99	140.99
-	1 de junio de 2034	140.99	140.99
-	1 de julio de 2034	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2034	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2034	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2034	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2034	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2034	140.99	140.99
-	1 de enero de 2035	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2035	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2035	140.99	140.99
-	1 de abril de 2035	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2035	140.99	140.99
-	1 de junio de 2035	140.99	140.99
-	1 de julio de 2035	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2035	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2035	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2035	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2035	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2035	140.99	140.99
-	1 de enero de 2036	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2036	140.99	140.99

-	1 de marzo de 2036	140.99	140.99
-	1 de abril de 2036	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2036	140.99	140.99
-	1 de junio de 2036	140.99	140.99
-	1 de julio de 2036	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2036	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2036	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2036	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2036	140.99	140.99
-	1 de diciembre de 2036	140.99	140.99
-	1 de enero de 2037	140.99	140.99
-	1 de febrero de 2037	140.99	140.99
-	1 de marzo de 2037	140.99	140.99
-	1 de abril de 2037	140.99	140.99
-	1 de mayo de 2037	140.99	140.99
-	1 de junio de 2037	140.99	140.99
-	1 de julio de 2037	140.99	140.99
-	1 de agosto de 2037	140.99	140.99
-	1 de septiembre de 2037	140.99	140.99
-	1 de octubre de 2037	140.99	140.99
-	1 de noviembre de 2037	135.60	135.60
-	1 de diciembre de 2037	130.03	130.03
-	1 de enero de 2038	124.33	124.33
-	1 de febrero de 2038	119.18	119.18
-	1 de marzo de 2038	113.48	113.48
-	1 de abril de 2038	107.96	107.96
-	1 de mayo de 2038	102.26	102.26
-	1 de junio de 2038	96.74	96.74
-	1 de julio de 2038	91.04	91.04
-	1 de agosto de 2038	85.34	85.34
-	1 de septiembre de 2038	79.82	79.82
-	1 de octubre de 2038	74.12	74.12
-	1 de noviembre de 2038	68.60	68.60

-	1 de diciembre de 2038	62.90	62.90
-	1 de enero de 2039	57.06	57.06
-	1 de febrero de 2039	51.79	51.79
-	1 de marzo de 2039	45.95	45.95
-	1 de abril de 2039	40.30	40.30
-	1 de mayo de 2039	34.46	34.46
-	1 de junio de 2039	28.81	28.81
-	1 de julio de 2039	22.98	22.98
-	1 de agosto de 2039	17.14	17.14
-	1 de septiembre de 2039	11.49	11.49
-	1 de octubre de 2039	5.65	5.65
-	1 de noviembre de 2039	0.00	0.00
-	1 de diciembre de 2039		0.00

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 200. **PROYECCION DE GENERACIÓN DE LIXIVIADOS**



Fuente: Elaboración Propia

3.2 SISTEMA MANEJO

El drenaje de lixiviados se realiza por medio de un sistema con las siguientes características básicas:

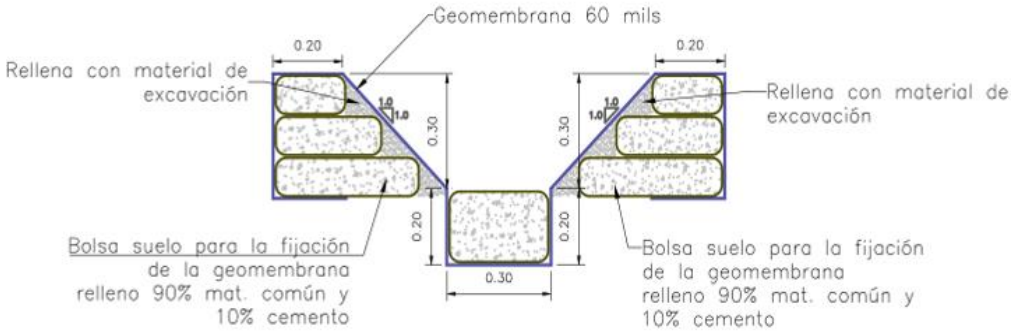
- El sistema será en ramales principales y secundarios, en tubería HDPE (high density polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad), SDR11.
- El sistema funcionará a gravedad, direccionando la descarga hacia el tanque de almacenamiento de lixiviados tipo cisterna, en hormigón armado, que se ubicará en la parte noreste del sitio.
- Las pendientes del sistema varían en función de la pendiente de las bermas que se conformen en residuos, pero en ningún caso será inferior a 2%, ni mayor del 10%.
- Aún cuando los ramales forman parte integral de toda la propuesta, su implementación no puede ser ejecutada de manera global; necesariamente se debe construir en fases. Se requiere la colocación de residuos previamente, para ir colocando los diferentes ramales. La vía de acceso a zona de cisterna, igualmente, se ejecutará primero, y los ramales de drenaje de lixiviados se irán construyendo posteriormente, conforme se alcance la cota con la disposición de residuos.
- Se contempla ramales de lixiviados que se colocarán en cada nivel o plataforma conformada. Este requerimiento obedece a la realidad de saturación de masa, sobre la cual se asentarán los residuos nuevos.
- Los ramales principales tendrán una sección de 1.00 x 1.00 m y de 0.80 * 1.00 m en los ramales secundarios (recomendada) y 0.50x0.50 (mínimia). Como se indicó la tubería será de 315 mm y 250 mm en los principales y secundarios respectivamente, perforada en sus tercios medios, sin perforaciones adicionales en el fondo o en la clave del tubo (esta práctica está restringida, porque ocasionaría el ingreso de finos y provocaría una sedimentación temprana y pérdida de capacidad o taponamiento de la línea drenante), únicamente tercios medios.

3.3 ALMACENAMIENTO DE LIXIVIADO GENERADO

Los líquidos percolados serán direccionados a un tanque de almacenamiento de lixiviados tipo cisterna, en hormigón armado; este tanque se dimensiona y describe completamente en las secciones de Ingeniería Hidráulica y Estructural -favor referenciarse a las mismas-; sin embargo, es oportuno indicar que:

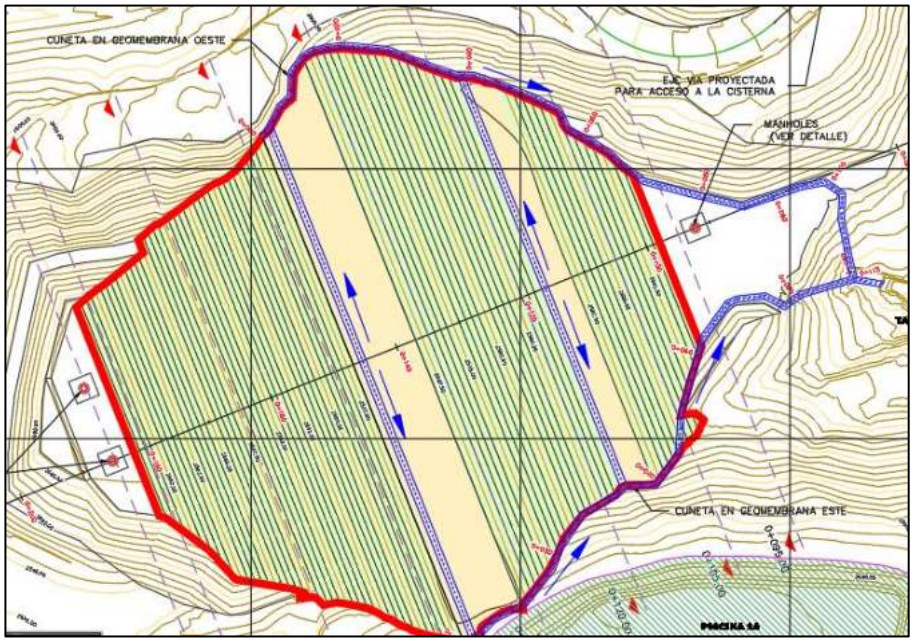
- El tanque de almacenamiento de lixiviados tipo cisterna, en hormigón armado, disminuirá gastos en tratamiento de lixiviados por ingreso de agua lluvia que cae directamente sobre el espejo de agua de una piscina.
- El tanque de almacenamiento, tiene un área expuesta menor que una piscina, por lo que el área, generará una fuente difusa de olores menor, reduciendo el impacto.
- El tanque, prevé dos cámaras para facilidad de mantenimiento; en una piscina llena, los mantenimientos han sido imposibles de realizar, aun cuando eran necesarios.
- El tanque de almacenamiento de lixiviados tipo cisterna, en hormigón armado, se ubica en un sitio, donde no desestabilizará el dique propuesto. Esta sola variación en la concepción, genera una mejora sustancial en la estabilidad y confiabilidad general del proyecto.

FIGURA 201. **DISEÑO DE CANAL DE AGUAS LLUVIAS**



Fuente: Elaboración Propia (las medidas variarán de acuerdo al terreno y sector).

FIGURA 202. **CANALES DE AGUAS LLUVIAS**



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.1 INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL DIQUE

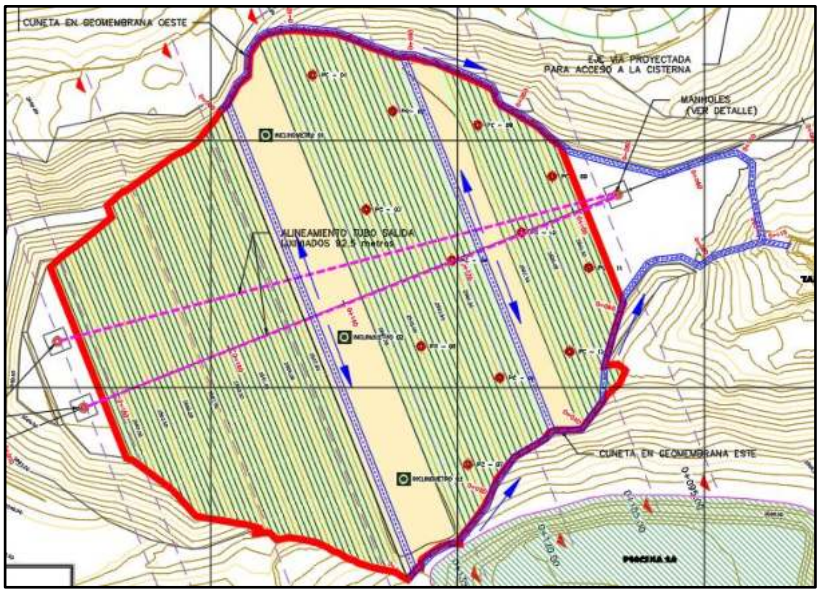
El monitoreo de las deformaciones que se dan en los taludes conformados para la contención del cubeto es de gran importancia, ya que dan a conocer el comportamiento de masa de residuos, los tipos de movimientos que presenta, asentamientos y la influencia de la presión o empuje ejercido por los residuos, todo lo anterior representa una alternativa para establecer la condición de seguridad.

La medición topográfica de estos puntos de control debe hacerse de manera frecuente, de esta manera podemos establecer con claridad las deformaciones y asentamientos presentados en el

Trasdós exterior del dique y así poder generar recomendaciones que ayuden a salvaguardar la estabilidad del dique determinando los riesgos geotécnicos.

De acuerdo con lo anterior se plantea en el dique los siguientes puntos de control (FIGURA 203 y TABLA 164):

FIGURA 203. **DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL DIQUE**



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 164. ***REFERENCIA DE PUNTOS DE CONTROL***

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
PC - 01	9967656,59	515589,36	2595,00
PC - 02	9967669,58	515595,22	2590,05
PC - 03	9967665,27	515611,12	2595,00
PC - 04	9967679,16	515619,39	2590,00
PC - 05	9967674,17	515633,28	2594,00
PC - 06	9967686,9	515638,37	2590,00
PC - 07	9967681,76	515652,41	2595,00
PC - 08	9967683,35	515597,45	2586,50
PC - 09	9967695,39	515605,76	2582,52
PC - 10	9967690,43	515614,85	2586,51
PC - 11	9967701,32	515620,53	2582,42

PC - 12	9967698,23	515634,13	2586,57

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.1.1 INCLINÓMETROS

En este proyecto se designa la intención de colocar inclinómetros que son instrumentos de medición de deformaciones generadas internamente con respecto a la superficie del terreno se contempla la instalación de dos (2) inclinómetros en la corona del dique, con el fin de monitorear las deformaciones que pueda presentar el mismo, para tomar un curso de acción anticipado de cualquier imprevisto que pueda ocurrir, siendo este instrumento vital en temas de deformaciones internas, la instalación de estos inclino metros cubre la profundidad total del dique, y traspasa el suelo de cimentación alrededor de 3 metros. Son instalados en el área que cubre el núcleo para permitir el paso por la capa de rajón que se encuentra por debajo de la estructura.

La ubicación establecida para los piezómetros es la siguiente:

TABLA 165. **UBICACIÓN DE INCLINÓMETROS EN DIQUE**

INCLINÓMETROS	**COORDENADAS**		**COTA (msnm)**	**PROFUNDIDAD (m)**
	ESTE(m)	**NORTE(m)**		
INC-01	515608.86	9967652.58	2598.0	26,00
INC-02	515646.10	9967667.58	2598.0	26,00
INC-03	515654.77	9967671.30	2598.0	26.00

Fuente: Elaboración Propia.

4 MODELACIÓN GEOTÉCNICA - ALTERNATIVA 2, SELECCIONADA

En este módulo se mostrarán los cálculos realizados para elaborar el análisis del soporte del suelo

4.1 CAPACIDAD PORTANTE

Se requiere el cálculo de la capacidad portante del suelo o capacidad de carga ultima, al nivel de la cimentación para conocer la relación entre esfuerzos admisibles y esfuerzos actuantes que serían las carga que genera el dique, los residuos y la cisterna. El cálculo de esta capacidad se hace a partir del método de plasticidad, que supone el terreno de apoyo como cimiento horizontal y de extensión lateral infinita.

4.1.1 METODOLOGÍA

Primero se verifica el tipo de cimentación que se tiene mediante la siguiente ecuación,

$$\frac{Df}{B} \leq 4 \, , \frac{Df}{b} \geq 4$$

$$\frac{5}{77{,}0m} = 0.065$$

Donde,
Df = Profundidad de desplante
B = Ancho de la cimentación

Según el resultado la clasificación del tipo de cimentación la define como cimentación superficial, con base a esto se tiene un procedimiento a seguir para hallar la capacidad portante o capacidad de carga ultima.

Para el cálculo de la capacidad portante o carga ultima se utiliza la ecuación general de Terazaghi(1948), para cimentaciones superficiales continuas.

$$Qultimo = c`Nc + \gamma DNq + 0.5\gamma BN\gamma$$

Donde,

c`= cohesión.
B = La base
ϒ = Peso específico del suelo
Nc, Nq, Nγ = factores de capacidad de carga

En el tiempo esta ecuación ha sido modificada mediante unos factores de corrección por la forma, la profundidad y debido a la inclinación de las cargas. El suelo de cimentación pertenece a un limo de alta plasticidad, se utilizarán los parámetros efectivos para el caso de este estrato.

$$Qultimo = c`Nc\lambda cs\lambda cd\lambda ci + \gamma DNq\lambda qs\lambda qd\lambda qi + 0.5\gamma BN\gamma\lambda\gamma s\lambda\gamma d\lambda\gamma i$$

Donde,
λcs, λqs, λϒs = Factores de forma.
λcd, λqd, λϒd = Factores de profundidad.
λci, λqi, λϒi = Factores de inclinación de la carga.

0000520

Los valores obtenidos de estos cálculos son los siguientes (TABLA 166),

TABLA 166. ***VALORES DE FACTORES DE CORRECCIÓN***

calculo de capacidad portante por terzaghi								
SUELO DE CIMENTACION		FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		FACTORES DE FORMA		FACTORES DE PROFUNDIDAD		INCLINACION DE LA CARGA	
C`	0	Nc	17,79	λcs	1	λcd	1,02	λci	0,6
φ	29,7	Nq	29,43	λqs	2,01	λqd	1,01	λqi	0,6
γ	17,25	Ny	14,89	λγs	0,29	λγd	1,01	λγi	0,11
Z	2,5								
NF	100								

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

4.1.2 CARGAS APLICADAS

Se realizan los debidos cálculos de la capacidad de carga del suelo, y mediante la tabla de Factores de seguridad en la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-SE-GC- Geotecnia y Cimentaciones, para capacidad portante el valor a utilizar es de 3.0 para sumatoria de cargas muertas y vivas normales (Véase TABLA 168 y TABLA 169).

TABLA 167. ***CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACIÓN TIPO MUERTAS***

Calculo de Cargas Muertas				
ZONA	ALTURA	DENSIDAD	ESFUERZO	Kpa
DIQUE	22	1,55	34,1	334,18
RELLENO	22	1,1	24,2	237,16
AGUA	10	1	10	98

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 168. ***CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACIÓN TIPO VIVAS***

Calculo de Cargas Vivas				
ZONA	AREA	MASA	FUERZA	CARGA
VOLQUETA DOBLE TROQUE	0,21	42900	420420	200,2
RETROEXCAVADORA	2,27	22960,43	225012,21	49,56

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

TABLA 169. ***FACTORES DE SEGURIDAD PARA CAPACIDAD PORTANTE***

CONDICIÓN	F.S.I.M ADMISIBLE
Carga muerta + Carga viva normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Pseudo estático	1.5

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

TABLA 170. ***CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACION TIPO VIVAS***

Valor de carga ultima Terzaghi						
c`Ncm	ByNqC	0,5BNm	Qult	Qadm	Cargas V+M	Cumple
0	7318,73	540,29	7859,02	2619,67	919,1	OK

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

EL estrato que se tomara como soporte de las cargas de las estructuras cumple con los requisitos impartidos por la NEC, sin embargo, para dar más estabilidad a la estructura del dique, se decide implementar una capa de 0,5 metros de material gravoso (lastre) de alrededor de 5" a 8" de diámetro llamado lastre seleccionado con la intención de dar una estabilidad general al área entre el dique y el suelo de fundación, con el fin adicional de validar las consideraciones generales en los sectores donde fue imposible realizar sondeos o exploración y los cuales se verá el suelo una vez descapotado y retirado el lixiviados actual, por lo tanto, se recomienda validar las condiciones del suelos de cimentación y si estas varían demasiado con las aquí estipuladas comunicarse con el geotecnista para validar alternativas.

4.2 ESTABILIDAD EXTERNA DEL DIQUE

Para el cálculo de la estabilidad externa del dique se utiliza la ecuación general de Rankine, para este cálculo se toma las presiones del suelo en condición activa que nos dice que existe una relajación en la masa que le permite moverse hacia afuera del espacio confinado, y está cuantificado de la siguiente manera:

$$Ka = \cos\alpha \frac{cos\alpha - \sqrt{cos^2\alpha - cos^2\phi}}{cos\alpha + \sqrt{cos^2\alpha - cos^2\phi}}$$

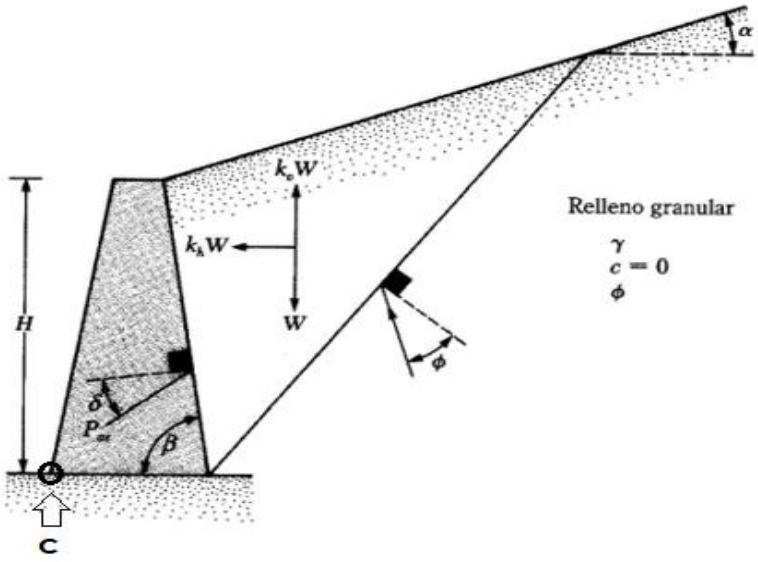
$$Pa = \frac{1}{2} Ka\gamma H$$

0000522

Donde,

Ka = Coeficiente de presión activa de la tierra.
∙: = Angulo del relleno con respecto a la horizontal.
Φ = Angulo de fricción del suelo.
Pa = Fuerza resultante.
H = Altura del muro.
ϒ = Peso unitario.

FIGURA 204. **REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS PRESIONES DE TIERRA**



Fuente: Principio de ingeniería de cimentaciones de Braja M Das Pag.358

Los parámetros para utilizar en el cálculo son de los residuos, el dique, y el suelo de cimentación (Véase en la figura correspondiente), de esta ecuación se realizan las respectivas revisiones por momentos resistentes y momentos actuantes.

TABLA 171. ***PARÁMETROS UTILIZADOS***

PARAMETROS			
PROPIEDADES	**RESIDUOS**	**DIQUE**	**SUELOS DE FUNDACION**
ϕ =	30	38	30
γ(Kn/m3) =	11	15	17,3
α =	18		
C(Kpa) =	0	8	0
B(m)=		89,8	
H(m)=		20	

Fuente: Elaboración Propia, datos de campo.

4.2.1 POR VOLCAMIENTO

El factor de seguridad para el caso de la condición de volcamiento en el dique tiene en cuenta la sumatoria de momento de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto l punto C sobre el momento de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto al punto C, que siguen la siguiente ecuación:

$$F.Svolteo = \frac{£Mr}{£Mo}$$

$$F.Svolteo = \frac{995128.77}{5507.08} = 180.7$$

Para el valor exigido en la NEC-SE-GS – Geotecnia y cimentaciones, para condición pseudo estática es de 2.0, por lo tanto, el factor de seguridad en condición de volcamiento cumple.

4.2.2 POR DESLIZAMIENTOS

Para el cálculo del factor de seguridad por deslizamiento se utilizan las sumatorias de las fuerzas horizontales resistentes sobre las fuerzas horizontales de empuje de la siguiente forma:

$$F.Svolteo = \frac{£Fr}{£Fd} = \frac{\Sigma Fvtan(k1\phi 1) + Bk2\phi 2)}{Pacos\alpha}$$

$$F.Svolteo = \frac{6849.9744}{826.06} = 8.29$$

Según la NEC-SE-GS-Geotecnia y Cimentaciones el factor de seguridad para la condición de deslizamiento es 1.05, por lo tanto, el factor de seguridad cumple con el requerimiento.

4.3 ASENTAMIENTOS

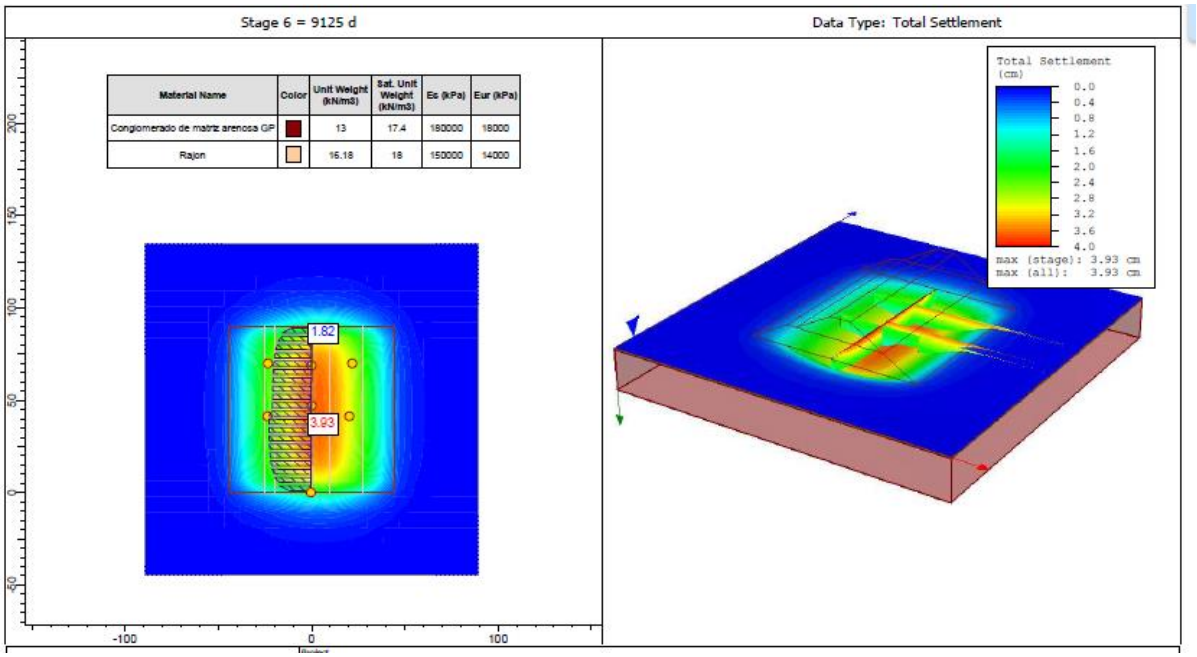
Para el cálculo de los asentamientos en el área de estudio se utilizaron los valores de deformación a partir de las correlaciones mediante el ensayo SPT (standard Penetration Test), se utiliza la herramienta Settle 3D, para realizar el modelamiento de estos asentamientos totales.

4.3.1 ASENTAMIENTOS CALCULADOS EN TERRENO NATURAL

Para los asentamientos totales generados en el subsuelo por el dique para contención del cubeto 11, se utiliza la herramienta Settle3D de la casa Rocscience el cual utiliza la metodología de Boussinesq para evaluar la zona de influencia de la carga además de definir el valor de la deformación por etapas según la configuración y los parámetros geomecánicos de resistencia y deformación de estos, permitiendo el uso infinito de capas según la estratigrafía de la zona.

Ya que el conglomerado es un material granular, se manejan los asentamientos de tipo inmediato, se utiliza un parámetro generado por el programa basado en antecedentes para suelos granulares con gravas y bloques (FIGURA 205).

FIGURA 205. **ASENTAMIENTOS TOTALES EN DIQUE 25 AÑOS**



Fuente: Elaboración Propia, datos de campo.

Para los asentamientos calculados en la cimentación del dique se realiza en varias etapas divididas en tiempo siendo las más importantes los asentamientos generados el primer mes lo que indican que se podrían generar asentamientos inmediatos asociados al terreno de cimentación y los de 25 años, estos últimos por motivo de las consideraciones a tener en cuenta por la NEC-SE-GS-Geotecnia y Cimentación, que nos indica que para 25 años los asentamientos generados no deben superar los 3,93 centímetros de profundidad en estructuras aisladas, cumpliendo este criterio adicionalmente con la base en lastre se genera una interfaz rígida que evita esos asientos llegaran a darse los realizaría de manera pareja en el conjunto de la estructura.

Los asentamientos aquí estimados son prácticamente inmediatos, teniendo en cuenta que el material plástico es retirado y mejorado por el material de lastre o rajón (Triturado de cantera).

4.4 ESTABILIDAD DEL DIQUE

Para la estabilidad del dique se evalúan varias condiciones, en primer lugar, la condición de la adecuación realizada en el sitio los taludes excavados en el área del dique (este estado se evalúa en condición de construcción), se evalúan los diques antiguos de los cubetos 6 y 7, para conocer su condición actual sobre todo de manera pseudoestática, en segundo lugar, se realiza la modelación del dique solo, para conocer su condición, con la intención de cumplir con los criterios dados en la NEC. Todo esto bajo los datos obtenidos en la parametrización y siguiendo los factores de seguridad para la modelación en condición estática y pseudoestática y bajo el criterio de perfil critico (Véase TABLA 172).

TABLA 172. ***FACTORES DE SEGURIDAD PARA ANÁLISIS DE TALUDES***

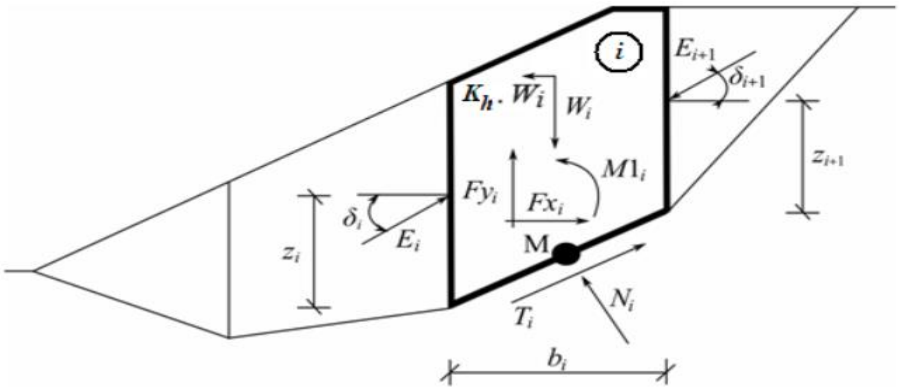
CONDICIÓN	**FSCORTE MÍNIMO**	
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
Carga muerta + Carga viva Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta + Carga Viva Nominal + Sismo de Diseño Pseudo estático	1.1	1.00
Taludes-Condición estática y agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes-Condición pseudo estática con agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1.00

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

4.4.1 METODOLOGÍA DE MODELACIÓN DE ESTABILIDAD

Para la modelación de estas condiciones presentadas anteriormente se utilizará el software Slide6.0, de la casa Rocscience, y se utilizará el método GLE/Morgenstern-Price, para cálculo general de superficie de fallas circulares en cortes realizados en la base del equilibrio limite. Los perfiles para la modelación se realizan utilizando las superficies generadas mediante topografía de la zona en el programa CivilCAD 3D de la casa Autodesk, los cuales son exportados a Slide, ya definidas las superficies y los estratos del subsuelo, mediante los resultados de las tomografías definimos las profundidades de los cubetos, para realizar una mejor modelación de las condiciones que tendrá el terreno.

FIGURA 206. **REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL MÉTODO MORGENSTERN – PRICE.**



Fuente: Método Morgenstern – Price.

0000526

4.4.2 MODELACIÓN EN CONDICIONES ESTÁTICA Y PSEUDOESTÁTICAS

Con las condiciones propuestas se generan una lista de perfiles, que son parte fundamental del estudio para evaluar todas las condiciones críticas que se nos pueden presentar en las etapas de adecuación, cimentación, estructura del dique y estructura del llenado.

TABLA 173. ***FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO***

NOMBRE DEL PERFIL	CONDICIÓN DE MODELACIÓN	FS MIN EN CONDICIÓN ESTÁTICA	CUMPLE/NO CUMPLE	FSMIN EN CONDICIÓN PSEUDOESTÁTICA	CUMPLE/NO CUMPLE
Condición actual del cubeto 6	Diseño	1.689	Cumple	0.863	No Cumple
Condición actual del cubeto 7	Diseño	1.824	Cumple	1.053	Cumple
Condición de las adecuaciones para el dique	Construcción				
Condición del dique conformado.	Diseño.	2.296	Cumple	1.303	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN

Para el diseño del dique se genera una berma en el área exterior de 5m de ancho y al nivel de la mitad del dique, con el fin de generar mayor estabilidad a nivel general de la estructura.

Para este diseño se utiliza un coeficiente de RU con un valor de 0.01, para el dique nuevo y el dique de contención del cubeto siete (7). Para el cubeto seis (6), debido a las condiciones que se presentaban en la perforación realizada en este dique, se utiliza un coeficiente de RU de 0.1.

4.5 ESTABILIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL

Teniendo ya una estabilidad inicial de los diques y la zona en general del estudio se realiza el análisis de estabilidad con el llenado del cubeto 11, mediante un diseño de la posible geometría que llevara el llenado relación de taludes, bermas y altura entre bermas, para proceder a realizar el proceso de estabilidad con la estructura completamente añadida al modelo.

4.5.1 CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DEL ÁREA DE LLENADO TOTAL

Ya teniendo los parámetros a utilizar en los RSU nuevos y viejos se genera la modelación, la cual permitirá decidir mediante las tablas de Factores de seguridad dadas por la NEC si cumple o no cumple, con el fin de realizar cambios en el modelo que permitan alcanzar los valores de FS, manejando los perfiles críticos en cada uno de los cubetos 6, 7 y 8, con el llenado nuevo (Véase TABLA 174).

TABLA 174. ***FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO***

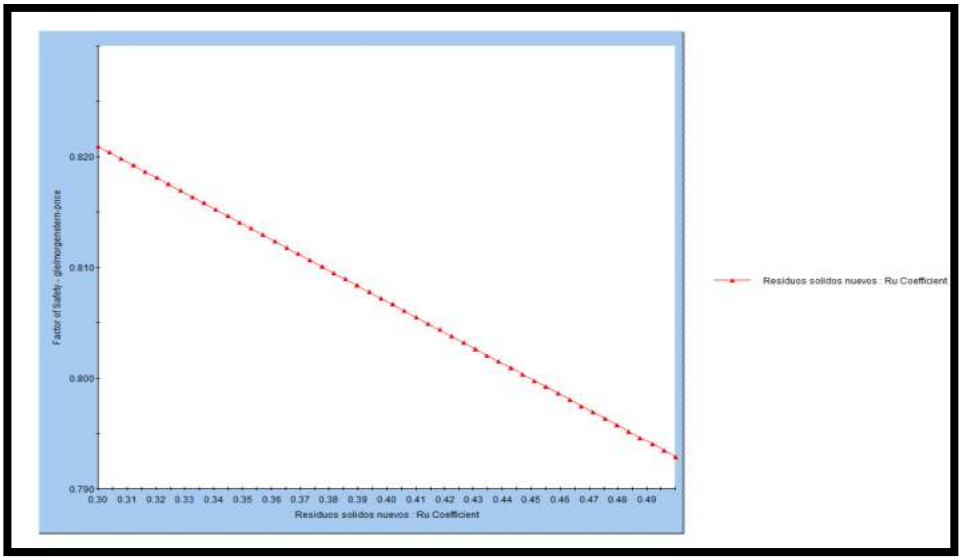
NOMBRE DEL PERFIL	CONDICIÓN DE MODELACIÓN	FS MIN EN CONDICIÓN ESTÁTICA	CUMPLE/NO CUMPLE	FSMIN EN CONDICIÓN PSEUDOESTATICA	CUMPLE/NO CUMPLE
Perfil critico cubeto 6 con llenado	Diseño	1.513	Cumple	0.884	No cumple
Perfil critico cubeto 7 con llenado	Diseño	1.508	Cumple	0.798	No cumple
Perfil critico cubeto 8 con llenado y eje central del dique.	Diseño	1.936	Cumple	0.941	No cumple

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

4.5.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA VARIABLE RU

Debido a que en condiciones actuales los perfiles críticos del llenado del cubeto no cumplen bajo condición pseudoestática (aplicando el sismo de diseño), se realiza un análisis de sensibilidad, que mediante procesos iterativos, se evalúan los parámetros de los materiales utilizados para hallar un valor que nos permita cumplir con el factor de seguridad para la estabilidad dinámica que es de 1.05, en este caso se estará analizando la variable coeficiente de RU, ya que esta variable se puede controlar con un proceso de regulación mediante algunas obras y controles con obras especiales en los cubetos, se realizara para los residuos sólidos urbanos, tanto nuevos como antiguos, el perfil a estudiar será el cubeto 6 con llenado ya que es uno de los perfiles más críticos.

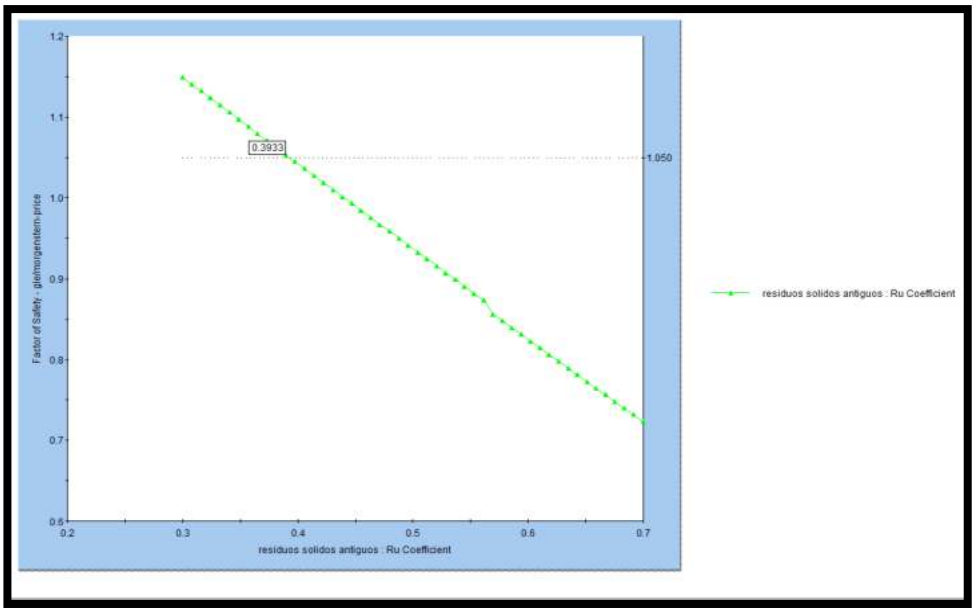
FIGURA 207. **PRIMER ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN COEFICIENTE RU DE LOS RSU.**



Fuente: Elaboración propia, Software Slide6.0

Para el primer análisis que nos calcula el programa Slide6.0 nos sugiere bajar el RU de los residuos sólidos nuevos de un RU de 0.4 a un RU de 0.3, con el fin de elevar el factor de seguridad. Se procede a realizar el siguiente análisis de sensibilidad.

FIGURA 208. **SEGUNDO ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN COEFICIENTE RU DE LOS RSU.**



Fuente: Elaboración propia, Software Slide6.0

Mediante un segundo análisis para los residuos sólidos urbanos antiguos, los resultados calculados nos permiten determinar los valores a utilizar para los RSU tanto nuevos como antiguos, se realiza la modelación y nos arroja un valor de coeficiente **RU 0.35**.

Como punto inicial los residuos sólidos antiguos deben alcanzar un valor del coeficiente RU de 0.35, esto como actividad preliminar y primaria para comenzar con las labores de llenado del cubeto 11, dada esta condición en los residuos sólidos urbanos antiguos, en el caso de los RSU nuevos se debe manejar un coeficiente RU de 0.30, estos valores se deben mantener antes y después del proceso de llenado del cubeto mediante procedimientos de control, utilizando la instrumentación geotécnica y extracción forzada, obras que ayude a disminuir las presiones como trincheras, colectores, chimeneas perforadas, extensión de nuevas chimeneas, filtros intermedios en las etapas de lleno de la optimización del vaso, todo lo anterior se debe aplicar de manera preliminar.

4.5.3 ESTABILIDAD DEFINITIVA

Utilizando los valores de RU obtenido mediante el análisis de sensibilidad en los residuos sólidos urbanos antiguos y nuevos se obtienen los siguientes resultados para los factores de seguridad en cada condición.

TABLA 175. ***FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE DISMINUCIÓN DE PRESIÓN PRELIMINARES***

NOMBRE DEL PERFIL	CONDICIÓN DE MODELACIÓN	FS MIN EN CONDICIÓN ESTÁTICA	CUMPLE/NO CUMPLE	FSMIN EN CONDICIÓN PSEUDOESTATICA	CUMPLE/NO CUMPLE
Perfil critico cubeto 6 + llenado	Diseño	2.1	Cumple	1.053	Cumple
Perfil critico cubeto 7 + llenado	Diseño	1.876	Cumple	1.077	Cumple
Perfil critico cubeto 8 + llenado y eje central del dique.	Diseño	2.277	Cumple	1.109	Cumple
Perfil cubeto 6 actual	Diseño	1.689	Cumple	1.062	Cumple
Perfil cubeto 7 actual	Diseño	1.815	Cumple	1.086	Cumple

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

5 OBRAS PRELIMINARES

El trabajo preliminar es un conjunto de operaciones que se realizan antes de la ejecución de las obras estructurales. El trabajo preliminar de la estructura debe incluir todas las actividades relacionadas con adecuación, construcción y montaje en estas se destacan las siguientes: Adecuación de vías y canales de aguas lluvias, retiro de capa de cobertura, montaje de plataforma, trincheras y colectores, perforación de chimeneas y piezómetros vibrantes.

5.1 DISEÑO DE CISTERNA

Para el diseño de la cisterna se localizó la cota que permita conducir todas estas captaciones de lixiviados a la cisterna, teniendo en cuenta las pendientes mínimas y máximas que deben llevar estos tubos de lixiviados.

Con base en los anterior, la cota 2589 m.s.n.m, la tratamos como el nivel de arranque para las excavaciones, teniendo en cuenta las dimensiones de esta cisterna de 8,0 m en profundidad, 26.5 m de ancho y 43.5 m de largo, se iniciaran excavaciones en el lado izquierdo de la piscina, cerca de la perforación #3, para desarrollar la buena adecuación de esta se plantea el siguiente diseño geométrico, 30,0 m de altura y 40,0 m de ancho aproximadamente, de tal manera que realicemos un corte en talud como soporte del área y se utilizaran 2 bermas para obtener mayor estabilidad.

5.1.1 ADECUACIÓN DE VÍAS, CISTERNAS Y DIQUE

La adecuación de las vías es parte fundamental de las obras preliminares, puesto que permiten el acceso a los frentes de trabajo en el relleno. Con base en lo anterior se proyectará el acceso con dirección al dique, esta parte desde la entrada principal del relleno en sentido N-S con proyección de 625.05 m de longitud -de acuerdo al tramo- y 6.25 m de ancho -varía de acuerdo al tramo-, además en este mismo tramo proyectado a los 325 m hacia el NW, se arranca la adecuación de la segunda vía que permitirá el acceso a la Cisterna; esta se proyecta con una longitud de 704.23 m y 6.50 m de ancho, es válido mencionar que ambas contaran con una pendiente no mayor al 16%. La maquinaria requerida para adecuar es retroexcavadora, niveladora y volquetas.

5.1.2 CANALES DE AGUA LLUVIA, CISTERNAS Y DIQUE

Se realizarán cunetas al costado de las vías de acceso a las cisternas y estructuras de contención, con el objetivo de canalizar las escorrentías superficiales de tal manera que no caigan en las áreas donde se desarrollarán labores de excavación para adecuación. Teniendo en cuenta un escenario caótico en donde no se canalicen, se formará una piscina de esos flujos y entorpecerá la operación, obviamente habrá retrasos en los tiempos de ejecución.

Desde el punto de vista geométrico las cunetas, se proyectaron con la misma dirección de las vías al área del predio con ancho de 50 centimetros, así mismo posee la misma pendiente de la vía, es decir no mayor a un 16%.

5.1.3 CIMENTACIÓN DE CISTERNA

El suelo en que se cimentará la cisterna, según la perforación #3, la más cercana en el área, nos arroja mediante sus resultados la presencia de un horizonte compuestos por Limo de alta plasticidad y resistencia según el ensayo SPT, suprayaciendo al horizonte de conglomerado con matriz arenosa, por lo tanto, se estableció que este material cuenta con la capacidad portante necesaria avalado desde los cálculos realizados por los estudios de suelos.

5.1.4 ESTABILIDAD DEL TALUD DE LA CISTERNA

Para la estabilidad del talud en la cisterna se modela bajo el concepto del análisis de sensibilidad, utilizando un RU de 0.4 para RSU antiguos, sin embargo, cumple las condiciones anteriores.

TABLA 176. ***FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO***

NOMBRE DEL PERFIL	**Condición de modelación**	**FS min en condición estática**	**Cumple/No Cumple**	**FSmin en condición pseudoestática**	**Cumple/No Cumple**
Estabilidad de talud para cisterna	Diseño	1.658	Cumple	1.057	Cumple
Estabilidad de cortes para cisterna. (Lado del talud)	Construcción	1.432	Cumple	0.91	No cumple
Estabilidad de cortes para cisterna. (Lado exterior)	Construcción	1.97	Cumple	1.5	Cumple

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

En el corte realizado de lado del talud el factor de seguridad no alcanza a cumplir con los valores recomendados por la NEC, por consiguiente, se hace necesario el uso de herramientas de soporte adicionales que ayuden a sostener la estabilidad de ese talud en periodo de construcción y cumplir con los factores de seguridad, además se recomienda la rápida ejecución de las obras con el fin de evitar el riesgo que un movimiento telúrico pueda generar una desestabilización en el área de trabajo.

5.1.5 EXCAVACIONES CISTERNA Y ESTRUCTURAS

Para modo de que las tuberías puedan correr a favor de la pendiente para realizar la descarga en la cisterna, se procederá despejar un volumen de 41.653 m3 conforme se realiza una secuencia de excavación en 57 puntos, en sentido S-N empezando de arriba hacia abajo empleando taludes con pendientes V:1/H:0.9. En cambio para las estructura de contención, se realiza la excavación para alcanzar la cota de fondo de la piscina que localiza en donde se proyecta la construcción de la estructura, de acuerdo a los sondeos geotécnicos a 2 metros por debajo del fondo, se localiza un material alterado por este motivo se realiza la remoción de todo el espesor del material para alcanzar el horizonte del materiales competentes, en todo este proceso mencionado se evacuaran 35.397,99 m3 y una secuencia de excavación con profundidades de 1-13 m con dirección S-N escalonada con taludes de pendientes que oscilan V:1/H:1.1 y V:0.9/H:1.

5.2 VACIADO DE PISCINAS

Se recomienda empezar a realizar la evacuación de los lixiviados acumulados en la piscina C61 (Cajas de revisión), C62, (cisterna y cajas existentes), 9 y 9A (piscinas existentes), pues esta es la ruta crítica para la construcción de todas las obras propuestas, para facilitar el montaje de la estructura de contención y proceder a realizar el llenado del Cubeto proyectado. Estos elementos de almacenamiento y reserva de lixiviados, son semipermanentes actualmente, por existir un déficit en el sistema de tratamiento. No obstante, cualquier proyecto de ampliación, parte, necesariamente, por un vaciado de las piscinas actuales -tratamiento del lixiviado almacenado-. La optimización del sistema de tratamiento, descarga y similares, no forman parte de los entregables de esta consultoría.

Referente a la piscina 9A, se tiene previsto eliminarla por razones varias como: La piscina se encuentra en un costado del dique propuesto, constituyendo un riesgo a su estabilidad, y afectando la misma, por paredes debilitadas de la mencionada piscina. Por otro lado, esta es una zona de control de escorrentía y drenaje contemplado en el diseño, es decir por esta zona se desviará las aguas lluvias, sin necesidad de afectar el pie del dique.

5.3 RETIRO DE COBERTURA Y DESCAPOTE

Es absolutamente necesario para continuar con el llenado del cubeto, retirar este recubrimiento sobre los residuos actualmente ya depositados asegurando un volumen adicional, al tiempo que optimiza la estructura y genera una mejor adherencia de los residuos antiguos con los nuevos, mientras que disminuye las posibilidades de falla geotécnica asociado al cambio de superficies en los materiales. Para esta actividad se proyecta retiro y apilamiento con Bulldozer de 20-50 cm de espesor del material, luego procede la excavadora para recoger el material y cargarlo en la volqueta para acopiarlo en el patio de acopio, este será seleccionado por criterio del director del proyecto.

5.4 CONFORMAR PLATAFORMA

Esta actividad hace referencia a una reconformación de los materiales de relleno que permita la instalación de los filtros, para que estos queden con una pendiente y pueda favorecer el drenado de lixiviado, con el fin de evitar una columna de lixiviados entre residuos nuevos y residuos viejos, este efecto es evitado en la mayoría de los rellenos. En general se realizará con los residuos antiguos, y, de requerirse se ocupará residuos nuevos para esta reconformación.

5.5 SISTEMA DE DRENAJE DE LIXIVIADOS

El sistema de drenaje de lixiviados se proyecta con los filtros tipo francés, en una red de drenaje compuesta por ramales principales y secundarios, descargando hacia dos puntos.

Un primer punto de descarga será una línea principal que conduzca los lixiviados al tanque de almacenamiento tipo cisterna, y una segunda línea que conducirá los lixiviados generados en la parte baja hacia un filtro principal o del tipo pantalla, que se ubica en el trasdós del dique a construir.

Los lixiviados llegarán finalmente al tanque de almacenamiento tipo cisterna, desde donde serán bombeados hacia la piscina 20 y de esta a la piscina unificada; con un sistema que se puede apreciar a detalle en el componente hidráulico, eléctrico y estructural.

Los lixiviados que se generen en el cubeto 6, por motivo de residuos antiguos depositados, y , al no tener certeza del estado del sistema de drenaje de fondo, se recomienda extraerlos por bombeo, realizando primeramente un estudio, para evaluar los sitios posibles para perforar y extraer el lixiviado.

5.6 FILTROS PRELIMINARES

Para optimizar con seguridad en el cubeto, se recomienda hacer algunos prefiltros en la superficie del cubeto actual al estilo espina-pescado antes de iniciar operación, con el fin de crear un sistema de drenaje de lixiviado independiente entre el llenado actual y la capa de optimización, el punto es asegurar un drenaje eficiente, una buena circulación eficaz de lixiviados de la masa de residuos de optimización evitando así salidas de lixiviados y su saturación en taludes y bermas evitando posibles inestabilidades del cubeto

Cuando se construyan los filtros perimetrales sobre cada berma y a medida que avanza el diseño de llenado, se deben conectar los filtros entre cada fase de operación, este empalme se realizará por medio un filtro construido sobre el talud y parte de la berma, a este se le llama trinchera en dren francés, esta acción evitando el empozamiento de lixiviados y aumento de la presión de poros.

5.7 INSTALACIÓN Y REALCE CHIMENEAS ANTIGUAS

Se recomienda hacer un realce de cada chimenea a medida que se lleva la operación en el vaso y garantizar la evacuación de biogás cada una en un radio de 30,0 m aproximadamente. El detalle se muestra en los planos finales de diseño, de manera gráfica para una mejor comprensión. Las chimeneas antiguas cuyo drenaje se encuentre comprometido o taponado, se conectarán al sistema principal propuesto, para que continúe el drenaje de gas y evitar en lo posible el ingreso de lixiviado al fondo.

5.8 ZANJAS DRENANTES

El manejo de líquido percolado es uno de los mayores problemas que presentan un relleno sanitario. En algunos casos, a pesar de contar con los canales perimetrales para interceptar y desviar las aguas de escorrentía, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen de lixiviados.

Por lo tanto, es de suma importancia construir un sistema de drenaje en el terreno actual que servirá de base para la nueva capa de optimización, en lo posible este sistema debe evitar retener la escorrentía en el interior del relleno, evitando dar un mayor tiempo de infiltración. Por lo anterior se recomienda construir también estos drenajes en las bases de los taludes internos y externos de las terrazas o todos los niveles que conforman el cubeto, esto con el fin de contener su escurrimiento por las superficies de los taludes y bermas inferiores y además interconectarlos o con el drenaje vertical de gases.

5.9 MONTAJE DE ZANJAS Y COLECTORES

Para el montaje de las trincheras y colectores se aplicará el método geométrico de diseño en estilo espina-pescado, se realizará, con el objetivo de abarcar la mayor área de tal manera que los lixiviados presentes en esta área, puedan drenarse hacia la cisterna y la piscina 20.

5.10 PERFORACIÓN DE CHIMENEAS

En rellenos sanitarios, la evacuación o control del Biogás producido se realiza por el montaje de chimeneas, su uso principal es el monitoreo y control de los gases contaminantes que se generan, sin dejar de lado la evacuación de lixiviados, para esto se plantea desarrollar perforación con equipo tipo Hammer teniendo en cuentas las siguientes dimensiones; diámetro interno de perforación 90 cm y la

tubería será de 10 pulgadas espaciadas entre ellas cada 40 metros, a estas chimeneas se recomienda realizar un bombeo de extracción forzada, aclarando que las chimeneas actuales no es viable la instalación de las bombas debido al grado de inclinación que actualmente presentan. Esta recomendación parte sin embargo, de un estudio profundo para conocer la ubicación de bolsas de lixiviado y biogás, instalando la instrumentación recomendada y a profundidad la masa de residuos

5.11 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE BIOGÁS

Un relleno sanitario es una instalación para el manejo de residuos sólidos urbanos o municipales, nunca, una reserva temporal de lixiviado o un sistema alternativo de tratamiento de lixiviado; en este almacenamiento de los RSU se generan elementos secundarios como el Biogás, por reacciones anaeróbicas, un gas con un alto valor energético, su composición química se divide en metano (CH4) con alrededor de 40-70% y dióxido de carbono (CO2), también contiene otros gases como Hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y sulfuro de hidrogeno.

Para comenzar con el diseño del sistema de drenaje de biogás, es necesario determinar el volumen de biogás producido. El biogás es el producto de procesos biológico en sistemas de drenaje de un relleno sanitario, este gas contiene dióxido de carbono y metano, así como otros gases, la importancia de este sistema de recuperación y evacuación de gases es: liberación adecuadamente del gas metano, una fuente contaminante y potencialmente peligrosa; ya que puede provocar un incendio o explosión, con base en esto una de las formas que se utiliza es hacer arder el gas por medio de quemadores y el producto que resulta de esta acción produce un tipo de gas que puede ser utilizado como fuente eléctrica así como combustible.

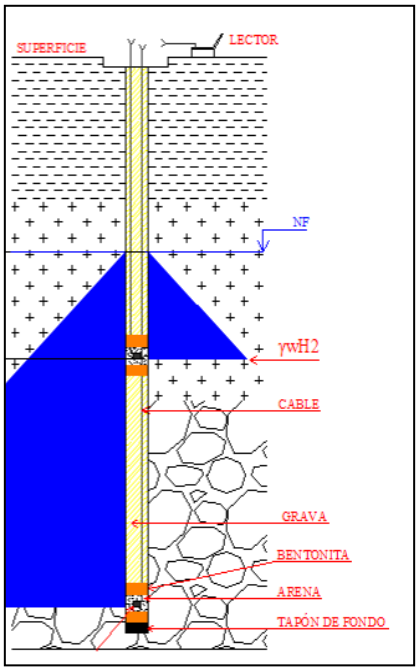
Para la captación de este biogás se utilizará una red de tuberías de polietileno HDPE-SDR11 con diámetros = 600mm -máximo- y 315mm -mínimo- mediante perforación con el fin de captar los puntos donde se puedan generar estos gases. Los detalle y especificaciones del tipo de tuberías y las rutas de estas, se encuentran en los planos finales de diseño.

6 INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEL VASO

6.1 PIEZÓMETRO DE HILO VIBRÁTIL

Se recomienda instalar piezómetros de hilo vibrátil; se tendrán en cuenta diámetro de perforación de 2,5 pulgadas para revestir en tubería de PVC de 1 pulgada, además es necesario considerar la profundidad como es el caso de la primera batería aquí se tendrá un alcance no menor de 12 metros de profundidad, en total se instalarán 9 piezómetros en estos, 6 son de batería. Para determinar el nivel de lixiviados en los cubetos actuales, se procederá a ejecutar un monitoreo de las presiones presentadas en el realce que se obtenga cuando se instale el cubeto de optimización, mediante varios puntos de baterías a diferentes profundidades, se podrán tomar mediciones en los diferentes horizontes que puede tener; este tipo de piezómetro propuesto, contiene un sensor de cuerda vibrante o vibrátil, embebido en una carcasa de acero con filtro en un extremo.

FIGURA 209. **ESQUEMA DE PIEZÓMETROS HILO VIBRÁTIL**



Fuente: Elaboración Propia

6.1.1 DISTRIBUCIÓN DE PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL

Se sugiere la construcción del diecinueve perforaciones para realizar la instalación de (19) piezómetros de hilo vibrátil, con el fin de determinar el nivel de lixiviados en el cubeto de optimización, de modo que se obtenga un monitoreo de las presiones, con varios puntos de baterías a diferentes profundidades, que permitan realizar mediciones en los diferentes horizontes que puede tener, este tipo de piezómetro contiene un sensor de cuerda vibrante embebido en una carcasa de acero con filtro en un extremo.

De estos diecinueve (19) piezómetros 12 trabajarán como baterías, distribuidos en toda el área del relleno del cubeto 11, para la colocación de estos piezómetros se tiene en cuenta las siguientes consideraciones, el primer punto portátil o batería del piezómetro debe estar a una distancia no menor a 12,0 metros de la superficie.

6.1.2 UBICACIÓN

TABLA 177. ***COORDENADAS PIEZOMETROS EN ÁREA DE CUBETOS 6 Y 7***

PIEZOMETROS	COORDENADAS		TIPO DE INSTALACIÓN	PROFUNDIDAD PRELIMINAR (m)
	Este(m)	Norte(m)		
Pz-01	515666.372	9967244.483	Sencilla	10.53
Pz-02	515819.552	9967214.426	Sencilla	22.89
PZ-03	515595.578	9967274.156	Sencilla	26.73
PZ-04	515761.131	9967349.200	Sencilla	45.68
PZ-05	515903.796	9967368.400	Sencilla	3.47
PZ-06	515826.302	9967449.598	Sencilla	7.82
PZ-07	515724.449	9967431.910	Sencilla	0
PZ-08	515629.237	9967451.619	Sencilla	0
PZ-09	515724.612	9967488.975	Sencilla	0
PZ-10	515819.952	9967505.118	Sencilla	7.91
PZ-11	515610.924	9967499.602	Sencilla	19.61
PZ-12	515684.019	9967529.236	Sencilla	14.28
PZ-13	515770.594	9967560.224	Sencilla	52.44
PZ-14	515613.264	9967555.854	Sencilla	0
PZ-15	515690.375	9967586.819	Sencilla	25
PZ-16	515707.002	9967621.951	Sencilla	32.36
PZ-17	515644.262	9967624.040	Sencilla	41.52
PZ-18	515903.802	9967449.601	Sencilla	55.43
PZ-19	515866.221	9967368.403	Sencilla	53.60

Fuente: NEC-SE-DS – Peligro Sísmico.

6.2 PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO NUEVOS

Los puntos de control topográfico sirven para monitorear los desplazamientos de manera superficial, que puedan tener algunos sectores de un predio, por lo general se utilizan por la facilidad de instalación ya que son datos que se pueden monitorear desde un punto específico, mediante el uso de un equipo topográfico, que va generando el detalle de los posibles movimientos que haya sufrido debido al suelo. En los puntos sugeridos más adelante, se colocarán hitos o mojones con clavo, los cuales serán monitoreados de manera permanente (diaria y semanal, de acuerdo a su relevancia y ubicación). Detectando de manera temprana cualquier tipo de movimiento o asentamiento inusual, en cuyo caso el director del proyecto tendrá elementos de juicio suficientes para detener la operación, sugerir nuevos sitios de disposición o, tomar medidas adicionales de control.

TABLA 178. ***COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL EN DIQUE Y CISTERNA***

NOMBRE DEL PERFIL	COORDENADAS		COTA (msnm)
	ESTE	**NORTE**	
PC-01	515589.36	9967656.59	2595.00
PC-02	515595.22	9967669.58	2590.05
PC-03	515611.12	9967665.27	2595.00
PC-04	515619.37	9967679.18	2590.07
PC-05	515633.28	9967674.17	2594.98
PC-06	515638.37	9967686.90	2590.01
PC-07	515652.41	9967681.76	2595.00
PC-08	515597.45	9967683.35	2586.27
PC-09	515605.76	9967695.39	2582.52
PC-10	515614.85	9967690.43	2586.51
PC-11	515620.53	9967701.32	2582.42
PC-12	515634.13	9967698.23	2586.57
PCC-01	515513.0	9967650.71	2610.50
PCC-02	515542.04	9967667.81	2599.78

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

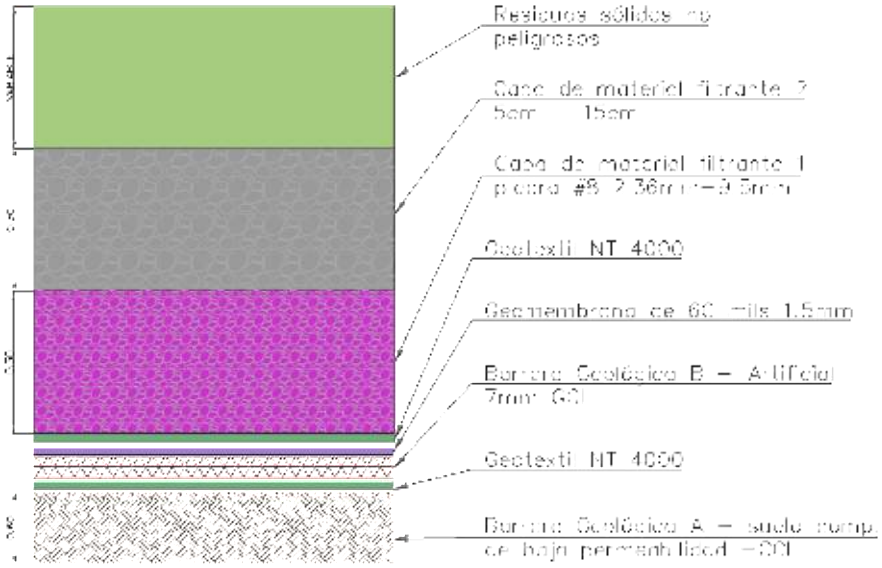
7 DISEÑOS SECUNDARIOS (CUBETO 11)

En los diseños secundarios se proponen un conjunto de operaciones adicionales, para lograr un sello de mayor seguridad con beneficio hacia la optimización del cubeto, con base en lo planteado anteriormente, se tratarán temas como lo son; impermeabilización, drenaje de lixiviados y biogás.

8 DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

El sistema de impermeabilización estará compuesto por una combinación de materiales, empezando por suelo del sitio (aprovechando la baja permeabilidad de la cangahua), compactado en capas y el uso de materiales sintéticos (geocompuestos impermeabilizantes, geomembrana y geotextil).

FIGURA 210. **SISTEMA DE CAPA DRENAJE DE PISO Y SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO**



Fuente: El Consultor

9 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

9.1 BARRERA GEOLÓGICA

Cuando las condiciones geológicas e hidrogeológicas de las inmediaciones, dotan al relleno sanitario de las características y capacidad suficientes, para impedir un riesgo potencial para el medio ambiente, se podría considerar no implementar una barrera geológica. En el caso del relleno sanitario El Inga, estas condiciones no se cumplen de manera natural, por lo que una barrera geológica artificial es necesaria; El objetivo principal de la barrera geológica es el proteger el suelo, las aguas superficiales y las subterráneas.

Con este enfoque, y, considerando que en el país no existe normativa para el espesor y permeabilidad del revestimiento o capa geológica, se considera lo recomendado en la bibliografía especializada[9] que nos indica que la barrera geológica no debe ser en ningún caso menor a 0.50 m, y preferentemente señala los siguientes valores:

TABLA 179. ***ESPESOR Y PERMEABILIDAD DEL REVESTIMIENTO GEOLÓGICO***

TIPO DE RESIDUO	PERMEABILIDAD (cm/s)	ESPESOR (m)
PELIGROSO	$1x10^{-9}$	>5m

[9] Vaquero, I., (2004). MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. U.D. Proyectos E.T.S.I. Minas – Universidad Politécnica de Madrid, España

NO PELIGROSO	$1x10^{-9}$	>1m
INERTE	$1x10^{-7}$	>1m

Fuente: MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El material recomendado es del tipo arcilloso, que ayude a reducir el movimiento de los elementos contaminantes al disminuir la conductividad hidráulica.

En el sector no existen canteras de arcilla cercanos, por lo que recomendar este material, resulta irreal para el proyecto. Usando el material del sitio, luego:

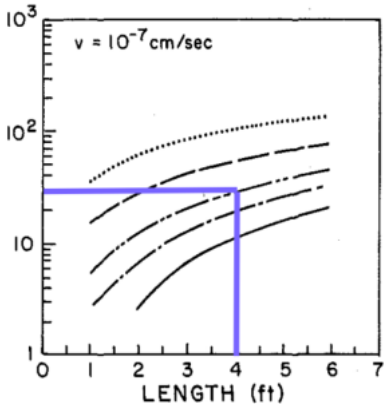
FIGURA 211. **ÁBACO DE DISEÑO BARRERA GEOLÓGICA (ACAR Y HAIDER)**

$$V_s = K\ x\ i$$

$$V_s = 1x10^{-7}x1 = 1x10^{-7}\ \frac{cm}{s}$$

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{C}{C_o} = 30\%$$

$$\frac{t}{R} = \frac{40}{1} \rightarrow t = 30\ años$$



Fuente: ASCE LIBRARY[10], Transport of Low-Concentration Contaminants in Saturated Earthen Barriers

Del dimensionamiento se establece que la barrera geológica tendría un espesor de 1.22 m (4 pies), en suelo arcilloso compactado; considerando la imposibilidad de obtener arcilla en el sector, pero, en la realidad que el suelo cangahua, presenta una permeabilidad muy baja cercana a 10^{-7}, se implementará un sistema combinado. Así:

- Suelo de baja permeabilidad compactado en capas de 20 cm, en un espesor de 60 cm, de acuerdo a lo sugerido por ASCE en Waste Containment Facilities[11].
- Geocompuesto impermeabilizante tipo GLC, permeabilidad de $1x10^{-7}$ a $1x10^{-9}$, equivalente a 1m de arcilla compactada, en sustitución de la arcilla como impermeabilizante, debido a su

[10] Yalcin B. Acar, and Laique Haider, (1990), TRANSPORT OF LOW-CONCENTRATION CONTAMINANTS IN SATURATED EARTHEN BARRIERS, ASCE, Baton Rouge, , United States of America.

[11] Daniel D. and Koerner R., (2007), WASTE CONTAINMENT FACILITIES, Guidance for Construction Quality Assurance and Construction Quality Control of Liner an Cover Systems, ASCE, Reston Virginia, United States of America.

mayor confiabilidad, permeabilidad controlada, facilidad de colocar en taludes y menor espesor de lámina.

9.2 GEOTEXTIL

El geotextil no tejido es el geosintético por excelencia, para proteger del punzonamiento a la geomembrana. En la configuración planteada, se considera geotextil bajo la geomembrana, pues se contará con el Geocompuesto impermeabilizante, el cual básicamente se compone de geotextil superior e inferior y bentonita sódica al medio; y se coloca geotextil sobre la geomembrana, para evitar el punzonamiento de esta al colocar la capa drenante o drenaje de piso.

Siguiendo la ecuación:

$$FS = \frac{Presión_{\,ADMISIBLE}}{Presión_{\,REQUERIDA}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad (en este caso contra el punzonamiento de la geomembrana).

$P_{ADMISIBLE}$ = Presión admisible usando diferentes tipos de geotextiles y condiciones específicas del lugar.

$P_{REQUERIDA}$ = Presión real debida al contenido del relleno o depósito superficial.

Considerando ASTM D5514, se tiene:

$$P_{ADM} = \left(450\frac{M}{H^2}\right)\left(\frac{1}{FM_s\ x\ FM_{DR}\ x\ FM_A}\right)\left(\frac{1}{FR_{FL}\ x\ FR_{DQB}}\right)$$

Condición:

$$P_{ADM} = 450\ x\ \frac{M}{H^2}\ \geq\ 50\ kPa$$

Los 50 kPa corresponden a la resistencia al punzonamiento de una geomembrana 1.5 mm o 60 mil, escogida por diseño y sin geotextil de protección.

$$P_{REQ} = h\ x\ \gamma$$

$$P_{REQ} = 30\ m\ x\ 12.56\ \frac{kN}{m^3}$$

$$P_{REQ} = 376.80\ kPa$$

$$Presión_{\,ADMISIBLE} = FS\ x\ Presión_{\,REQUERIDA}$$

$$Presión_{\,ADMISIBLE} = 3.00\ x\ 338.10$$

$$Presión_{\,ADMISIBLE} = 1130.40\ kPa$$

Deduciendo de la ecuación anterior:

$$M = \left(\frac{P_{ADM}\, xH^2\, (FM_s\, x\, FM_{DR}\, x\, FM_A)\, x\, (FR_{FL}\, x\, FR_{DQB})}{450}\right)$$

$$M = 146.36\, x\, FR_{FL}$$

Si $FR_{FL} = 2$ se tiene: $M = 235.12\ \frac{g}{m^2}$

Luego, al revisar el catálogo se tiene:

TABLA 180. ***GEOTEXTIL DISPONIBLE EN EL MERCADO.***

PESO NOMINAL (gr/m²)			**140**	**145**	**150**	**170**	**220**	**280**
NOMENGLATURA TRADICIONAL			NT 1600	NT 1600M	NT 1800	NT 2000	NT 3000	NT 4000
PROPIEDADES	**ASTM**	**U**						
MECÁNICAS								
Resistencia a la Tracción "Grab"	D-4632	N	440	505	525	650	840	1155
Elongación a la Tracción "Grab"	D-4632	%	>65	>65	>65	>65	>65	>70
Resistencia al Reventado "Mullen"	D-3786	kPa	1265	1625	1665	1960	2320	2685
Resistencia a la Perforación	D-4833	N	250	271	280	375	480	650
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	D-4533	N	210	240	250	290	335	450
HIDRÁULICAS								
Permeabilidad Normal	D-4491	cm/seg	0.5	0.5	0.45	0.45	0.45	0.4
Permisividad	D-4491	sec^{-1}	3.3	3.3	2.8	2.1	1.9	1.6
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	D-4751	mm	0.25	0.25	0.18	0.15	0.15	0.125
FÍSICAS								
Espesor Nominal	D-5199	mm	1.5	1.5	1.6	2.1	2.5	2.7
Resistencia a los Rayos Ultravioleta	D-4355	%@hrs	70/500	70/500	70/500	70/500	70/500	70/500
Ancho del Rollo		m	Desde 4.00 m……. hasta 6.00 m					
Largo del Rollo		m	200	200	200	150	150	120
Área		$_m2$	800	800	800	600	600	480

Fuente: Hoja Técnica de Geotextiles comerciales

Al sobrepasar las características del geotextil NT3000 por aproximadamente 15 g/cm2, se sugiere ir por la seguridad y usar el geotextil NT4000, que tiene características superiores a las requeridas.

9.3 GEOMEMBRANA

El sistema de impermeabilización contempla el uso de geomembrana, con una extremadamente baja permeabilidad, en el orden de $1x10^{-10}$ cm/s, por lo que filtraciones de lixiviados se tornan imposibles.

El uso de un geosintético como la geomembrana, a bajo costo, y con características de resistencia al ataque químico, hacen de la geomembrana el material preferido para impermeabilización de rellenos sanitarios y obras similares.

Partiendo de la ecuación:

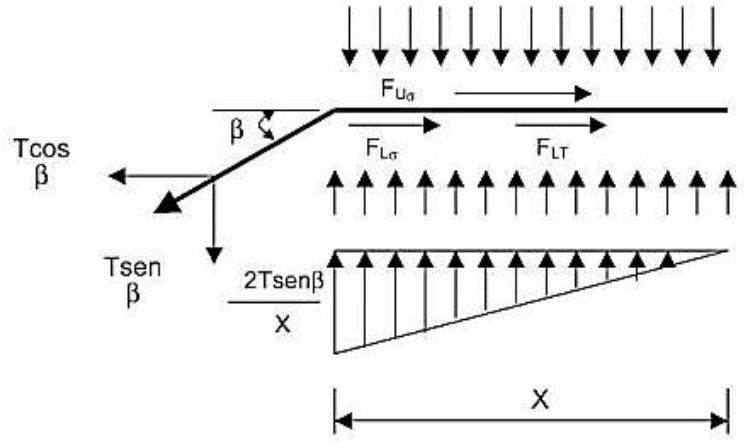
$$FS_g = \frac{Resistencia\ Admisible}{Resistencia\ Requerida} \rightarrow FS_g > 1$$

- Resistencia admisible: Resistencia última del ensayo de laboratorio que simula las condiciones reales del proyecto sobre los factores de reducción.
- Resistencia requerida: Valor obtenido del cálculo mediante una metodología de diseño que simula las condiciones reales del proyecto.

Para el cálculo del espesor se realiza un equilibrio límite teniendo en cuenta la posible deformación de la geomembrana.

$$t = \frac{\sigma_n\ x\ (\tan\delta_U + \tan\delta_L)}{\sigma_{adm}(cos\beta - sen\beta\ tan\delta_L)}$$

FIGURA 212. **FUERZAS ACTUANTES EN SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO**



Fuente: El Consultor en base a referencia 2

0000543

$$t = \frac{7.1681}{4831.4086} = 0.00148 \rightarrow 1.5\ mm$$

Adicionalmente se realiza un chequeo de la geomembrana por supervivencia, donde se relaciona propiedades mecánicas con uso e instalación. Agencias como la EPA (Environmental Protection Agency), requieren un espesor mínimo bajo cualquier circunstancia.

TABLA 181. ***VALORES RECOMENDADOS PARA SUPERVIVENCIA DE LA GEOMEMBRANA, ASOCIADA AL PROCESO DE INSTALACIÓN***

Propiedad física y método de laboratorio	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Muy Alto**
Espesor (D5199), mils (mm)	20 mils (0.50 mm)	30 mils (0.75 mm)	40 mils (1.0 mm)	60 mils (1.5 mm)
Resistencia de Fluencia (D6693), (N/mm)	46(8.0)	69 (12)	91 (16)	137(22)
Rasgado - Desgarre (D1 004), Lb (N)	15(67)	22.7 (101)	30.3 (135)	45.6 (187)
Punzonamiento (D4833), Lb (N)	36 (160)	60 (268)	80 (357)	120 (480)
Elongación de Ruptura (D6693) %	700	700	700	700

Fuente: Designing With Geosynthetics, 5ta. Edition. Robert Koerner-Adaptado a catálogo disponible

Bajo. Se refiere a una cuidadosa instalación a mano sobre un terreno bien gradado, con cargas leves de naturaleza estática.

Medio. Se refiere a instalación manual o con máquina sobre un terreno gradado con maquinaria, de una pobre textura, con cargas medianas.

Alto. Se refiere a una instalación manual o con máquina sobre un terreno gradado con máquina de una pobre textura con cargas altas.

Muy Alto. Se refiere a una instalación manual o con máquina sobre un terreno gradado con máquina, de una textura muy pobre, con cargas altas. Típicamente usados en reservorios y rellenos sanitarios

De acuerdo al diseño de espesor y los valores mínimos de supervivencia asociadas al proceso de instalación se escoge la geomembrana de 1.5 mm en HDPE lisa, como la opción técnica y económicamente factible.

9.4 DRENAJE DE PISO

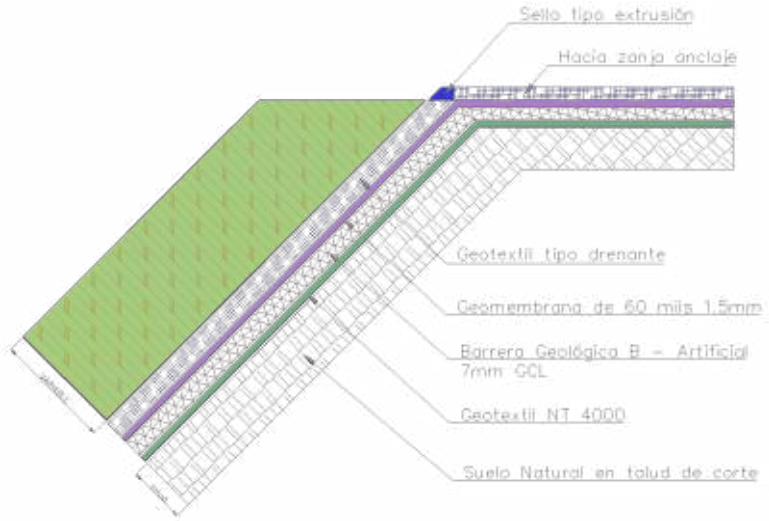
Consiste en un sistema complementario al sistema de impermeabilización, y cumple la función de facilitar el transporte de lixiviado y paralelamente proteger el sistema de impermeabilización. Al usarse directamente sobre el material geosintético, en específico el geotextil, se diseña un sistema de doble capa de drenaje de piso.

De acuerdo al Manual de Diseño y Construcción de Vertederos de residuos sólidos urbanos, se debe tener cuidado que siempre se tenga una capa de 30 cm mínimo sobre la geomembrana y bajo la maquinaria, para que la carga se distribuya y no destruya la geomembrana.

En vista de la necesidad de tener un drenaje en los taludes, y la imposibilidad de colocar grava, se contempla un geocompuesto del tipo drenante; con geotextil no tejido por ambos lados, geored al

medio, traslapado 1.5 m al pie del talud bajo la grava. En esta configuración se elimina geotextil bajo la grava, pues el geocompuesto drenante tiene geotextil no tejido, la configuración sería la siguiente:

FIGURA 213. **SISTEMA DE CAPA DRENAJE DE PISO Y SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO**



Fuente: El Consultor

En general el diseño se basa en la granulometría del material de filtro, respecto de la granulometría del suelo circundante (los residuos); al no tener una granulometría establecida de residuos sólidos, debido a su heterogeneidad y variabilidad de composición (época del año, festivos, vacaciones y escolaridad, realidad de pandemia, entre otros), se anticipa aplicar criterios técnicos basados en selección de material de filtro, de acuerdo a lo que nos recomienda la bibliografía especializada[12], así:

1. Para facilitar el flujo del agua hacia el tubo perforado

$$D_{15}^{F} \geq 5D_{15}^{S}$$

2. Para evitar la migración de partículas finas del material a proteger, hacia los huecos del material filtrante.

$$D_{15}^{F} \leq 5\ D_{85}^{S}$$

$$D_{50}^{F} \leq 25\ D_{50}^{S}$$

[12] Juárez B. y Rico R. (2012) FLUJO DE AGUA EN SUELOS, TOMO 3, MECÁNICA DE SUELOS, Limusa, México.

3. Para evitar la obstrucción de las perforaciones de la tubería y la fuga de los finos del material filtrante a su través

$$D_{85}^{F} \geq 1.5\, d$$

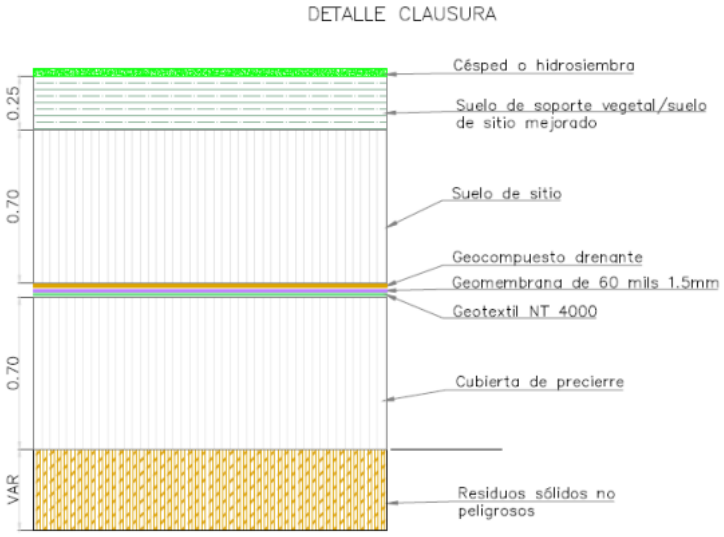
Donde d, representa el diámetro de las perforaciones practicadas en la tubería.

Los materiales seleccionados son piedra #8 o chispa, con tamaños de tamaños de 2.36 a 9.5 mm, para protección de geomembrana, permitiendo circular con maquinaria, acogiendo la recomendación del Manual de Diseño, esta será de 0.30 m de espesor, sobre la cual irá la capa de grava piedra coco, con un tamaño de 5 cm a 15 cm, con un espesor de 0.30 m, completando así el sistema de drenaje de fondo.

9.4.1 IMPERMEABILIZACIÓN DE CLAUSURA

Previo al almacenamiento de los residuos y contención de lixiviados, de acuerdo con el proyecto de optimización propuesto, se hace necesario sellar la parte superficial, para esto se estima una barrera de clausura partiendo de los rellenos solidos no peligrosos con espesor variable, se aplicara una cubierta precierre de 0.70 metros de suelo compuesto de baja permeabilidad, luego se instalará el Geotextil NT4000, superpuesto por Geomembrana de 60 mils HDPE, Geotextil de NT (no tejido) 4000 seguido de una capa de 0.70 metros de suelo de sitio. Para terminar, se procede con la aplicación de 1 capas de 0.25 metros compuesta por suelo de soporte vegetal/suelo de sitio mejorado y Césped o Hidrosiembra.

FIGURA 214. **DETALLE DE CLAUSURA**



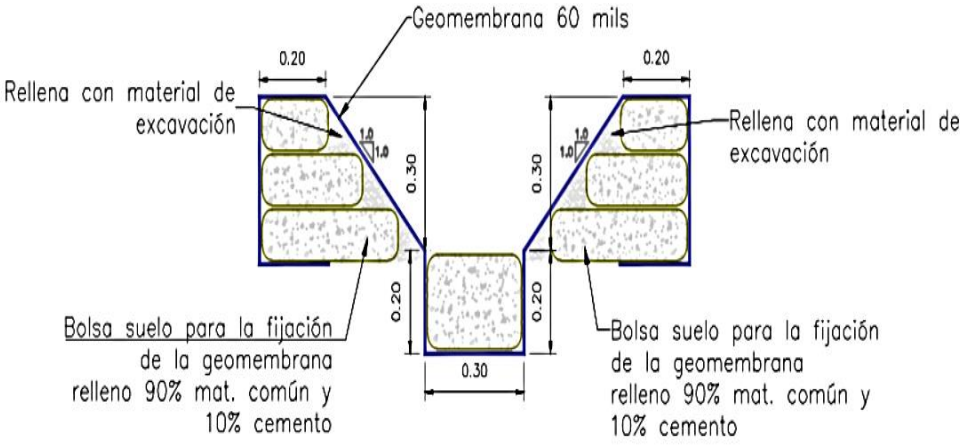
Fuente: Elaboración Propia

0000546

9.5 SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

En el domo final conformado, cada una de las bermas, se han diseñado considerando una pendiente hacia el pie del talud; esto impedirá que se produzca una escorrentía incontrolada y erosiva. En vista que los residuos sólidos sufrirán asentamientos de diferente magnitud, se prefiere materiales flexibles para formar cunetas sobre residuos, se ha escogido la geomembrana de 1.0 mm de espesor como un material viable. Las cunetas colectoras laterales serán en concreto, en sección, conforme lo indica la memoria de cálculo; y, de requerirse, para salvar diferencia de cota o salvar diferencias de nivel o por requerimientos de topografía, se usará bolsas de suelo para completar el perfilaje, en una sección similar a la indicada en la figura. En los costados del dique se dispondrá descargas escalonadas, perfiladas en suelo firme, en hormigón armado, con zampeado o enrocado al final de las mismas; se pueden apreciar en el plano ESTR 008.

FIGURA 215. **DISEÑO CUNETA PARA AGUAS LLUVIAS**



Fuente: Elaboración Propia (las medidas variarán de acuerdo al terreno y sector)

El diseño y dimensionamiento de cunetas, con sus correspondientes áreas aportantes, se encuentra en el archivo: *Apéndice 001 Control de Escorrentías*. Se acota que las áreas aferentes son las propias del proyecto, y no se consideran aportes fuera del área levantada contractualmente.

9.6 SECUENCIA DE LLENADO

Se proyecta un llenado hasta la cota 2663.17 msnm los cuales deberán realizarse de acuerdo con la proyección de diseño en 6 etapas de llenado se calcula una vida útil total de 1.36 años, este valor se puede reducir considerablemente si no se llevan a cabo las obras preliminares que ayudaran a salvaguardar la estabilidad general de la masa, el llenado se proyecta desde la cota de la corona del dique 2597.85 msnm generando una columna de residuos de 65 metros en diferencia de cota. La relación de taludes es de 3H:1V con altura de talud de 7 metros y bermas de 5 metros. Se recomienda un mínimo de 5 pasadas en capas de máximo 50 centímetros de espesor con el buldócer para alcanzar valores de compactación adecuadas cada 14 metros se deben corroborar parámetros de compactación, resistencia y saturación de los residuos, acompañados con trincheras drenantes que evitaran los excesos de presión de poros en los residuos más antiguos y el efecto Peck entre el contacto de los residuos nuevos y antiguos, al generarse una interfaz de lixiviados que inducen condiciones de falla por lo que se recomienda el retiro de la cobertura.

TABLA 182. ***VOLUMEN DE LLENADO OPTIMIZACIÓN EL INGA***

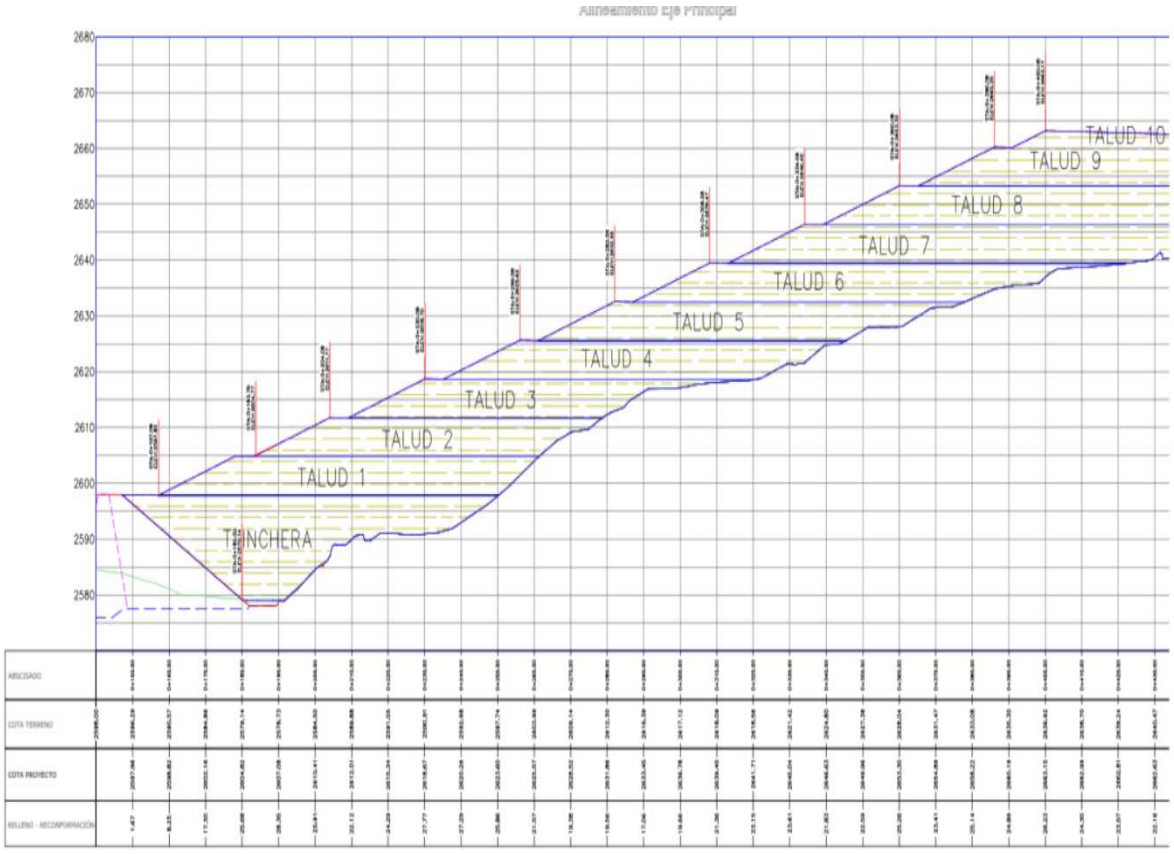
ID	m³	VIDA ÚTIL
VOLUMEN DE LLENO	1´682.043.68	1,75 años

Fuente: Elaboración Propia

9.6.1 SECUENCIA DE LLENADO

El proceso de llenado de los residuos se deberá realizar inicialmente desde la zona comprendida entre el muro de contención nuevo y un sector más elevado de los diques 6 y 7 a nivel de la cota 2597.85 msnm, el llenado se deberá hacer en 10 taludes, como se describe a continuación. (Ver FIGURA 216)

FIGURA 216. **FASES DE LLENADO**



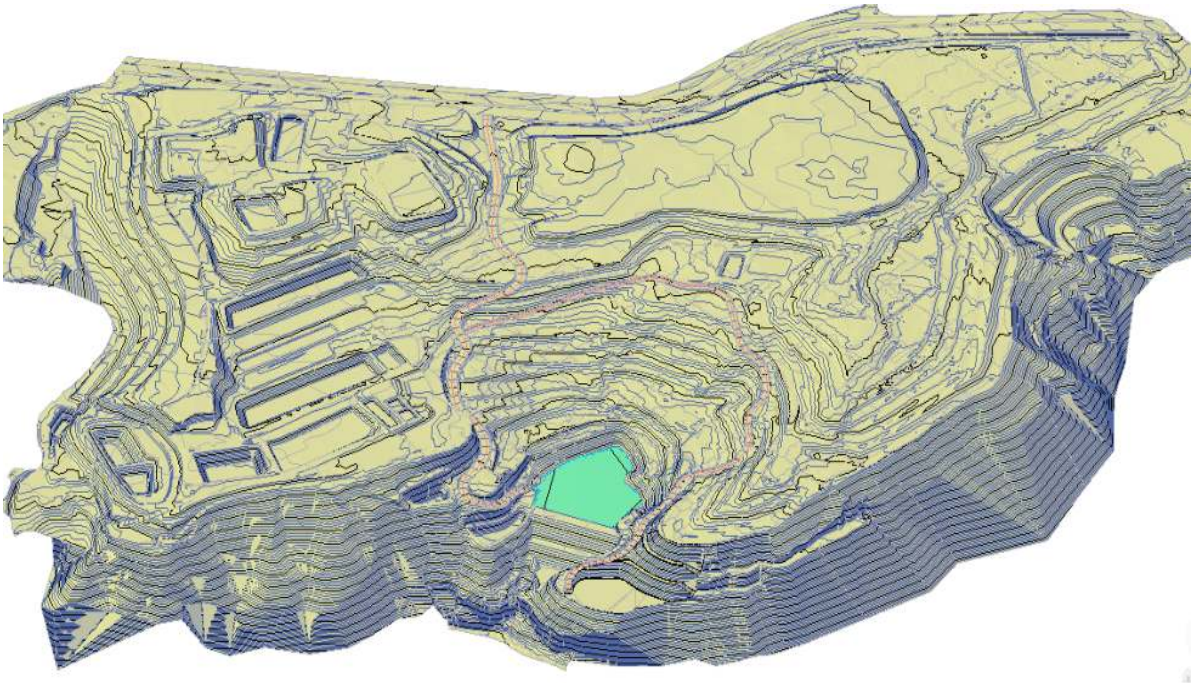
Fuente: Elaboración Propia.

0000548

9.6.1.1 TRINCHERA

Se propone iniciar el llenado desde la trinchera en la cota 2579.14 hasta la cota 2597,85 msnm y una altura de llenado de 18.71 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 54.017,85 m^3. Esta etapa del llenado es la más importantes ya que la compactación deberá alcanzar en su mayor nivel teniendo en cuenta el sector también tendrá los mayores empujes del relleno, así como ayudar a drenar de manera correcta el cubeto.

FIGURA 217. **FASE DE LLENADO TRINCHERA**



Fuente: Elaboración Propia

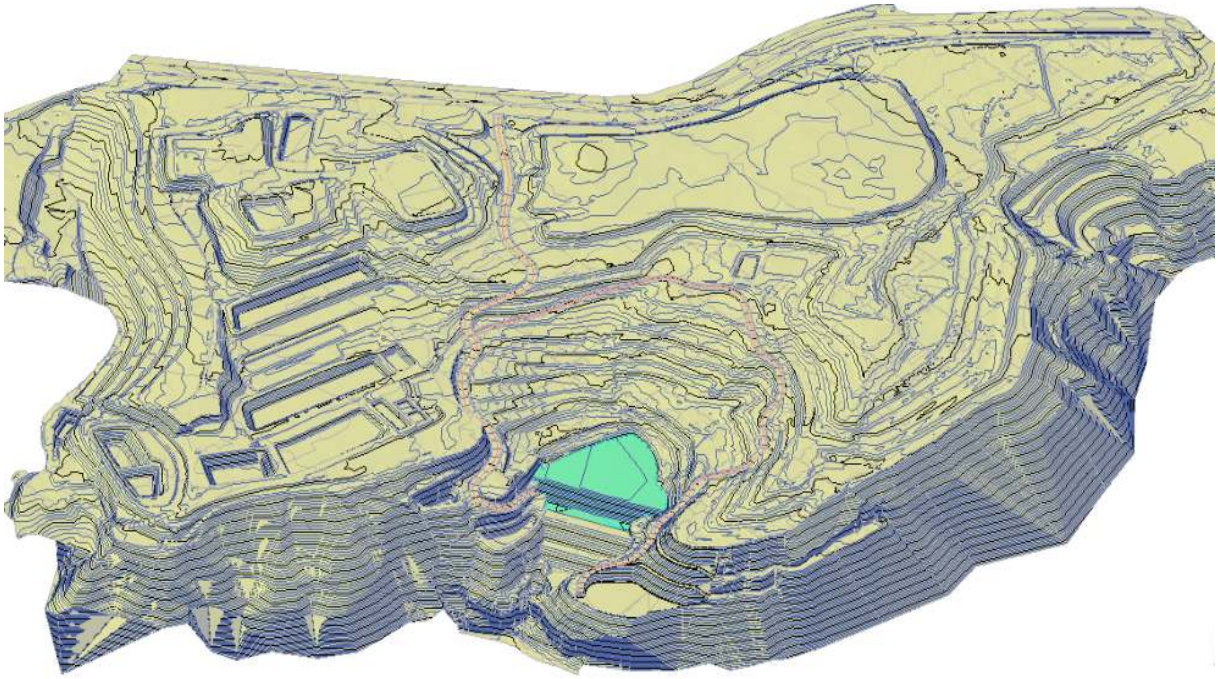
TABLA 183. ***VOLUMEN DE LLENADO TRINCHERA.***

ID	m³	VIDA ÚTIL(DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	54.017,85	18

9.6.1.2 TALUD 01

El primer talud se propone desde la cota 2597.85 hasta la cota 2611.77 msnm y una altura de llenado de 13.92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 98911.77 m^3. Esta etapa del llenado es la más importantes ya que la compactación deberá alcanzar en su mayor nivel teniendo en cuenta el sector también tendrá los mayores empujes del relleno, así como ayudar a drenar de manera correcta el cubeto.

FIGURA 218. **FASE DE LLENADO TALUD 1**



Fuente: Elaboración Propia

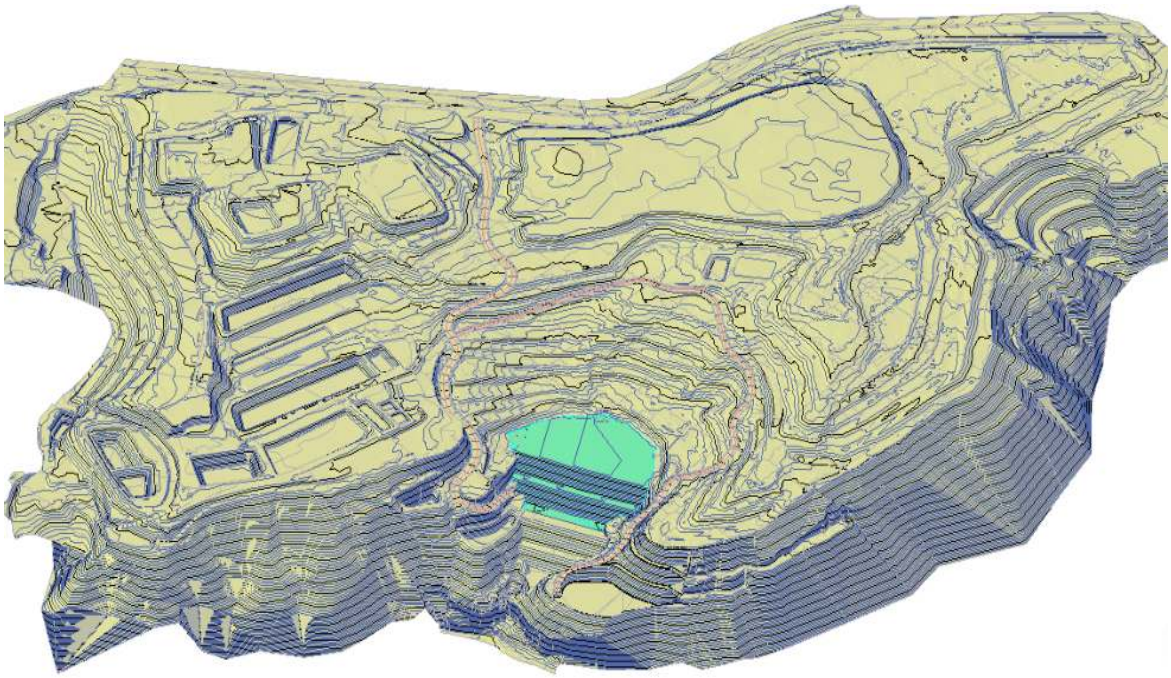
TABLA 184. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 1***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	98.911,77	14

9.6.1.3 TALUD 02

El segundo nivel se propone desde la cota 2604.77 hasta la cota 2611,77 msnm y una altura de llenado de 7 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 46.024,71 m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 14.531,54m^2 se recomienda sea implementación de cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia, así como las aguas de lixiviación.

FIGURA 219. **FASE DE LLENADO TALUD 2**



Fuente: Elaboración Propia

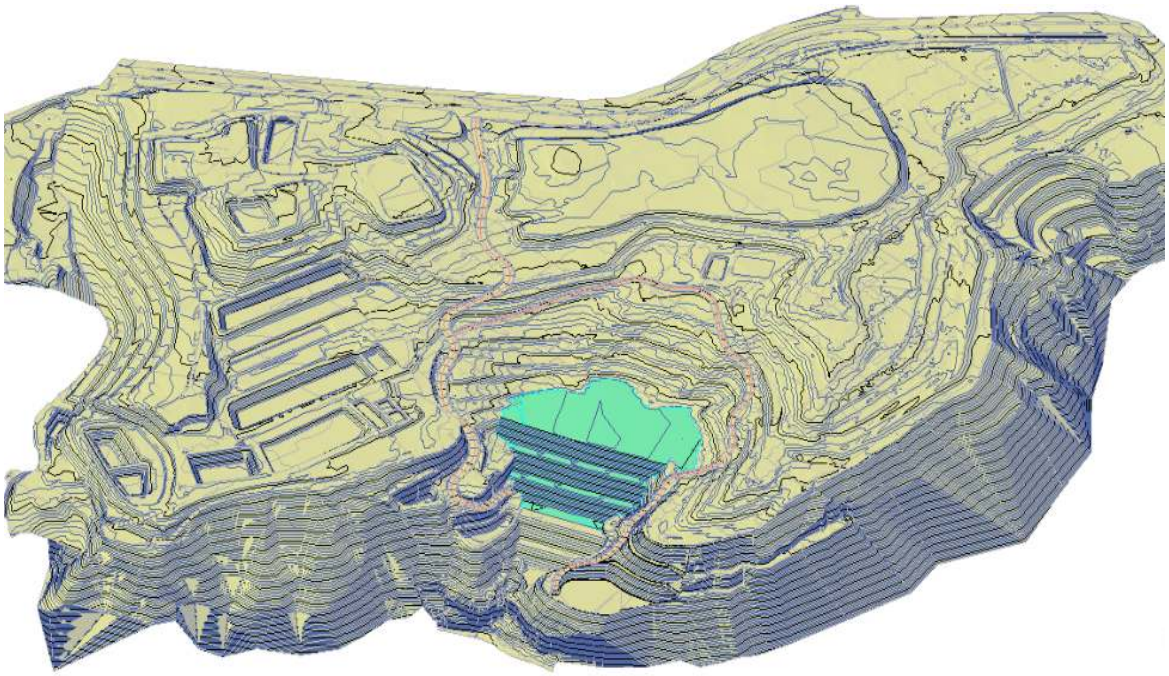
TABLA 185. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 2***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	46.024,71	15

9.6.1.4 TALUD 03

El tercer talud se propone desde la cota 2611.77 hasta la cota 2618.70 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 60.101,4m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 22.636,54m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación.

FIGURA 220. **FASE DE LLENADO TALUD 3**



Fuente: Elaboración Propia

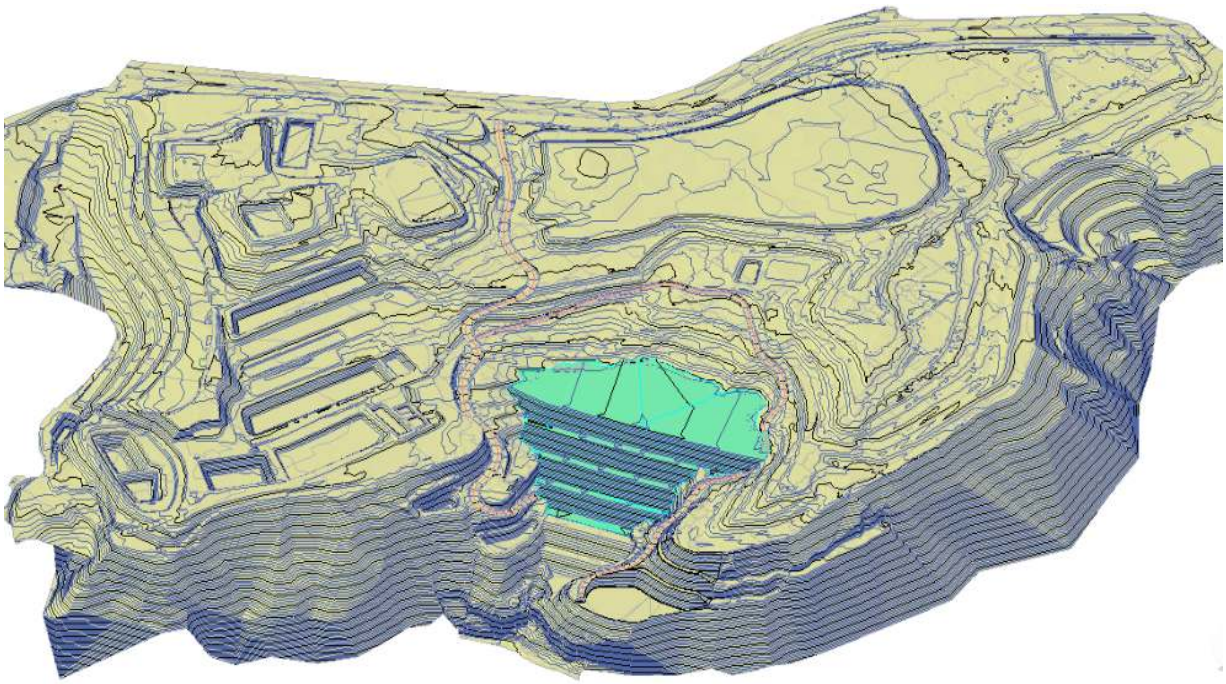
TABLA 186. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 3***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	60.101,4	20

9.6.1.5 TALUD 04

El cuarto talud se propone desde la cota 2618.70 hasta la cota 2625.62 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 99.137,23m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 32.488,41m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación.

FIGURA 221. **FASE DE TALUD 4**



Fuente: Elaboración Propia

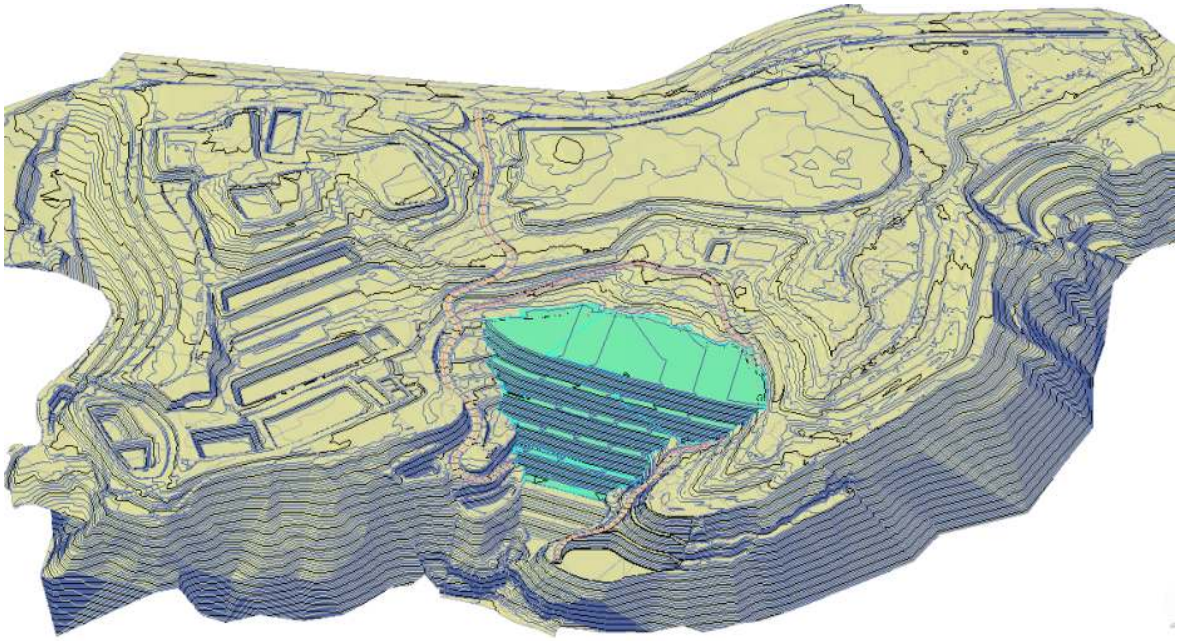
TABLA 187. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 4***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	99.137,23	33

9.6.1.6 TALUD 05

El quinto talud se propone desde la cota 2625.62 hasta la cota 2632.55 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 122.232,07m^3. Esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 42.433,97 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la segunda etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 222. **FASE DE LLENADO TALUD 5**



Fuente: Elaboración Propia

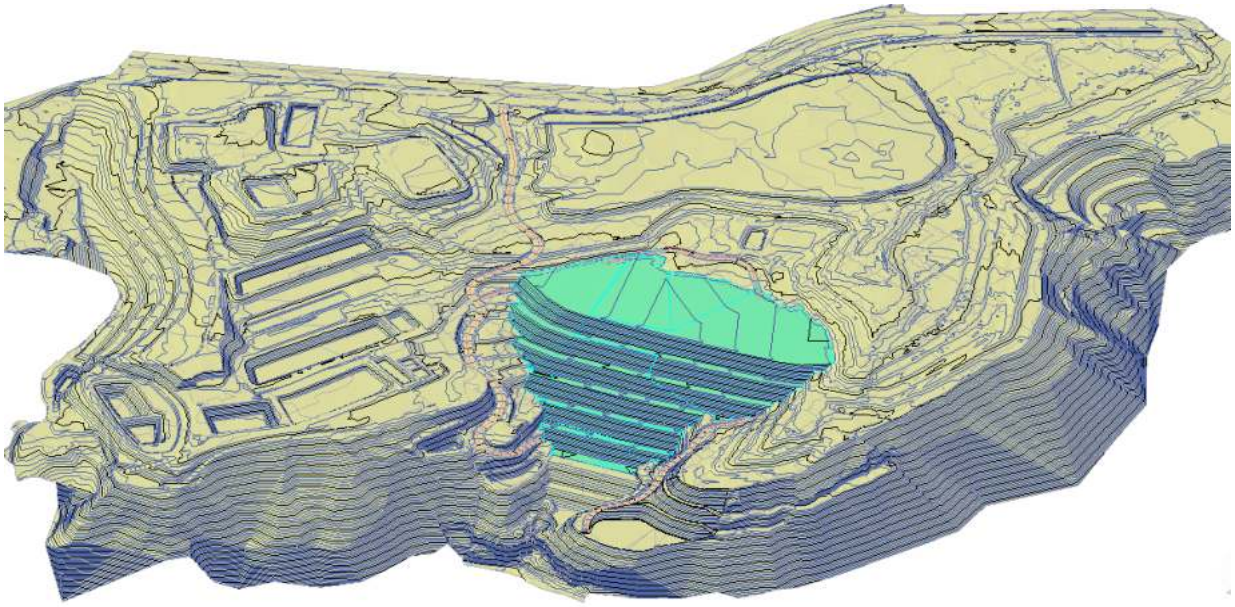
TABLA 188. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 5***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	122.232,07	40

9.6.1.7 TALUD 06

El sexto talud se propone desde la cota 2632.55 hasta la cota 2639.47 msnm y una altura de llenado de 9.85 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 145.567,99m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 54.124,77 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 223. **FASE DE LLENADO TALUD 6**



Fuente: Elaboración Propia

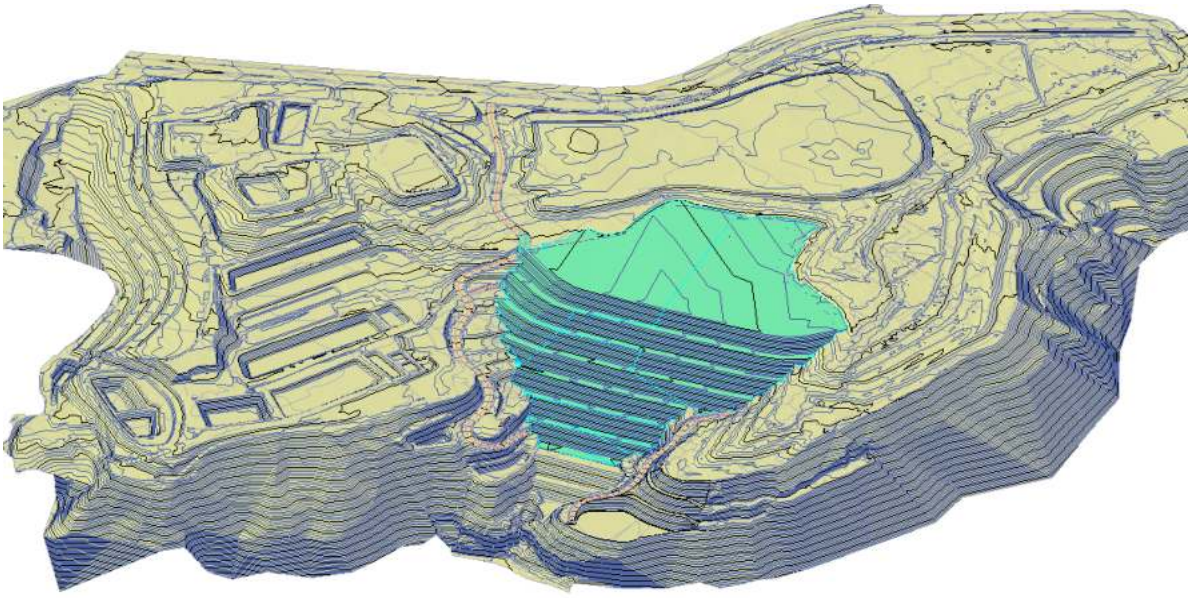
TABLA 189. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 6***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	145.567,99	48

9.6.1.8 TALUD 07

El séptimo talud se propone desde la cota 2639.47 hasta la cota 2646.40 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 198.311,67m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 74.662,16 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 224. **FASE DE LLENADO TALUD 7**



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 190. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 7***

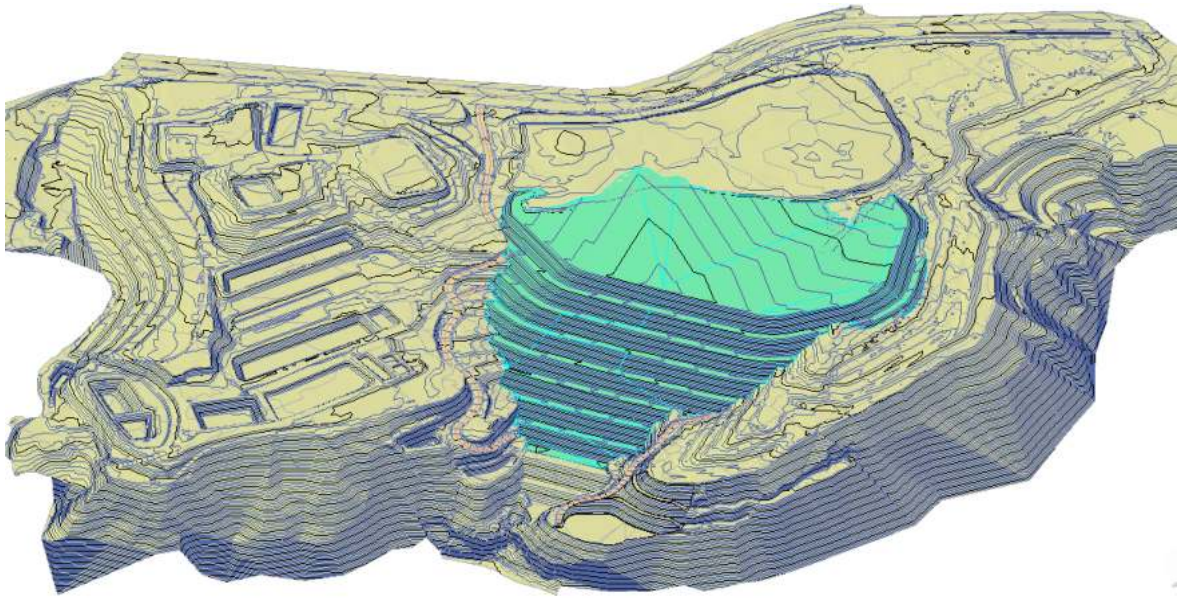
ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	198.311,67	66

0000556

9.6.1.9 TALUD 08

El octavo talud se propone desde la cota 2646.40 hasta la cota 2653.32 msnm y una altura de llenado de 6,92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 320.712,08m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 106.766,94 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 225. **FASE DE LLENADO TALUD 8**



Fuente: Elaboración Propia

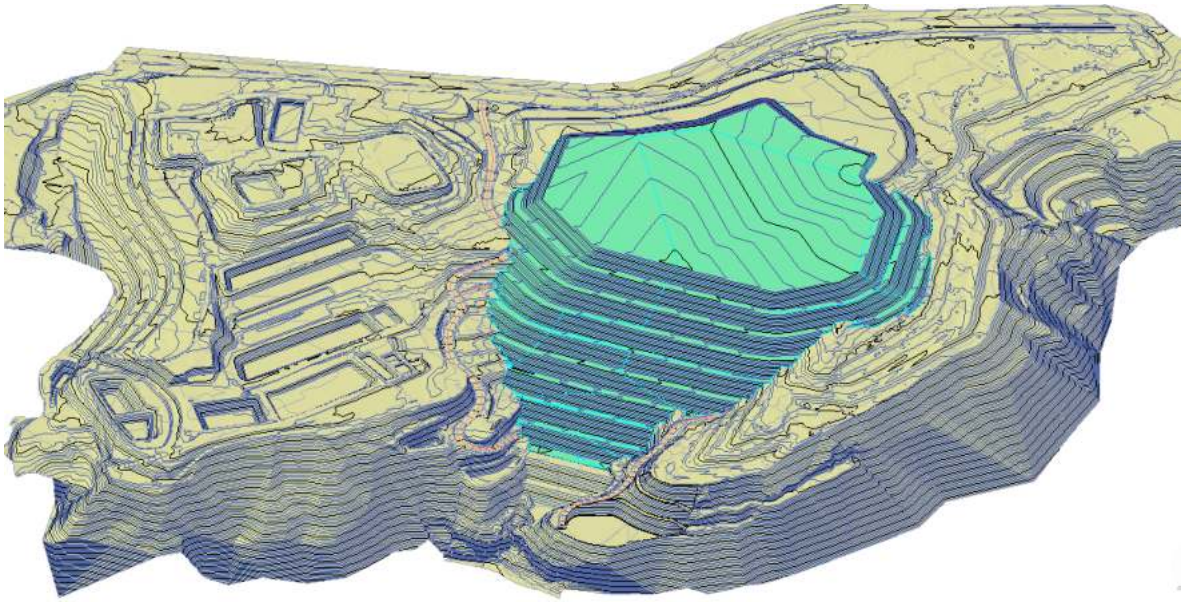
TABLA 191. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 8***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	320.712,08	106

9.6.1.10 TALUD 09

El noveno nivel se propone desde la cota 2653.32 hasta la cota 2660.25 msnm y una altura de llenado de 6,93 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 432.612,77m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 13.7031,41m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 226. **FASE DE LLENADO TALUD 9**



Fuente: Elaboración Propia

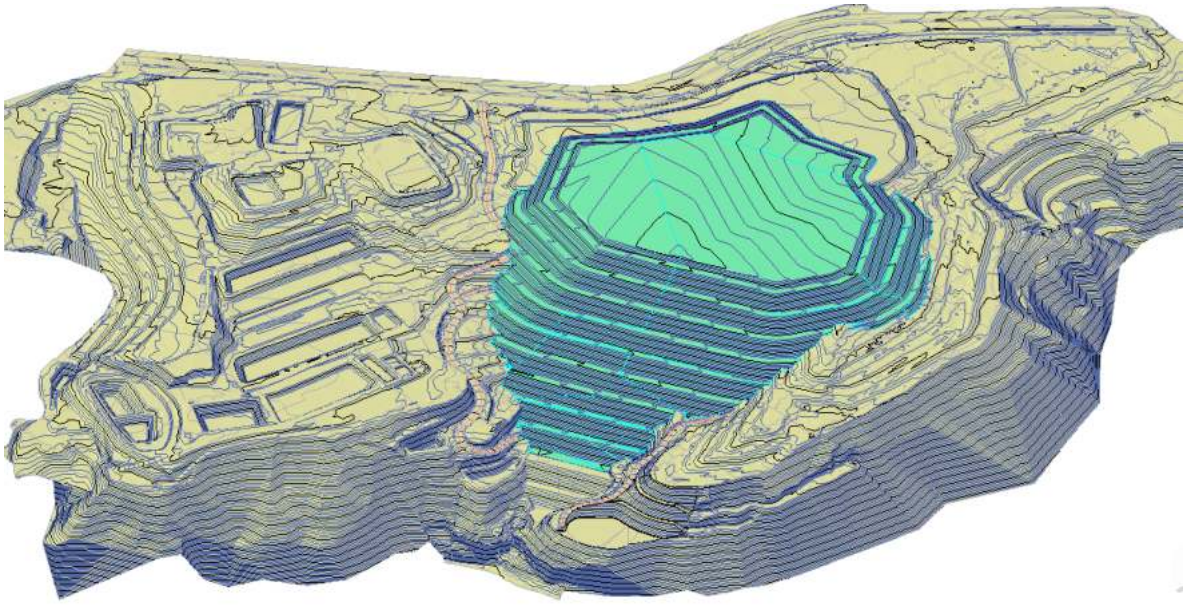
TABLA 192. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 9***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	432.612,77	144

9.6.1.11 TALUD 10

El décimo talud se propone desde la cota 2660.25 hasta la cota 2663.17 msnm y una altura de llenado de 2.92 metros, y ofrecerá un volumen de lleno de 158.311,95 m^3. En esta etapa del llenado se genera una plataforma de un área aproximada de 13.7031,41 m^2 que se recomienda sea implementado cunetas perimetrales y adecuado manejo de aguas lluvia y aguas de lixiviación, corresponde a la etapa con más volumen de lleno.

FIGURA 227. **FASE DE LLENADO TALUD 10**



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 193. ***VOLUMEN DE LLENADO TALUD 10***

ID	m³	VIDA ÚTIL (DIAS)
VOLUMEN DE LLENO	158.311,95	52

0000559

TABLA 194. ***VOLUMEN DE LLENADO POR TALUD ALTERNATIVA 2***

NIVEL DE LLENADO	VOLUMEN M³	COTA MÁXIMA DE LLENADO	VIDA ÚTIL (MES)
TRINCHERA	54.017,85	2597,85	0.6
TALUD 1	98.911,77	2604,77	0.5
TALUD 2	144.936,48	2611,77	0.5
TALUD 3	205.037,88	2618,70	0.7
TALUD 4	304.175,11	2625,62	1.1
TALUD 5	426.407,18	2632,55	1.4
TALUD 6	571.975,17	2639,47	1.6
TALUD 7	770.286,84	2646,40	2.2
TALUD 8	1'090.998,92	2653,32	3.6
TALUD 9	1'523.611,69	2660,25	4.8
TALUD 10	1'681.923,64	2663,17	1.8
LLENO TOTAL	1´681.923,64	2663,17	18,7

Fuente: Elaboración Propia

La vida útil indicada corresponde a condiciones mínimas de operación, las cuales, en caso de mejorar y ser favorables, como incorporar maquinaria adecuada para la compactación (rodillo especializado en residuos tipo 836 CAT recomendado), retiro minucioso de la cobertura diaria antes de colocar un nuevo nivel de celdas, no realizar recirculaciones o reinyección de lixiviados en la masa; realizar las perforaciones para desgasificación y deslixiviación, entre otros; permitirán elevar la vida útil hasta 24 meses; así:

TABLA 195. ***VIDA ÚTIL EN CONDICIONES POSIBLES***

VOLUMEN DISPONIBLE CUBETO 11		**1,682,043.68**	**m3**
VOLUMEN RESIDUAL -ASENTAM-=		15	%
VOLUMEN TOTAL =		1934350.232	m3
COBERTURA DESECHOS	11.99%	201677.0372	m3
CAPACIDAD DISPONIBLE =		1732673.195	m3
DENSIDAD DESECHOS =		0.98	T/m3
TONELADAS A RECIBIR =		1689356.365	Ton
INGRESO DIARIO =		2286.39	Ton

Vida útil (días) =	738.8749797	días
Vida útil (meses) =	24.6292	mes
VIDA UTIL POSIBLE=	2.052430499	años
AÑO ACTUAL =	2023	años
MES ACTUAL =	11	mes
AÑO PROYECCIÓN =	2025.969	año Proyectado

Fuente: Elaboración Propia

La vida útil indicada, se dará en estricto cumplimiento de las recomendaciones, y bajo un permanente seguimiento del cumplimiento de los parámetros geotécnicos. Los datos obtenidos por la instrumentación (piezómetros, inclinómetros, seguimiento topográfico), serán los indicadores que determinen las posibilidad o no se aprovechar todo el volumen disponible calculado. Dejando sentado claramente, que en caso que los indicadores no se ajusten a los recomendados en este documento, no será posible el colocar residuos.

10 RECOMENDACIONES

- ✓ Se deberán realizar unas obras preliminares para proceder con la construcción de la estructura a emplear para contención de los residuos, siendo la más importante la instalación de piezómetros que permitan hacer lecturas confiables de la variable RU, con el fin de controlar este valor llevándolo a los calculados por el análisis de sensibilidad.
- ✓ Para el área de adecuación de la estructura de contención se debe tener cuidado del talud que sujeta la piscina 9ª, debido a las condiciones de inestabilidad en las que se encuentra, esto dicho por la visita en campo del área en la que se evidencia que el material utilizado para conformarlo no fue debidamente compactado y presenta ligeras fallas en la parte superior del talud o corona.
- ✓ Está fuertemente recomendado, que no se construyan piscinas que induzcan carga en la cabeza el proyecto Cubeto 11. Por dos motivos fundamentales: Introducen presión por carga en los residuos, la misma que se traduce en un aumento de la presión de poro y mayores exudaciones; en caso de falla de la geomembrana (o de no colocar geomembrana como se ha observado), la infiltración satura la masa de manera casi irremediable. Por otro lado, y segundo, el construir piscinas temporales, conlleva un enorme flujo de gasto innecesario en movimiento de masas, cargado y transporte, aplicación de químicos de control de olores y vectores, geomembrana, geotextil, tubería de drenaje de gas y lixiviado, bombeos y rebombeos; aparte que se tiene una nueva área aportante / aferente en caso de lluvia. Dicho

lo anterior, la construcción de piscinas temporales, especialmente sobre residuos, debería ser ampliamente NO recomendada.

- ✓ En la excavación de la cisterna en la condición de construcción de los muros de concreto se deberá tomar las medidas de precaución necesarias para evitar una situación de inestabilidad en la estructura.
- ✓ En la fase de llenado del cubeto se debe retirar una capa de cobertura orgánica encontrada en la superficie de los residuos con el fin de generar un contacto de residuos nuevos y residuos viejos que sirva de trabazón, evitando así cualquier tipo de falla que se pueda generar en esa área.
- ✓ La consultoría se enfoca en la construcción, por lo tanto, si bien en etapa de factibilidad se comparan cantidades globales para construcción y drenes intermedios en plataformas, finalmente el presupuesto contempla únicamente los elementos a ser construidos dentro de los plazos indicados (por la empresa que sea seleccionada para tal fin, sea pública o privada). Fuera del plazo, dentro de la operación, se ejecutarán drenes intermedios cada dos plataformas con la mima configuración propuesta de ramales planteada, sin embargo estos estarán fuera del presupuesto objeto del contrato y sería un error colocar elementos que generen expectativas de ejecución, cuando ciertamente están fuera de la temporalidad del proyecto.
- ✓ Para el material utilizado en el núcleo del dique se realiza la consideración de utilizar bentonita para cumplir con las condiciones de un suelo altamente impermeable, este se comprobará con ensayos de laboratorio de permeabilidad. Este tipo de suelo debe ser arcilloso que cumpla con permeabilidades bajas por debajo de los $1x10^{-7}$.
- ✓ Se recomienda el uso del rajón en la totalidad del área de contacto entre el subsuelo y el material de dique como medio de estabilidad general del dique y el cuidado necesario al momento de instalar los geotextiles que cubrirán el manto de rajón que se utilizara el cimiento del dique, esto con el fin de evitar infiltraciones por la parte inferior de la estructura.
- ✓ La recomendación principal del estudio, es el colocar la instrumentación indicada, previo a construir la obra del dique, pues en caso de no lograr reducir los parámetros actuales (de los residuos de soporte), a niveles geotécnicamente aceptables, que permitan garantizar estabilidad en la masa de residuos, sería infructuoso y completamente vano, el construir el dique. Esta es una condicionante de todo el estudio. Los indicadores que arroje la instrumentación a colocarse, serán los que determinen la factibilidad de ejecución.

11 ANEXOS

(1) DIS-T- 01 a DIS-T- 24, conteniendo Planos en PDF, para la etapa de diseño.

(2) DIS-T 01 a DIS-T- 24, conteniendo Planos en Civil3D, para la etapa de diseño.

CAP 13. PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

1 PRESUPUESTO

Se realiza la estimación del valor de cada uno de los rubros que intervienen en la obra para llegar al costo total de la misma, mediante el análisis de costos directos e indirectos atribuibles directa y específicamente al trabajo contratado.

El presupuesto fue elaborado para cada una de las alternativas del presente proyecto, así como para cada etapa, en las cuales fue dividido el mismo.

El presupuesto general fue realizado en base a los precios y sueldos vigentes al mes de agosto del 2022, datos proporcionado por la Contraloría General del Estado, y precios recopilados en casas comerciales de la ciudad y referencias válidas citadas en los términos de referencia.

En la elaboración del presupuesto general presentado para cada una de las alternativas, intervienen los siguientes componentes:

1.1 CONCEPTO DE TRABAJO (RUBROS)

Para iniciar la elaboración del presente presupuesto se obtuvo el conjunto de operaciones manuales y mecánicas, así como materiales que se emplearán en la realización de la obra, de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas, dividido convencionalmente para fines de medición y pago.

1.2 COSTOS DIRECTOS.

1.2.1 BASES Y CRITERIOS

Son todos aquellos producidos por los gastos en mano de obra, materiales, equipo y transporte, efectuados exclusivamente para la ejecución de un concepto de trabajo. Como se ha indicado, se tomaron los precios actualizados de mano de obra sugeridos por la Contraloría General del Estado, publicados en su página web (se adjuntan como anexo), proformas y cotizaciones de casas comerciales de diferentes materiales principales y referencias válidas indicadas en los Términos de Referencia del proceso, esto es referencia a precios similares de empresas públicas del Distrito Metropolitano de Quito o en referencia a la Cámara de la Construcción.

1.3 COSTOS INDIRECTOS.

1.3.1 BASES Y CRITERIOS

Es la suma de gastos Técnico Administrativos o de operación necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo, costos impositivos, costos financieros, utilidad, imprevistos, y otros

1.3.2 DESGLOSE DE LOS COSTOS

Para el proyecto se calculó que los costos indirectos corresponden al 17% de los costos directos; el valor engloba todos los componentes administrativos y en obra; el detalle de cálculo de costos indirectos, se encuentra en el archivo adjunto: *PRE2 Análisis de Costos Indirectos;* se presentan los valores

obtenidos por Costo Indirecto de Administración Central, Costo Indirecto por gastos en obra y el porcentaje de costo indirecto calculado del proyecto.

TOTAL 1. % COSTO INDIRECTO ADMINISTRACION CENTRAL (OPERACIÓN)	6.13%

TOTAL 2. % COSTO INDIRECTO POR GASTOS DE OBRA	10.82%

TOTAL (1+2) % COSTO INDIRECTO DEL PROYECTO	**16.95%**

1.3.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL PRESUPUESTO.

Una vez analizado los costos directos e indirectos se llega a determinar el costo unitario de cada uno de los rubros que conforman la realización de la obra, el producto de este costo unitario es multiplicado por la cantidad obtenida de dicho rubro, obteniendo su valor total.

Es decir que el presupuesto estimado de la obra se obtendrá del producto de las diversas cantidades o volúmenes de obra por sus correspondientes costos unitarios.

El presupuesto en general es estimativo ya que al irse desarrollando la obra puede aumentar o disminuir en cantidades ejecutadas o en precios; La variaciones en cantidades será pagado realizándose una cuantificación en campo por trabajo efectivamente ejecutado, mientras que la variación en precio de los componentes se reconoce al constructor al momento de ejecutar el reajuste de precios y aplicación de fórmula polinómica.

Los presupuestos con sus análisis de precios unitarios respectivos (para cada una de las alternativas, y para cada fase constructiva de esta alternativa), se adjuntan en los anexos descritos al final; el consultor considera innecesario, repetir en este documento la presentación de los mismos; sin embargo, se presentan los presupuestos de cada una de las alternativas analizadas diferenciando entre costos directos, costos indirectos.

TABLA 196. ***RESUMEN DE PRESUPUESTO POR ALTERNATIVA***

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	TOTAL
Alternativa 1 Actualización 2017	2,046,088.71	409,217.74	2,455,306.36
Alternativa 2 Dique **-SELECCIONADA**	4,012,859.77	682,186.16	4,694,113.16
Alternativa 3	3,909,327.58	781,865.52	4,691,387.69

Muro Armado			

Fuente: Elaboración Propia

Los presupuestos de alternativas, fueron presentados en los anexos por cada alternativa, en la fase 1 (en el capítulo de selección de alternativas), con su respectiva desagregación tecnológica, en esta fase se presenta el presupuesto final de la alternativa seleccionada, así:

(1) PRE3 Presupuesto General

1.4 REAJUSTE DE PRECIOS.

Reajuste de precios es el proceso técnico legal mediante el cual, la entidad contratante de una obra reconoce al contratista el incremento que han sufrido los costos de los precios unitarios de contrato, a causa de la inflación o de medidas económicas que ocasionan la variación de los insumos recurridos para la ejecución de un proyecto.

En resumen, el reajuste de precios es un valor que trata de compensar la pérdida del poder adquisitivo del dólar americano en el período comprendido entre la fecha de negociación y la fecha de pago.

Se entenderá como valor de reajuste de precios la diferencia entre el monto o valor reajustado del anticipo o de la planilla (Pr), menos el valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutada a los precios unitarios contractuales, descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado (Po).

Actualmente, la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública expedida en agosto del 2008 y su Reglamento de aplicación, expedido en mayo del 2009, contienen la normativa que regula el proceso de reajuste de precios para los contratos suscritos entre las entidades y organismos del sector público con los contratistas privados.

Cabe indicar que, en la legislación actual, los artículos de la Ley y del Reglamento relacionados con los reajustes de precios son escasos, por lo que en muchos casos para la aplicación de los reajustes se siguen utilizando los criterios y procedimientos que se generalizaron con los marcos legales anteriores[13].

1.4.1 FÓRMULAS POLINÓMICAS.

Cada contrato, de acuerdo a su tipo, complejidad o magnitud, tendrá una o más fórmulas matemáticas para el caso de producirse variaciones en los costos de los componentes de los precios unitarios estipulados en los contratos de ejecución de obras.

Art. 127.- Reajuste en el caso de ejecución de obras.- En el caso de producirse variaciones en los costos de los componentes de los precios unitarios estipulados en los contratos de ejecución de obras que celebren el Estado o las entidades del sector público, los costos se reajustarán, para efectos de pago del anticipo y de las planillas de ejecución de obra, desde la fecha de variación, mediante la aplicación de fórmulas matemáticas que constarán obligatoriamente en el contrato, en base a la siguiente fórmula general:

[13] F. Albán (2015), PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN Y REAJUSTE DE PRECIOS, Reyes Ed, Ecuador

Pr = Po (p1*B1/Bo + p2*C1/Co + p3*D1/Do + p4*E1/Eo …pn*z1/Zo + px*X1/Xo)

En donde:

Pr = Valor reajustado de la planilla o del anticipo.

Po = Valor de la planilla o anticipo calculada con las cantidades de obra ejecutada a precios contractuales, descontado la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado.

P1 = Coeficiente del componente de mano de obra.

p2, p3, p4 …pn = Coeficientes de los demás componentes principales

px = Coeficiente de los otros componentes considerados como "no principales", cuyo valor no excederá de 0.200

Los componentes de la fórmula se expresarán y aplicarán al milésimo y la suma de aquellos debe ser igual a la unidad.

Bo= Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, fijados por ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas que constará en el contrato.

B1= Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, expedidos por la ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigente a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.

Co, Do, Eo,...Zo = Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato.

CI, DI, EL….ZI = Los precios o los índices de precios de los componentes principales a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras.

X0= Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de éste, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato.

X1= Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a falta de éste, el índice de precios al consumidor a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras.

1.4.2 FÓRMULAS CONTRACTUALES.

Art. 128.- Fórmulas contractuales. - Las entidades deberán hacer constar en los contratos la o las fórmulas aplicables al caso con sus respectivas cuadrillas tipo, *que se elaborarán en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada*, definiendo el número de términos de acuerdo con los componentes considerados como principales y el valor de sus coeficientes.

Constarán como componentes principales aquellos que, independientemente o agrupados según lo previsto en el Reglamento, tengan mayor incidencia en el costo total de la obra: su número no excederá de diez. Sin embargo, si la totalidad de componentes no alcanzará a esta cifra, se podrá considerar a todos como principales; se tiene:

Pr=Po(0.163 B1/Bo + 0.059 C1/Co + 0.176 E1/Eo + 0.152 G1/Go + 0.047 H1/Ho + 0.028 M1/Mo + 0.176 P1/Po + 0.08 R1/Ro + 0.03 S1/So + 0.061 T1/To + 0.028 X1/Xo)

Índice 0 corresponde a la fecha de oferta

Índice 1 corresponde a la fecha de presentación de la planilla

Pr = valor de la planilla ajustada

Po = valor de la planilla sin reajustar

Es decir, la fórmula presentada en este capítulo, necesariamente deberá ser ajustada a la realidad de la oferta adjudicada, en base a los componentes y precios ofertados, pues lógicamente estos variarán de un oferente a otro.

1.4.3 ÍNDICES.

Para la aplicación de las fórmulas, los precios e índices de precios serán proporcionados por el INEC mensualmente, ver (www. INEC.com) dentro de los diez días del mes siguiente, de acuerdo con su propia reglamentación.

Si por la naturaleza del contrato, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) no pudiere proporcionar los precios e índices de precios, la respectiva entidad solicitará al INEC la calificación de aquellos, tomándolos de publicaciones especializadas.

En el término de diez días, contados desde la recepción de la solicitud, el INEC calificará la idoneidad de los precios e índices de precios de las publicaciones especializadas propuestas. En caso de que dicho instituto no lo haga en el término señalado, se considerarán calificados tales precios e índice de precios, para efectos de su inclusión en la fórmula polinómica, bajo su responsabilidad.

1.4.4 COEFICIENTE DE COMPONENTES.

El coeficiente de los componentes es el resultado expresado en cifras decimales, con aproximación de, al menos, al milésimo del costo de cada componente principal o grupo de componentes no principales, relacionado con el costo directo de la obra.

Se podrán agrupar varios componentes de naturaleza similar que tengan índices de variaciones semejantes. Se identificarán de acuerdo con el componente del grupo que tenga mayor incidencia en el contrato, según las denominaciones de las publicaciones del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

TABLA 197. ***COEFICIENTES Y SÍMBOLOS DE LA FÓRMULA POLINÓMICA***

TERMINOS	CONCEPTO	COEF.
B	Mano de Obra	0.140
C	Acero en barras	0.074
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	0.251
G	Equipo para tratamiento de aguas residuales	0.071
H	Hormigón premezclado	0.064
L	Lámparas. aparatos y Acc. eléctricos Para alumbrado público	0.027
M	Madera aserrada. cepillada y/o escuadrada (preparada)	0.016
R	Materiales pétreos	0.129
S	Productos geosintéticos	0.151
T	Tubos y Accesorios de Polietileno Alta Densidad	0.055
X	Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles	0.022
		1.000

Fuente: Elaboración Propia

1.4.5 CÁLCULO DE VARIACIONES DE COSTO DE MANO DE OBRA.

Las variaciones en los costos del componente mano de obra se calcularán en base a una cuadrilla tipo representativa de la obra o parte de la obra involucrada en la respectiva fórmula, de conformidad con los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada. Se expresará en cifras decimales con aproximación al milésimo, así:

TABLA 198. ***CUADRILLA TIPO***

DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE
ESTR OC. C1 GI	0.000
ESTR. OC. B1	0.000
ESTR. OC. B3	0.014
ESTR. OC. C1	0.157
ESTR. OC. C1 CHOFER	0.068
ESTR. OC. C2	0.014
ESTR. OC. D2	0.187
ESTR. OC. E2	0.560
	1.000

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula polinómica de reajuste de precios para mano de obra:

CT = Salario real diario de la cuadrilla tipo

SRD = Salario real Diario

2 PROGRAMACIÓN DE OBRA.

2.1 INTRODUCCIÓN.

La programación del proyecto presentará el conjunto de tareas y operaciones elementales bien diferenciables que se ejecutan en un orden determinado.

El objetivo fundamental de la programación de obra es aumentar la producción de la obra, brindar la máxima eficiencia a todos los procesos que se incluyen dentro de ésta y mejorar la evaluación del cronograma de gastos o de inversiones a través de una mejor planificación, organización y administración de la misma, pues al no programar origina pérdida de tiempo y recursos.

Una de las fases fundamentales de la programación de obras es la regularización de los tiempos de ejecución de cada una de las actividades, todo esto dentro de un marco probabilístico que permita la consecución de los objetivos propuestos.

2.2 TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN.

En este proyecto se utilizó el método CPM o de la ruta crítica, que es una técnica muy eficaz para la planificación de todo tipo de proyecto.

El CPM, llamado también método de la ruta crítica, consiste en una técnica para reducir al mínimo el tiempo de ejecución de una obra.

Este método tiene por objetivo determinar el tiempo mínimo, para esto se divide el programa en actividades simples y se establece la interrelación y dependencia de las mismas. Posteriormente, se determina la duración de las actividades y se calcula la ruta crítica, o sea la concatenación de actividades que requieren el tiempo máximo. Para facilitar las operaciones descritas se ha usado un programa como Project, que es un software de común uso en Ingeniería.

2.3 ETAPAS DE LA PROGRAMACIÓN.

El programa se subdivide en las siguientes etapas, las mismas que luego se describen a continuación:

a. Lista de actividades
b. Estimación del tiempo
c. Obtención de la ruta crítica
d. Programa de inversiones o Curva de Inversiones

2.4 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES.

Se ha dividido al proyecto en una serie de actividades. Este desglose se realizó dependiendo del propósito del proyecto, del nivel de uso del diagrama y de la importancia relativa a cada actividad con relación al total.

En esta etapa se ha subdividido al proyecto en capítulos y subcapítulos

Se realizó en base a las actividades a desarrollarse en el proyecto para luego determinar la duración de cada una de ellas y configurar los parámetros escogidos para secuenciar la lista, este parámetro puede ser días, semanas o meses.

En el presente proyecto se realizó la programación de obras en meses, parámetro de tiempo que nos permitió visualizar de mejor manera el trabajo realizado por cada una de las cuadrillas en las diversas actividades a ser ejecutadas.

Dentro de las actividades que genera la construcción de una obra de este tipo, existen algunas de similares características que se han conjugado en una sola actividad de tal modo que permita una mejor comprensión del sistema de programación de obra.

2.5 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO.

La definición de la duración de cada actividad, para este proyecto consideró las siguientes aseveraciones:

Considerar cada actividad en forma independiente.

No considerar sobre tiempos, a menos que sean normales en la actividad.

Asumir el nivel normal de recursos, sin ignorar conflictos con otras actividades.

Usar una unidad común de tiempo, oportunamente definidas y en forma consistente, teniendo en cuenta la duración total del programa.

El resultado de esta fase, es la obtención del gráfico del Diagrama de Gantt, el cual por su complejidad y extensión no se incluye en este capítulo, y se invita a referenciarse al anexo PRE3 Presupuesto General -Diagrama de Gantt

2.6 RUTA CRÍTICA.

La obtención de la ruta crítica consiste en la determinación de la secuencia de ejecución de las actividades que resulten indispensables para que puedan realizarse las subsiguientes y así concatenadamente.

Para determinar la ruta crítica debió considerarse lo siguiente:

a. El desglose del proyecto en todas las actividades primordiales posibles.
b. Todas las actividades se han ordenado y colocado en una lista.

La aparición de ACTIVIDADES CRÍTICAS conlleva a la existencia de ACTIVIDADES NO CRÍTICAS, cuyo tiempo de duración relacionado a las anteriores dan como resultado, las denominadas Holguras, no obstante, el proyecto no dispone, salvo en rubros no principales.

En resumen, una actividad crítica no tiene holgura, o tiene holgura igual a cero, por lo que, estas actividades críticas no pueden tener ningún retraso.

El resultado de esta fase, es la obtención del gráfico del Diagrama de Gantt para ruta crítica, el cual por su complejidad y extensión no se incluye en este capítulo, y se invita a referenciarse a los anexos existentes.

2.7 CURVA DE INVERSIONES.

Mediante un diagrama de barras Gantt se obtuvo una visualización de todo lo programado y permite una mejor planificación del proyecto.

Este diagrama se lo conformó en base a la ruta crítica y se debe considerar los siguientes factores:

Una actividad está representada por una barra, cuya longitud está en proporción a la duración de la actividad.

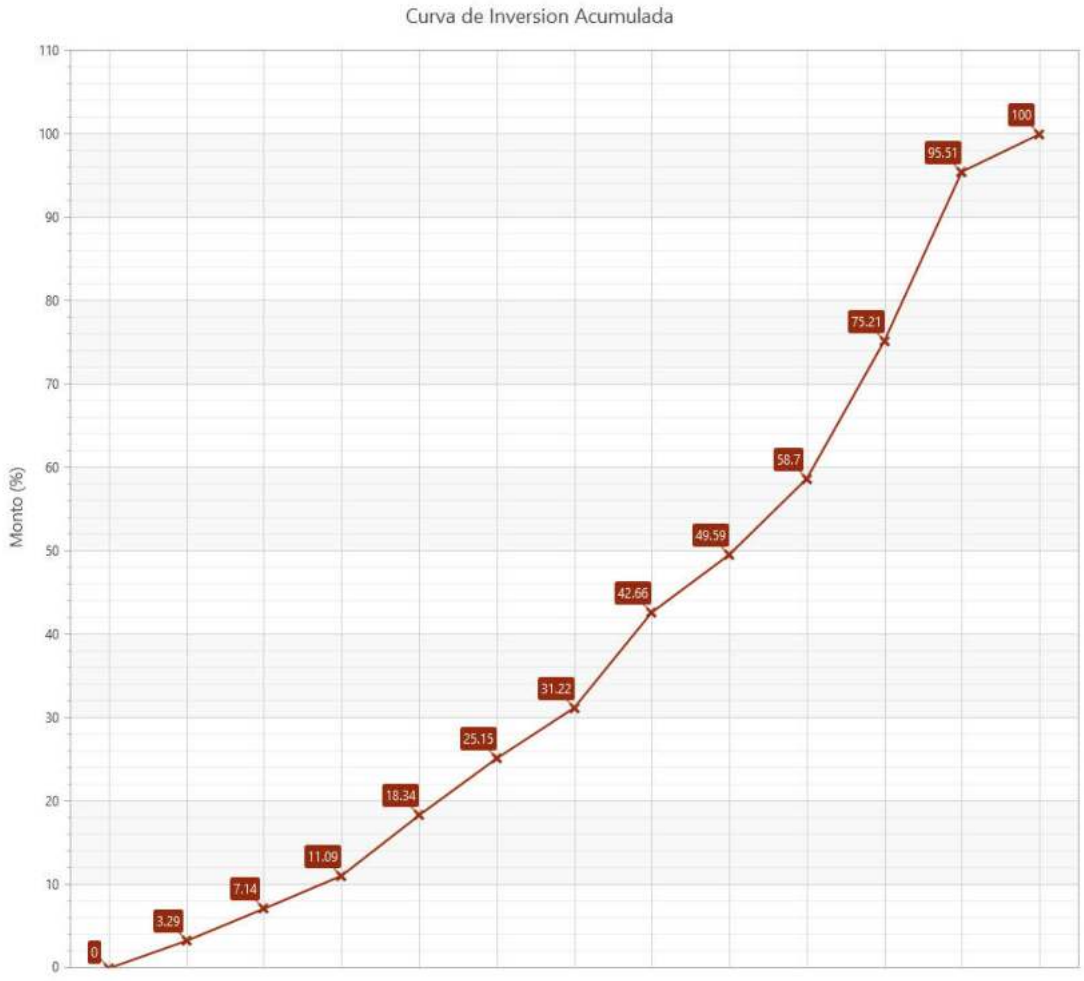
El período de toda obra está dividido en lapsos de tiempo que pueden ser días. semanas, meses, etc., el mismo que se ubica en la primera fila superior del diagrama. En nuestro caso meses.

El período total de la obra puede correlacionarse con un calendario real.

Para completar el cronograma se dibujaron las curvas de avance de obra y de inversiones acumuladas, ambas expresadas en porcentaje, en las abscisas se coloca el tiempo de ejecución y en las ordenadas el porcentaje acumulado de avance físico y el porcentaje acumulado de inversión respectivamente.

Durante el desarrollo de la obra, el cronograma de barras Gantt, la curva de avance físico y la de inversiones acumuladas deben irse verificando y ajustando convenientemente, con el objetivo de cumplir en forma satisfactoria los plazos establecidos.

A continuación, se presenta la curva de inversiones de la alternativa seleccionada.



Los presupuestos, análisis de precios unitarios, desagregación tecnológica, fueron anexados en el análisis de alternativas, por lo que en esta sección se complementa la información de los entregables solicitados en los términos de referencia del proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA."

3 ANEXOS

(1) PRE1 Salarios 2022 Quito

(2) PRE2 Costos Indirectos El Inga

(3) PRE3 Presupuesto General

(4) PRE4 Especificaciones Técnicas

CAP 14. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1 INTRODUCCIÓN

El presente proceso: CPC-EMGIRS-001-2022, de la EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – EMGIRS EP cuyo objeto de contrato es: "CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBETO 11 Y DOMO FINAL EN EL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EL INGA."; presenta varias secciones de indicaciones específicas para cada Ingeniería, donde se detalla procedimientos detallados de construcción e Implementación.

En esta sección se recopilará las indicaciones y procedimientos, más significativos, estableciendo un manual a seguir durante la construcción en específico del proyecto, esto es: movimiento de masas de suelo, desalojo de material, rellenos compactados, impermeabilizaciones y sistemas de drenajes (lixiviado, gas) y manejo de aguas lluvias (control de escorrentías).

No es la intención de este Manual, establecer procedimientos a seguir en componentes, que están fuera del alcance contractual, así: Manejo, uso y aprovechamiento de biogás; Manejo y tratamiento de lixiviados; estos componentes, están establecidos, incluso su manejo está bajo responsabilidad de empresas específicamente contratadas para esta finalidad, que tienen sus propios procedimientos y componentes, que no se encuentran dentro de los alcances y responsabilidades contractuales del proceso que nos compete.

Los procedimientos constructivos, se detallan de manera amplia y suficiente en las sección de especificaciones técnicas. Por lo que es necesario realizar una revisión integral de las especificaciones técnicas previo iniciar la construcción del proyecto; no es necesario realizar un alcance dentro de este manual, en vista que el consultor considera que las especificaciones técnicas son suficientemente claras y explícitas. En general la construcción se rige a las Normas MOP Ministerio de Obras Públicas, y en caso de no existir, a las mejores prácticas de ingeniería y tecnología disponible.

1.1 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

El relleno sanitario El Inga, dispone de una operación estructurada, planificada y técnica. No obstante, de lo anterior, se tiene procesos subestándar, procedimientos que se han ejecutado fuera de estructura técnica o planificación, por motivos como:

a) Disponibilidad de espacio para colocar residuos.
b) Disponibilidad de espacio para almacenamiento de lixiviados.
c) Métodos de extracción de biogás.

El objetivo de este Manual, es precisamente, establecer lineamientos que eviten condiciones riesgosas (para los trabajadores o el medio ambiente) en la operación; como falta de compactación o mala conformación de celdas, falta de cobertura, etc.

1.1.1 GENERALIDADES

La celda diaria en un Relleno Sanitario es la unidad básica en la disposición de los desechos sólidos, esta cubrirá las necesidades del volumen de desechos sólidos colocados y compactados correspondientes a un día de producción cubiertos por una capa de arcilla o material de baja permeabilidad de manera temporal o definitiva, lo que permite aislar completamente los desechos del medio ambiente, a fin de evitar ingreso de líquidos y escape de gases y malos olores

1.1.2 PLAYA DE DESCARGA

La playa de descarga es el sector en el cual el vehículo recolector depositará la desechos y corresponde al "frente de trabajo" diario.

El vehículo recolector ingresa a la playa de descarga, hasta un determinado lugar -prestablecido, indicado por el supervisor de operaciones-, luego retrocede y hace un giro de 180º para depositar los desechos en la playa de descarga, la salida del vehículo se realiza con marcha hacia adelante.

El operador preparará la playa de descarga para que el vehículo recolector tenga área suficiente para maniobrar de la manera descrita con anterioridad. Este proceso tendrá un ciclo de aproximadamente 5 minutos.

A manera de señalización provisional en la playa o sector de descarga se colocarán conos numerados, líneas de demarcación, etc. que serán usadas para guiar las operaciones del relleno. Estas proveen de una ayuda visual para los operadores de las máquinas; los dispositivos removibles serán colocados de acuerdo a las necesidades del frente de trabajo de cada día.

El piso de la playa de descarga deberá mantenerse siempre limpio y en muy buenas condiciones para permitir la entrada y salida de los vehículos recolectores de desechos. Durante la estación invernal se procurará la construcción de vías de invierno reforzadas-industriales- y de sectores especiales para la maniobra de descarga.

1.1.3 PROCEDIMIENTO DE DESCARGA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

El Supervisor del Relleno Sanitario ubicará diariamente en el frente de trabajo la celda en donde se depositarán los desechos sólidos. Una vez que el vehículo recolector ingrese al Relleno Sanitario, el conductor recibirá las instrucciones necesarias para llegar al frente de trabajo y realizar la operación de descarga adecuada.

Luego de la maniobra de descarga, el vehículo recolector abandona de inmediato el frente de trabajo, para permitir la operación de tendido del material con tractor, según las indicaciones correspondientes.

1.1.4 CONFORMACIÓN DE LA CELDA DIARIA

Para la conformación de la celda diaria y compactación de los desechos sólidos se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

a. Una vez creado el frente de trabajo y con una pendiente de aproximadamente 10 grados se dispondrá la desechos.
b. La desechos que descargan los vehículos recolectores en la parte inferior del frente de trabajo, es esparcida por el tractor (bulldozer) en capas no mayores a 0,60 m, mediante pasos sucesivos de la máquina a fin de eliminar o reducir vacíos y acomodar la desechos para lograr la mayor compactación posible. Una condicionante fundamental en la conformación de celda y operación del relleno sanitario, es el empleo de un rodillo compactador especializado para residuos sólidos, esta máquina no podrá ser reemplazada, en ningún caso y bajo ninguna razón. Por lo que es

necesario tener un cronograma de mantenimientos preventivos, correctivos y revisiones periódicas al día, acompañado de un stock de repuestos recurrentes.

c. Este proceso de tendido y compactación se repite hasta conformar la celda diaria a los niveles especificados en los planos.
d. El compactador ingresará a realizar su trabajo una vez que los tractores hayan reconformado un espesor no mayor de 0,80 m; luego, de haber esparcido los desechos sólidos en todo el frente de trabajo.
e. El compactador ingresará y pasará sobre los desechos tendidos cuantas veces sea requerido, hasta alcanzar un peso específico mínimo de una tonelada de desechos por metro cúbico (1 T/m3). Esta densidad de compactación, será verificada en campo por método de muestreo directo y posteriormente por topografía.
f. Sólo debe haber un frente de trabajo diario en lo que corresponde a conformación de celda, salvo que por eficiencia en los trabajos o por imprevistos convenga crear más de un frente de trabajo.
g. La pendiente, tanto en la parte superior de la celda, como en el piso de operación, deberá ir hacia fuera, es decir, evitando que el agua se acumule en la celda terminada o en el frente de trabajo. Los vehículos recolectores no deben descargar en zonas anegadas.

b) El director del relleno sanitario, Supervisor de playa y equipo de topografía, ejercerán un estricto control respecto a las pendientes mínimas requeridas y presentadas en los diseños y planos de programación de celda diaria, ya que durante la estación lluviosa debe procurarse que no ingresen aguas lluvias en las zonas terminadas que incrementarían la producción de lixiviados.

1.1.5 DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA

Las dimensiones de la celda diaria son variables, dependiendo de factores como: la topografía del sitio a rellenar, la secuencia de operación, la compactación de la desechos al momento de su descarga en el relleno, origen y composición de los desechos sólidos, la disponibilidad del material de cobertura, tipo de material de cobertura (temporal o definitivo).

La altura de la celda diaria será al inicio de 4,40 m (sin incluir material de cobertura) tal que las capas terminadas tengan una altura de 5,00 m (con material de cobertura) durante todo el período de ejecución del relleno sanitario.

Se sugiere adoptar inicialmente un ancho de 15,00 m, y una longitud de 30 m, como frente de trabajo y con una capacidad para descargar simultanea de hasta 5 vehículos recolectores, considerando un tiempo de ciclo de cinco minutos por vehículo (que incluye la maniobra de llegada, giro, descarga y retirada).

Una vez conformada la celda diaria, se procederá a colocar la capa de material de cobertura, temporal o definitiva de acuerdo a la ubicación de la celda en el proyecto.

1.1.6 COBERTURA PARA LAS CELDAS

Una vez que se ha terminado la conformación de la celda diaria con las densidades especificadas, es decir, hasta que el volumen de desechos no sufra deformaciones significativas al paso del rodillo compactador, se procederá a la cobertura temporal de los desechos. Esta cobertura tiene como finalidad evitar la proliferación de malos olores y fuga de gases producto de la descomposición anaeróbica de los desechos. La cobertura temporal evita también el ingreso de precipitación al interior de la celda durante la estación invernal.

El material de cobertura será de baja permeabilidad procedente de la explotación en las zonas de préstamo indicadas por el Director del Proyecto y el Supervisor, de acuerdo con la geomorfología de los terrenos del relleno sanitario.

El material será tendido con tractores medianos hasta cubrir la superficie de la celda en su totalidad. Posteriormente el material será compactado con pasos sucesivos del tractor de mediana potencia.

El espesor de la capa de cobertura temporal ya compactada será igual a 30 cm. Se guardará una tolerancia en el espesor de ± 5%, misma que podrá ser comprobada por la supervisión mediante la perforación de calicatas.

La capa de cobertura temporal tendrá una pendiente mínima del 2%, verificada con el equipo de topografía, a fin de permitir el escurrimiento de aguas lluvias.

1.1.7 TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE COBERTURA FINAL, EN UN ESPESOR DE 0.40 M

En las celdas que sea necesario colocar material de cobertura final de acuerdo con los planes de diseño, es decir, taludes, bermas y plataformas. Se seguirá el mismo proceso de tendido y compactación de material descrito en el apartado correspondiente a la cobertura temporal.

Este material será de muy baja permeabilidad, con una conductividad hidráulica máxima de $K = 1.10^{-5}$ cm/seg a fin de impedir el ingreso de aguas lluvias al relleno sanitario y escape de gases a través de plataformas y taludes.

1.1.8 OPERACIÓN DE DESCARGA DURANTE LA ESTACIÓN LLUVIOSA

La operación durante la estación lluviosa deberá considerar el diseño funcional de las vías temporales de acceso al frente de trabajo de manera que las celdas diarias se encuentran cerca de las vías conformadas, facilitando el ingreso, maniobra y descarga de los vehículos recolectores. Se deberá adecuar diariamente el terreno del frente de trabajo para evitar que se produzcan accidentes o atascamientos durante el ingreso, maniobra, descarga y salida de los vehículos recolectores.

El contratista deberá indicar metodologías específicas para la ejecución de trabajos durante precipitaciones fuertes que impidan el ingreso al frente de trabajo diario. Estos procedimientos deberán ser revisados y aprobados por la Dirección del Relleno Sanitario y la supervisión.

En caso de considerar la disposición de desechos sólidos fuera del frente de trabajo, el contratista deberá indicar cuál será el procedimiento, equipo a utilizar y tiempo de acarreo de los mismos a la celda diaria a fin de que la operación del relleno no sufra retrasos y se pueda cubrir los desechos correspondientes a la celda diaria.

El contratista deberá indicar además los sitios de explotación e indicar el volumen de cobertura que mantendrá en stock para su uso durante la estación invernal en la cual la explotación y producción de material se reducirá. Se indicará también los métodos de protección del material en stock.

Se deberá dar preferencia a la colocación de desechos en las zonas más altas del proyecto durante la estación invernal para facilitar el drenaje, de la misma manera se debe preferir zonas de fácil acceso o cercanas a vías principales o secundarias definitivas.

En los meses que anteceden a la estación invernal se realizará también el acopio de material pétreo en cantidades suficientes para la construcción de las capas de base y sub-base de las vías temporales de invierno. Se especificarán los sitios de explotación, procedimiento de explotación, lugares de almacenamiento, sistema de protección del material, etc.

1.1.9 MÉTODO DE COMPACTACIÓN

Los desechos sólidos que son descargados en el frente de trabajo han sido previamente compactados en las tolvas de los vehículos recolectores, sin embargo, al ser descargados se vuelven a expandir. Durante el tendido con tractor de orugas los desechos sólidos son nuevamente compactados en cierta medida.

Una vez que se han tendido los desechos sólidos en los espesores indicados, se procede a la compactación de los mismos con pasos sucesivos del rodillo compactador. El rodillo compactador pasará cíclicamente sobre capas de un espesor máximo de 0.8 m hasta alcanzar las densidades de compactación especificadas, es decir, mínimo de 1 Ton/m³.

El proceso de compactación con rodillo termina una vez que ya no se produce reducción de volúmenes con pasos sucesivos del compactador. El control del volumen de desechos sólidos durante la compactación se controla mediante levantamiento topográfico de la celda diaria.

La medición de la compactación en la celda diaria se realizará mediante levantamiento topográfico de la manera que se indica a continuación:

- Levantamiento topográfico del frente de trabajo.
- Tendido de los desechos sólidos con tractor.
- Compactación de los desechos sólidos con rodillo compactador.
- Levantamiento topográfico post compactación de la celda conformada con desechos sólidos.
- Cálculo de la densidad de los desechos sólidos en la celda diaria. La densidad se obtiene al dividir el peso conocido de los desechos sólidos ingresados durante el día (dato recolectado en la estación de pesaje del relleno sanitario) para el volumen de la celda calculado del levantamiento topográfico.

El contratista deberá reportar al director de Proyecto y Supervisor para su revisión y aprobación, la densidad de las celdas de manera diaria. De detectarse deficiencias, en la densidad de compactación, el director de Proyecto, tomará medidas correctivas inmediatas, para garantizar la densidad mínima deseada.

1.2 SISTEMA DE BOMBEO

1. En la Fase 1, el sistema de bombeo compuesto por una cisterna con dos celdas y 3 bombas para cada una, de las cuales dos son eléctricas y una a diésel, trabajarán de forma independiente con dos líneas de impulsión igualmente autónomos que conducirán los caudales hacia la piscina 20.
2. Los caudales que llegan a la cisterna ingresan a un distribuidor de caudal desde el cual vierten a una de las celdas a la vez, hasta alcanzar su máxima capacidad.

3. Cuando la Celda 1 llegue a su nivel máximo la bomba eléctrica se activará, bombeará un caudal de 20l/s durante 34 horas cada 2.5 días aproximadamente, hacia la piscina 20; cuando llegue a nivel mínimo la bomba deberá desactivarse. Las bombas eléctricas funcionarán alternadamente después de cada parada. La bomba a diésel deberá entrar en funcionamiento únicamente en caso de falta de energía o por mantenimiento de la bomba eléctrica.
4. La válvula de desagüé ubicada en la cámara de bombas, se operará cuando se requiera vaciar completamente la línea de impulsión. En caso de avería o mantenimiento;
5. El mismo funcionamiento, indicado anteriormente tendrá la Celda 2.
6. En caso de requerirse vaciar completamente las celdas de la cisterna, ya sea por mantenimiento preventivo o correctivo, se ha previsto una bomba sumergible (motor-bomba sumergible), esta deberá ser ingresada junto con la tubería flexible a través del tecle para bombear 24.2 lt/s por 14 horas hacia la celda que no está en reparación.
7. En la Fase 2, el sistema está compuesto por la piscina 20 y 3 bombas de las cuales dos son eléctricas y una bomba diésel, que a través de una sola línea de impulsión conducirán los caudales hacia la piscina Unificada.
8. Una vez la piscina 20 llegue a su máximo nivel, la bomba eléctrica se activará para bombear 24.2 l/s por 18 horas cada 21 horas aproximadamente según el caudal recibido, igualmente que en la fase 1, las bombas eléctricas trabajarán en forma alternada después de cada parada, y la bomba a diésel únicamente en caso de falta de energía o reparación de una de las bombas eléctricas.

ING. RAMIRO REIMUNDO CARRERA
DIRECTOR DE PROYECTO - INGENIERO CIVIL

Tel. +593 99 577 3838

ingenieriaciv@yahoo.com

relleno.sanitario.ecuador@gmail.com

INDICE DE TABLAS

TABLA 01. ANALISIS DE CONTENIDO CONSULTORÍA 2017 28

TABLA 02. ANALISIS DE VALIDEZ Y APLICABILIDAD, CONSULTORÍA 2017 34

TABLA 03. CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION. 40

TABLA 04. PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS 41

TABLA 05. VALORES DE DENSIDAD PARA RSU 45

TABLA 06. VALORES DE Z EN FUNCION DE LA ZONA SISMICA. 49

TABLA 07. VALORES DE COEFICIENTE FA 50

TABLA 08. CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO 50

TABLA 09. CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO 51

TABLA 10. RESULTADOS PARA ESTABILIDAD DE ALINEACIONES 52

TABLA 11. FACTORES DE SEGURIDAD POR CORTES MINIMOS 52

TABLA 12. FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS MINIMOS. 53

TABLA 13. COMPONENTES NECESARIOS, CONSULTORÍA 2022 58

TABLA 14. RECOMENDACIONES COMPONENETE AMBIENTAL. 59

TABLA 15. ALTERNATIVA 1 65

TABLA 16. ALTERNATIVA 2 69

TABLA 17. ALTERNATIVA 3 73

TABLA 18. PROPIEDADES MECÁNICAS PARA MATERIALES EN MURO ARMADO 80

TABLA 19. PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G T2400 82

TABLA 20. PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR4000 82

TABLA 21. PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR5000 HF 83

TABLA 22. PROPIEDADES HIDRAULICA Y FISICA G TR7000 HF 83

TABLA 23. PROPIEDADES MECANICAS GUX-74 84

TABLA 24. PROPIEDADES MECANICAS GUX-49 84

TABLA 25. PROPIEDADES MECANICAS GUX-37 85

TABLA 26. PROPIEDADES MECANICAS GUX-25 85

TABLA 27. MAQUINARIA PARA LABORES DE ADECUACIÓN. 86

TABLA 28. EJE DEL FILTRO 88

TABLA 29. POLÍGONO DE EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN DEL MURO 89

TABLA 30. MAQUINARIA NECESARIA PARA LABORES DE CORTE, EXCAVACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTO 91

TABLA 31. PROPIEDADES DE MATERIAL COMPUESTO 94

TABLA 32. ENSAYOS PARA EL CONTROL Y CALIDAD DE LA OBRA 96

TABLA 33. PUNTOS DE INSTALACIÓN DE MANJOLES GEMELOS Y MANJOL SALIDA LIXIVIADOS DEL MURO ARMADO 97

TABLA 34. PUNTOS EXCAVACIÓN DE LIXIVIADOS 99

TABLA 35. REFERENCIA DE PUNTOS DE CONTROL 102

TABLA 36. UBICACIÓN DE INCLINÓMETROS EN EL MURO ARMADO 103

TABLA 37. PARÁMETROS CALCULADOS ESTABILIDAD INTERNA MURO ARMADO GEOTEXTIL 104

TABLA 38. PARÁMETROS CALCULADOS ESTABILIDAD INTERNA MURO ARMADO GEOMALLA 106

TABLA 39. FACTORES DE CORRECCION 108

TABLA 40. CARGAS MUERTAS DE LA ESTRUCTURA 108

TABLA 41. CARGAS VIVAS DE LA ESTRUCTURA 109

TABLA 42. FACTORES DE CORRECCION 109

TABLA 43. PARAMETROS UTILIZADOS EN LA ECUACION 110

TABLA 44. VALORES DE COHESION EN MURO ARMADO 110

TABLA 45. VALORES DE ES TIPICOS EN ROCAS 111

TABLA 47. VOLUMEN DE LLENADO TRINCHERA. 115

TABLA 48. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 1 116

TABLA 49. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 2 117

TABLA 50. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 3 118

TABLA 51. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 4 119

TABLA 52. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 5 120

TABLA 53. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 6 121

TABLA 54. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 7 122

TABLA 55. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 8 123

TABLA 56. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 9 124

TABLA 57. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 10 125

TABLA 58. VOLUMEN DE LLENADO POR TALUD ALTERNATIVA 3 125

TABLA 59. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 127

TABLA 60. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES GEOLÓGICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA QUITO – GUAYLLABAMBA 141

TABLA 61. GEOFORMAS EN EL ÁREA DEL ANÁLISIS Y AMBIENTES MORFOGENÉTICOS 150

TABLA 62. CLASIFICACIÓN DE UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN. 160

TABLA 63. NUMERO Y PROFUNDIDAD DE SONDEOS POR CATEGORÍA. 160

TABLA 64. COORDENADAS PERFORACIONES 161

TABLA 65. RELACIÓN DE LOS GOLPES N EN SPT Y QU SEGÚN TERZAGHI 162

TABLA 66. RELACIÓN DE LOS GOLPES N EN SPT Y %DR SEGÚN HUNT 162

TABLA 67. REGISTRO PERFORACIÓN 1 163

TABLA 68. REGISTRO PERFORACIÓN 2 164

TABLA 69. REGISTRO PERFORACIÓN 3 165

TABLA 70. REGISTRO DE PERFORACIÓN 4 167

TABLA 71. COORDENADAS DE APIQUES 171

TABLA 72. COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA 174

TABLA 73. CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELOS 179

TABLA 74. COORDENADAS DE LAS LÍNEAS DE TOMOGRAFÍA 184

TABLA 75. ESTRATOS ENCONTRADOS 187

TABLA 76. RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #1 190

TABLA 77. RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #2. 190

TABLA 78. RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #3 191

TABLA 79. RESULTADOS PROPIEDADES FÍSICAS PERFORACIÓN #4 191

TABLA 80. RESULTADOS PROPIEDADES MECÁNICAS PERFORACIÓN #1 192

TABLA 81. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TIPO DE MARTILLO 193

TABLA 82. FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD DE LA BARRA. 193

TABLA 83. FACTOR DE CORRECCIÓN POR DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN 194

TABLA 84. FACTOR DE CORRECCIÓN DE LÍNEA 194

TABLA 85. CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#1 195

TABLA 86. CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#2 195

TABLA 87. CORRECCIONES Y CORRELACIONES EN P#3 Y P#4 196

TABLA 88. RESUMEN PARÁMETROS USADOS EN LA CONSULTORÍA DE 2017 199

TABLA 89. RESULTADOS CALCULADOS POR EL PROGRAMA 200

TABLA 90. PARÁMETROS PARA UTILIZAR EN CADA ESTRATO 200

TABLA 91. VALORES DE REFERENCIA TIPICOS PARA RELLENOS SANITARIOS 201

TABLA 92. PESO UNITARIO SEGÚN GRADO DE COMPACTACIÓN EN RSU 202

TABLA 93. RELACIÓN ENTRE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN. 203

TABLA 94. VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA 206

TABLA 95. TABLA DE COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTO. 206

TABLA 96. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 213

TABLA 97. HITOS DE CONTROL PROYECTADOS Y CORREGIDOS 213

TABLA 98. VÉRTICES AUXILIARES DE CONTROL 214

TABLA 99. CODIFICACIÓN DE PUNTOS 216

TABLA 100. DATOS TÉCNICOS MEDICIÓN CON REFLECTORES 219

TABLA 101. DATOS TÉCNICOS MEDICIÓN SIN REFLECTORES 219

TABLA 102. PLAN DE VUELO CUBETO11 221

TABLA 103. CAUDALES DE INGRESO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO CISTERNA Y PISCINA 20 246

TABLA 104. TIEMPO DE LLENADO DE LAS ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO 246

TABLA 105. VALORES DISEÑO DEL PROYECTO 248

TABLA 106. CAUDALES DE INGRESO Y BOMBEO 252

TABLA 107. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA FASE 1 252

TABLA 108. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FASE 1 253

TABLA 109. RESULTADO DE CÁLCULO, CON LAS CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA 253

TABLA 110. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA SUMERGIBLE 254

TABLA 111. VOLÚMENES PISCINA 20 255

TABLA 112. CAUDAL DE INGRESO Y BOMBEO 255

TABLA 113. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA FASE 2 256

TABLA 114. CUADRO DE CARGAS EN CORREAS 278

TABLA 115. CUADRO DE CARGAS EN CORREAS 297

TABLA 116. RESUMEN VÍA DE ACCESO PRINCIPAL 322

TABLA 117. RESUMEN VÍA OPERATIVA 323

TABLA 118. RESUMEN VÍA DE ACCESO PRINCIPAL 324

TABLA 119. RESUMEN VÍA OPERATIVA 324

TABLA 120. DEMANDA DE DISEÑO 334

TABLA 121. CATEGORIA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCION. 408

TABLA 122. PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS 409

TABLA 123. PRECIPITACIÓN ESTACIÓN "LA TOLA" LONGITUD 78,3704 LATITUD 0,2318, ALTITUD 2480M 411

TABLA 124. TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS ESTACIÓN "LA TOLA" LONGITUD 78,3704 LATITUD 0,2318, ALTITUD 2480M 412

TABLA 125. PROYECCIONES POBLACIÓN DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO - DMQ 424

TABLA 126. PORCENTAJE DE COBERTURA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE ASEO PARA EL DMQ 426

TABLA 127. CÁLCULO DE POBLACIÓN A SERVIR DMQ 426

TABLA 128. PRODUCCIÓN PERCÁPITA POR HABITANTE / DÍA 428

TABLA 129. TONELADAS DE RESIDUOS DISPUESTAS EN EL RELLENO. 428

TABLA 130. CÁLCULO PPC 430

TABLA 131. PROYECCIÓN PPC 430

TABLA 132. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DERIVADOS DE LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. 443

TABLA 133. COMPONENTES AMBIENTALES 444

TABLA 134. IDENTIFICACIÓN ACTIVIDADES DEL PROYECTO 445

TABLA 135. CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA) 448

TABLA 136. CALIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN IMPORTANCIA. 450

TABLA 137. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA 451

TABLA 138. ESTIMACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS 452

TABLA 139. SIGNIFICANCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES 452

TABLA 140. ANÁLISIS SIGNIFICANCIA DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS. 453

TABLA 141. IMPACTOS Y PROGRAMAS 455

TABLA 142. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS (PMI) 458

TABLA 143. MANEJO DE DESECHOS. (PMD) 460

TABLA 144. CAPACITACIÓN Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL (PCC) 461

TABLA 145. RELACIONES COMUNITARIAS (PRC) 462

TABLA 146. EMERGENCIAS Y CONTNGENCIAS (PEC) 464

TABLA 147. MONITOREO Y SEGUIMIENTO (PMS) 465

TABLA 148. REQUISITOS DE MATERIALES PARA DIQUE SEGÚN LA NEVI – 12 482

TABLA 149. POLÍGONO DE EXCAVACIÓN Y ADECUACIÓN DEL DIQUE 485

TABLA 150. MAQUINARIA PARA LABORES DE CORTE Y EXCAVACIÓN 487

TABLA 151. POLÍGONO DE EXCAVACIÓN Y ADECUACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL DIQUE 487

TABLA 152. EJE DE EXCAVACIÓN 489

TABLA 153. MAQUINARIA PARA LABORES DE CORTE Y EXCAVACIÓN 490

TABLA 154. UBICACIÓN DE CANTERAS PARA MATERIAL DE PRÉSTAMO 491

TABLA 155. PROPIEDADES DE MATERIAL COMPUESTO 492

TABLA 156. DOSIFICACIÓN DE BENTONITA EN CAMPO 493

TABLA 157. ÁREA DE EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL NÚCLEO 493

TABLA 158. MAQUINARIA PARA LABORES DE EXPLOTACIÓN Y CONFORMACIÓN DE MATERIAL DEL NÚCLEO, TALUDES Y CORONA. 494

TABLA 159. FRECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES 496

TABLA 160. PUNTOS DE INSTALACIÓN DE MANJOLES GEMELOS Y MANJOL SALIDA LIXIVIADOS DEL DIQUE 497

TABLA 161. PUNTOS DE EXCAVACIÓN TUBERÍA DE LIXIVIADOS 499

TABLA 162. PROYECCIONES DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BIOGÁS. 501

TABLA 163. PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE LIXIVIADO 509

TABLA 164. REFERENCIA DE PUNTOS DE CONTROL 518

TABLA 166. VALORES DE FACTORES DE CORRECCIÓN 521

TABLA 167. CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACIÓN TIPO MUERTAS 521

TABLA 168. CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACIÓN TIPO VIVAS 521

TABLA 169. FACTORES DE SEGURIDAD PARA CAPACIDAD PORTANTE 522

TABLA 170. CARGAS EJERCIDAS EN EL SUELO DE CIMENTACION TIPO VIVAS 522

TABLA 171. PARÁMETROS UTILIZADOS 523

TABLA 172. FACTORES DE SEGURIDAD PARA ANÁLISIS DE TALUDES 526

TABLA 173. FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO 527

TABLA 174. FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO 528

TABLA 175. FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE DISMINUCIÓN DE PRESIÓN PRELIMINARES 530

TABLA 176. FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS PERFILES DEL DIQUE Y LLENADO 532

TABLA 177. COORDENADAS PIEZOMETROS EN ÁREA DE CUBETOS 6 Y 7 537

TABLA 178. COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL EN DIQUE Y CISTERNA 538

TABLA 179. ESPESOR Y PERMEABILIDAD DEL REVESTIMIENTO GEOLÓGICO 539

TABLA 180. GEOTEXTIL DISPONIBLE EN EL MERCADO. 542

TABLA 181. VALORES RECOMENDADOS PARA SUPERVIVENCIA DE LA GEOMEMBRANA, ASOCIADA AL PROCESO DE INSTALACIÓN 544

TABLA 182. VOLUMEN DE LLENADO OPTIMIZACIÓN EL INGA 548

TABLA 183. VOLUMEN DE LLENADO TRINCHERA. 549

TABLA 184. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 1 550

TABLA 185. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 2 551

TABLA 186. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 3 552

TABLA 187. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 4 553

TABLA 188. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 5 554

TABLA 189. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 6 555

TABLA 190. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 7 556

TABLA 191. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 8 557

TABLA 192. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 9 558

TABLA 193. VOLUMEN DE LLENADO TALUD 10 559

TABLA 194. VOLUMEN DE LLENADO POR TALUD ALTERNATIVA 2 560

TABLA 195. VIDA ÚTIL EN CONDICIONES POSIBLES 560

TABLA 196. RESUMEN DE PRESUPUESTO POR ALTERNATIVA 564

TABLA 197. COEFICIENTES Y SÍMBOLOS DE LA FÓRMULA POLINÓMICA 568

TABLA 198. CUADRILLA TIPO 568

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01. UBICACIÓN DE PERFORACIONES..... 39
FIGURA 02. UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV´s..... 40
FIGURA 03. ÁREA RECOMENDADA POR SINGH & MURPHY 43
FIGURA 04. ENVOLVENTE DE ROTURA BI-LINEAL PARA RESIDUOS..... 44
FIGURA 05. DIAGRAMA CON ZONA RECOMENDADA PARA DISEÑO 44
FIGURA 06. DIAGRAMA CON ZONA RECOMENDADA PARA DISEÑO 46
FIGURA 07. ÁREA DEL DIQUE CUBETO 11 47
FIGURA 08. ALINEACIÓN O-O1 48
FIGURA 09. COLUMNA CON COTAS EN LA PERFORACIÓN #4 48
FIGURA 10. COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL 49
FIGURA 11. ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN PARA PERFORACIÓN 2 Y 3..... 51
FIGURA 12. ESTABILIDAD DE DIQUE EN CUBETO 11 ESTÁTICAMENTE..... 53
FIGURA 13. ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.29. 54
FIGURA 14. ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.15. 55
FIGURA 15. ESTABILIDAD DE DIQUE EN CONDICIONES PSEUDO ESTÁTICAS KH=0.15. 55
FIGURA 16. ESQUEMA DE MEDIDAS LONGITUDINALES MURO ARMADO 78
FIGURA 17. SISTEMA DE PROTECCIÓN Y DRENAJE 80
FIGURA 18. SOBRECARGAS EN MURO ARMADO 81
FIGURA 19. PERFIL DE ÁREA DE EXCAVACIÓN MURO DE CONTENCIÓN 86
FIGURA 20. FILTRO DRENANTE..... 87
FIGURA 21. VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL MURO. 90
FIGURA 22. PERFIL EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIÓN DEL MURO 91
FIGURA 23. DISEÑO GEOMÉTRICO MURO ARMADO 92
FIGURA 24. FORMALETA..... 93
FIGURA 25. INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL 93

FIGURA 26. FORMALETA PARA CONFORMACIÓN DE GEOTEXTIL POR CAPAS DE TIERRA 93
FIGURA 27. INSTALACIÓN GEOMALLA..... 93
FIGURA 28. CONFORMACIÓN GENERAL DEL MURO ARMADO..... 95
FIGURA 29. COMPACTACIÓN DE CAPAS DE MURO 95
FIGURA 30. MANJOLES CONTROL DE LIXIVIADOS..... 98
FIGURA 31. TUBERIA DE LIXIVIADOS 98
FIGURA 32. ANCLAJE DE GEOMEMBRANA Y GEOTEXTIL 100
FIGURA 33. DISEÑO DE CANAL DE AGUAS LLUVIAS..... 101
FIGURA 34. CANALES DE AGUAS LLUVIAS..... 101
FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL MURO ARMADO 102
FIGURA 36. ASENTAMIENTOS TOTALES EN DIQUE 25 AÑOS 111
FIGURA 37. FASES DE LLENADO ALTERNATIVA 3 113
FIGURA 38. FASE DE LLENADO TRINCHERA..... 115
FIGURA 39. FASE DE LLENADO TALUD 1..... 116
FIGURA 40. FASE DE LLENADO TALUD 2..... 117
FIGURA 41. FASE DE LLENADO TALUD 3..... 118
FIGURA 42. FASE DE TALUD 4 119
FIGURA 43. FASE DE LLENADO TALUD 5..... 120
FIGURA 44. FASE DE LLENADO TALUD 6..... 121
FIGURA 45. FASE DE LLENADO TALUD 7..... 122
FIGURA 46. FASE DE LLENADO TALUD 8..... 123
FIGURA 47. FASE DE LLENADO TALUD 9..... 124
FIGURA 48. FASE DE LLENADO TALUD 10..... 125
FIGURA 49. LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EL INGA VIA E35 137
FIGURA 50. ZONA DELIMITADA PARA ESTUDIO..... 137
FIGURA 51. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REGIONAL DE LA CUENCA QUITO-GUAYLLABAMBA 142

FIGURA 52. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 144
FIGURA 53. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 144
FIGURA 54. DEPÓSITO DE RELLENO ANTRÓPICO 145
FIGURA 55. DEPÓSITO ALUVIAL ASOCIADO AL RÍO EL INGA 146
FIGURA 56. CONTACTO GEOLÓGICO ENTRE FORMACIÓN CHICHE Y LA FORMACIÓN CANGAGUA. 146
FIGURA 57. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA PLIO-CUATERNARIA DEL VALLE INTERANDINO CENTRAL EN ECUADOR (ZONA DE QUITO-GUAYLLABAMBA-SAN ANTONIO DE PICHINCHA) 148
FIGURA 58. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 148
FIGURA 59. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ANÁLISIS 149
FIGURA 60. GEOFORMA DE ENCAJONAMIENTO FLUVIAL "ENCAÑONAMIENTO" 151
FIGURA 61. GEOFORMA DE INSICION FLUVIAL "VALLE EN V" 151
FIGURA 62. GEOFORMA RELIEVE VOLCÁNICO ONDULADO 152
FIGURA 63. RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO (MUY BAJO, MEDIO Y ALTO) 153
FIGURA 64. GEOFORMA PLANOS Y RELLENOS ANTRÓPICOS 154
FIGURA 65. EROSIÓN CONCENTRADA EN SURCOS Y CÁRCAVAS SOBRE TALUDES DEL RELLENO ANTRÓPICO 155
FIGURA 66. PROCESO DE MORFODINÁMICA TIPO DESLIZAMIENTO EN COSTADO OESTE AL RELLENO 155
FIGURA 67. ÁREA DE TRABAJO EN RELLENO SANITARIO EL INGA 157
FIGURA 68. PERFORADORA ACKER ACE 15.21HP 158
FIGURA 69. PERFORADORA A PERCUSIÓN CON TRÍPODE. 158
FIGURA 70. MUESTREADOR TIPO CUCHARA PARTIDA 159
FIGURA 71. UBICACIÓN PERFORACIONES 161
FIGURA 72. EXTRACCIÓN DE MUESTRA TIPO BLOQUE 169
FIGURA 73. MUESTRA EXTRAÍDA TIPO SACO 170
FIGURA 74. UBICACIÓN DE LOS MUESTREOS TIPO BLOQUE 170
FIGURA 75. MUESTRA EXTRAÍDA TIPO BLOQUE 171
FIGURA 76. EQUIPO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 172

FIGURA 77. EQUIPO DE TOMOGRAFÍAS 173
FIGURA 78. LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA 174
FIGURA 79. GRAFICA CRUDA DISTANCIA VS TIEMPO 176
FIGURA 80. GRAFICA REFINADA DISTANCIA VS TIEMPO 176
FIGURA 81. GRAFICA DE DISPERSIÓN DE FASE 177
FIGURA 82. RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VS 178
FIGURA 83. RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VP 178
FIGURA 84. RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VS 180
FIGURA 85. RESULTADOS VELOCIDAD DE ONDA VP 181
FIGURA 86. ARREGLO TETRAELECTRODICO PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD DEL SUBSUELO 183
FIGURA 87. CONFIGURACIÓN DE ARREGLOS EN CAMPO WENNER Y SCHLUMBERGER 183
FIGURA 88. CONFIGURACIÓN Y METODOLOGÍA DE ARREGLOS EN CAMPO DIPOLO-DIPOLO 184
FIGURA 89. LOCALIZACIÓN EN CAMPO DE TOMOGRAFÍAS 185
FIGURA 90. DIGITALIZACIÓN DE TOMOGRAFÍA A-A1 185
FIGURA 91. DIGITALIZACIÓN DE TOMOGRAFÍAS B-B1 186
FIGURA 92. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA 188
FIGURA 93. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DE LOS BLOQUES 197
FIGURA 94. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DE LOS BLOQUES 197
FIGURA 95. DETERMINACIÓN DE VALOR GSI 198
FIGURA 96. VALORES UTILIZADOS EN EL PROGRAMA ROCLAB. 199
FIGURA 97. RESULTADOS CALCULADOS POR EL PROGRAMA 199
FIGURA 98. RELACIÓN PROFUNDIDAD VS PESO UNITARIO 202
FIGURA 99. RELACIÓN ENTRE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN 203
FIGURA 100. NIVELES DE SATURACIÓN DE LOS CUBETOS 204
FIGURA 101. UBICACIÓN DE RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 208
FIGURA 102. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GPS EFIX F4 210

FIGURA 103. UBICACIÓN HITOS RS4-RS7 211
FIGURA 104. UBICACIÓN DE LOS 4 HITOS DE CONTROL. 212
FIGURA 105. UBICACIÓN DE POLÍGONO SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO. 215
FIGURA 106. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR RADIACIÓN 217
FIGURA 107. TOMA DE PUNTOS TALUD. 217
FIGURA 108. TOMA DE PUNTOS RIO INGA 218
FIGURA 109. UBICACIÓN DE MARCADORES DE CONTROL 222
FIGURA 110. VISTA ISOMÉTRICA MODELO DIGITAL DEL TERRENO 223
FIGURA 111. IMPLANTACIÓN DE TRIANGULACIÓN Y ORTOFOTO 224
FIGURA 112. UBICACIÓN DE CISTERNA, PISCINA 20 Y PISCINA UNIFICADA 243
FIGURA 113. INCRUSTACIONES EN TUBERÍA DE PVC DEFORMADA POR PESO 244
FIGURA 114. ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO E IMPULSIÓN 245
FIGURA 115. ESQUEMÁTICO DE SISTEMA DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN 251
FIGURA 116. UBICACIÓN DE RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 261
FIGURA 117. PLANTA CISTERNA 263
FIGURA 118. CORTE A-A 264
FIGURA 119. CORTE B-B 264
FIGURA 120. UBICACIÓN VIGAS TRASVERSALES (9 UNIDADES) 272
FIGURA 121. VISTA FRONTAL VIGA TRANVERSAL 273
FIGURA 122. ACERO DE REFUERZO EN VIGA 274
FIGURA 123. CUBIERTA METÁLICA SOBRE CISTERNA 275
FIGURA 124. PÓRTICO TIPO-CUBIERTA 1 276
FIGURA 125. PÓRTICO TIPO ESTACIÓN DE BOMBEO 287
FIGURA 126. PLANTA CUBIERTA METÁLICA ESTACIÓN DE BOMBEO 2 287
FIGURA 127. PÓRTICO TIPO CUBIERTA CURVA 295
FIGURA 128. PLANTA TIPO CUBIERTA CURVA METÁLICA 296

FIGURA 129. PLANTA CÁMARA DEL GENERADOR Y TABLEROS 302
FIGURA 130. DETALLE ARMADURA DE VIGAS 308
FIGURA 131. DETALLE ARMADURA DE LOSA ALIVIANADA 309
FIGURA 132. PLANTA ESCALERA METÁLICA 310
FIGURA 133. CORTE X1-X1 DE ESCALERA METÁLICA 311
FIGURA 134. DETALLE LONGITUDINAL 316
FIGURA 135. ARMADO ESCALÓN 317
FIGURA 136. IMPLANTACIóN DE VíAS DE ACCESO. 319
FIGURA 137. SECCIÓN TÍPICA – VÍA DE ACCESO PRINCIPAL 325
FIGURA 138. SECCIÓN TÍPICA – RESIDUOS. 325
FIGURA 139. SECCIÓN TÍPICA VÍA OPERATIVA. 326
FIGURA 140. IMPLANTACIóN DE VíAS DE ACCESO. 326
FIGURA 141. UBICACIÓN DEL PROYECTO 330
FIGURA 142. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO 332
FIGURA 143. RED DE MV PROYECTADA EMGIR-EP 332
FIGURA 144. TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO CONVENCIONAL. 335
FIGURA 145. CONDUCTOR ULTRAFLEX DE COBRE PARA 1 KV 336
FIGURA 146. SISTEMA DE MEDIDA EN MEDIO VOLTAJE 337
FIGURA 147. JUEGO SECCIONAMIENTO Y PARARRAYOS PARA LAS TRES FASES. 338
FIGURA 148. MALLA DE TIERRA PARA TRANSFORMADOR 339
FIGURA 149. DETALLES DE POZOS DE REVISIÓN 340
FIGURA 150. DETALLES DE TABLERO DE CONTROL DE BOMBAS 342
FIGURA 151. COMPLEJO Y TODAS SUS INSTALACIONES 386
FIGURA 152. CAPA COBERTURA 387
FIGURA 153. VEGETACIóN DEL SECTOR 388
FIGURA 154. PLANTA ARQUITECTÓNICA BAÑOS PÚBLICOS 389

FIGURA 155. PERSPECTIVA MÓDULO DE BAÑOS 390
FIGURA 156. UBICACIÓN DEL MODULO 390
FIGURA 157. PROTOTIPO DE MOBILIARIO 391
FIGURA 158. UBICACIÓN MOBILIARIO 392
FIGURA 159. MIRADOR 392
FIGURA 160. 3D PROPUESTA 393
FIGURA 161. VISTA RELLENO SANITARIO EL INGA 394
FIGURA 162. CORTE – FACHADA SECTOR OFICINAS 394
FIGURA 163. UBICACIÓN DE PERFORACIONES. 407
FIGURA 164. UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV´s 407
FIGURA 165. GEOMORFOLOGÍA ECUADOR. 410
FIGURA 166. PRECIPITACIÓN 1980 - 1990 414
FIGURA 167. PRECIPITACIÓN 1990 - 2000 414
FIGURA 168. PRECIPITACIÓN 2000 - 2010 415
FIGURA 169. PRECIPITACIÓN 2010 - 2019 415
FIGURA 170. TEMPERATURA 1980 - 1985 416
FIGURA 171. TEMPERATURA 86 - 90 417
FIGURA 172. TEMPERATURA 91-95 417
FIGURA 173. TEMPERATURA 1996 - 2000 418
FIGURA 174. TEMPERATURA 01-05 418
FIGURA 175. TEMPERATURA 06-10. 419
FIGURA 176. TEMPERATURA 11 - 15 419
FIGURA 177. TEMPERATURA 16-19 420
FIGURA 178. ESCENARIO NATURAL RELLENO EL INGA 423
FIGURA 179. PROYECCIÓN RESIDUOS. 431
FIGURA 180. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 432

FIGURA 181. TETRAEDRO DEL FUEGO 467
FIGURA 182. ÁREA DE PISCINA 9 Y 9A 480
FIGURA 183. DIRECTRICES DE DISEÑO GEOMÉTRICOS DE DIQUES 481
FIGURA 184. ESPECIFICACIONES DEL DIQUE 483
FIGURA 185. EXCAVACIÓN PARA ADECUACIÓN DEL ÁREA DEL DIQUE 485
FIGURA 186. VISTA EN PLANTA DE ÁREA TOTAL DE EXCAVACIÓN 486
FIGURA 187. ESTADO ACTUAL DE SECTOR DE LAGUNA 486
FIGURA 188. VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL DIQUE 488
FIGURA 189. SECCIÓN DEL FILTRO FRANCES 489
FIGURA 190. VISTA EN PLANTA DEL ÁREA DE EXCAVACIÓN CIMIENTO DEL DIQUE 490
FIGURA 191. CONFORMACIÓN GENERAL DEL DIQUE 495
FIGURA 192. MANJOLES CONTROL DE LIXIVIADOS 498
FIGURA 193. TUBERÍA DE LIXIVIADOS 498
FIGURA 194. SECCIÓN DE EXCAVACIÓN TUBERÍA DE LIXIVIADOS 499
FIGURA 195. ANCLAJE DE GEOMEMBRANA Y GEOTEXTIL 500
FIGURA 196. PROYECCIONES DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE BIOGÁS. 503
FIGURA 197. ESPACIAMIENTO DE CHIMENEAS Y DRENES/POZOS HZ 505
FIGURA 198. PERFORACIONES EN TUBERÍA DE CHIMENEA 506
FIGURA 199. SISTEMA DE CONExIÓN CHIMENEAS ANTIGUAS CON CHIMENEAS NUEVAS 507
FIGURA 200. PROYECCION DE GENERACIÓN DE LIXIVIADOS 515
FIGURA 201. DISEÑO DE CANAL DE AGUAS LLUVIAS 517
FIGURA 202. CANALES DE AGUAS LLUVIAS 517
FIGURA 203. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN EL DIQUE 518
FIGURA 204. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS PRESIONES DE TIERRA 523
FIGURA 205. ASENTAMIENTOS TOTALES EN DIQUE 25 AÑOS 525
FIGURA 206. REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL MÉTODO MORGENSTERN – PRICE. 526

FIGURA 207. PRIMER ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN COEFICIENTE RU DE LOS RSU. 529
FIGURA 208. SEGUNDO ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN COEFICIENTE RU DE LOS RSU. 529
FIGURA 209. ESQUEMA DE PIEZÓMETROS HILO VIBRÁTIL 536
FIGURA 210. SISTEMA DE CAPA DRENAJE DE PISO Y SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO 539
FIGURA 211. ÁBACO DE DISEÑO BARRERA GEOLÓGICA (ACAR Y HAIDER) 540
FIGURA 212. FUERZAS ACTUANTES EN SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO..... 543
FIGURA 213. SISTEMA DE CAPA DRENAJE DE PISO Y SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PROPUESTO 545
FIGURA 214. DETALLE DE CLAUSURA..... 546
FIGURA 215. DISEÑO CUNETA PARA AGUAS LLUVIAS..... 547
FIGURA 216. FASES DE LLENADO..... 548
FIGURA 217. FASE DE LLENADO TRINCHERA..... 549
FIGURA 218. FASE DE LLENADO TALUD 1..... 550
FIGURA 219. FASE DE LLENADO TALUD 2..... 551
FIGURA 220. FASE DE LLENADO TALUD 3..... 552
FIGURA 221. FASE DE TALUD 4 553
FIGURA 222. FASE DE LLENADO TALUD 5..... 554
FIGURA 223. FASE DE LLENADO TALUD 6..... 555
FIGURA 224. FASE DE LLENADO TALUD 7..... 556
FIGURA 225. FASE DE LLENADO TALUD 8..... 557
FIGURA 226. FASE DE LLENADO TALUD 9..... 558
FIGURA 227. FASE DE LLENADO TALUD 10..... 559