

# “DISEÑO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES DE CALDERÓN”

## INFORME FINAL DEFINITIVO SEPTIEMBRE, 2021



### VOLUMEN 03: INFORME PRINCIPAL

REV.	FECHA	ELABORACIÓN		REVISIÓN	
		NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA
C	SEPTIEMBRE 2021	MSc. Ing. Ximena Hidalgo.		MSc. Ing. Ximena Hidalgo.	

• C: RESPUESTA A OFICIO N°. EPMAPS-GTI-2021-262

## Contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1	ANTECEDENTES .....	12
1.2	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO</b> .....	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GENERAL DE LA CONSULTORÍA .....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO.....	16
2.3	ALCANCE DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO .....	16
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
3.1	GENERALIDADES .....	19
3.1.1.	Línea de Transmisión Collaloma .....	23
3.1.2.	Línea de Transmisión El Carmen.....	25
3.1.3.	Línea de Transmisión Ponceano.....	27
3.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DISEÑADO .....	29
3.3	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	31
3.4	TANQUES DE RESERVA .....	35
3.5	ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC) .....	36
3.6	MODERNIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE VÁLVULAS EXISTENTES.....	37
3.7	REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	37
<b>4</b>	<b>CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO</b> 41	
4.1	ANTECEDENTES .....	41
4.2	COMPONENTE TOPOGRAFÍA.....	42
4.2.1	Introducción.....	42
4.2.2	Objetivo .....	42
4.2.3	Determinación de puntos de control básicos de referencia.....	43
4.2.3.1	Sistema de referencia geodésico y proyección plana .....	43
4.2.3.2	Localización, señalización y monumentación de puntos GNSS ....	43
4.2.3.3	Control básico horizontal.....	45
4.2.3.4	Control básico vertical .....	45
4.2.3.5	Trabajos de gabinete.....	46
4.2.3.6	RESULTADOS PUNTOS DE CONTROL BÁSICOS DE REFERENCIA	
	46	
4.2.4	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS ESCALA 1:1000 .....	49
4.2.5	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO .....	49

4.2.6	Levantamiento topográfico de la línea de transmisión.....	53
4.2.6.1	Dibujo de planos.....	53
4.2.6.2	Personal y equipo utilizado personal asignado .....	57
4.2.6.3	Equipo utilizado.....	57
4.2.6.4	Cantidades ejecutadas.....	58
4.3	COMPONENTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG .....	58
4.3.1	INTRODUCCIÓN.....	58
4.3.2	OBJETIVO .....	59
4.3.3	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	59
4.3.4	Mapas elaborados en formato SIG para la fase de diseño definitivo....	71
4.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
4.4.1	TOPOGRAFÍA.....	77
4.4.2	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	77
5	ESTUDIO DE GEOLOGÍA – GEOTECNIA (FASE III) .....	77
5.1	TRABAJOS DE CAMPO .....	77
5.2	NORMAS TECNICAS UTILIZADAS.....	78
5.3	MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO REGIONAL .....	78
5.3.1	Marco Tectónico Regional .....	78
5.3.2	Contexto Geológico Regional.....	78
5.3.3	Contexto Geomorfológico.....	79
5.3.4	Marco Hidrogeológico Regional .....	84
5.3.5	ESTRATIGRAFÍA LOCAL Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	86
5.4	INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS.....	90
5.5	ENSAYOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO .....	90
5.6	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS .....	101
5.6.1	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS.....	101
5.6.2	ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS MECÁNICOS .....	102
5.7	CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS EN LOS TANQUES.....	105
5.7.1	Carga admisible del terreno.....	105
5.7.2	Asientos y mejoramiento del suelo .....	107
5.8	CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES .....	109
5.8.1	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA ZANJA.....	109
5.9	FUENTE DE MATERIALES.....	114
5.9.1	Sitios de fuentes de materiales .....	114

5.10	ESCOMBRERAS .....	117
<b>6</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO.....</b>	<b>118</b>
6.1	OBJETIVOS .....	118
6.2	METODOLOGÍA .....	118
6.3	NORMAS.....	118
6.4	BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO .....	119
6.5	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN SERVIDA DEL SISTEMA CALDERÓN.....	120
6.5.1	Áreas de crecimiento futuro y población por sectores.....	120
6.5.2	Áreas de crecimiento urbano .....	121
6.6	DEMANDA MEDIA Y MÁXIMA DIARIA DE AGUA POTABLE .....	124
6.6.1	DEMANDA MEDIA DIARIA.....	124
6.6.2	Datos de Macro – Medidores .....	125
6.6.3	DEMANDA MÁXIMA DIARIA DE AGUA POTABLE.....	126
6.7	OFERTA DE AGUA POTABLE.....	126
6.8	CAUDALES DE DISEÑO.....	127
6.9	AMPLIACIÓN DE TANQUES DE RESERVA .....	128
6.9.1	Volumen .....	130
6.9.2	Tuberías de entrada.....	130
6.9.3	Tuberías de salida para suministro a la red.....	130
6.9.4	Tubería de desagüe y lavado .....	131
6.9.5	Tubería de rebose.....	131
6.9.6	Diseño del subdrenaje .....	132
6.9.7	Pozo recolector de agua de subdrenaje .....	134
6.9.8	Ventilación en losa superior de tanque .....	134
6.9.9	Número de ventilaciones en cubierta.....	135
6.9.10	Boca de acceso con escalera vertical con protección de seguridad..	135
6.10	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	135
6.10.1	Trazado de la línea de conducción.....	135
6.10.2	LÍNEA PRINCIPAL PTAP CALDERÓN- CARRETAS .....	138
6.10.3	LÍNEA PTAP CALDERÓN- SAN JUAN DE CALDERÓN ALTO.....	139
6.10.4	LÍNEA SAN JOSÉ DE MORÁN-BRISAS DEL NORTE-PLAN DE VIVIENDA ECUADOR .....	141
6.10.5	LÍNEA SAN JOSÉ DE MORÁN-SAN MIGUEL DEL COMÚN ALTO .....	142
6.10.6	DERIVACIÓN HACIA SAN LUIS/ LLANO GRANDE .....	143

6.10.7	Cruce de la Panamericana (poner el numeral que le corresponda .....	145
6.10.8	Variante Línea a Llano Grande Alto .....	145
6.11	ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC) DE CAUDAL, PRESIÓN Y NIVEL DE TANQUES 146	
6.12	MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN .....	150
6.12.1	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	150
6.13	FLUJO PERMANENTE .....	153
6.13.1	PERIODO EXTENDIDO .....	155
6.14	MODELACIÓN HIDRÁULICA CON FLUJO NO PERMANENTE.....	156
6.15	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN CON EL FLUJO NO PERMANENTE .....	159
6.15.1	CIERRE: ESCENARIO 1 .....	159
6.15.2	DESAGÜE: ESCENARIO 2.....	160
6.15.3	CONCLUSIONES MODELACIÓN DE FLUJO NO PERMANENTE .....	161
6.16	CAMBIO DE VÁLVULAS DE SALIDA EN LOS TANQUES EXISTENTES .....	161
6.17	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE VÁLVULAS .....	162
6.17.1	VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO O CORTE EN LÍNEA PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN PRINCIPAL Y DERIVACIONES HACIA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO .....	162
6.17.2	SELECCIÓN DEL TIPO DE VÁLVULAS .....	162
6.17.3	VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE (VENTOSAS).....	163
6.17.4	CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE .....	164
6.17.5	CÁLCULO DE LAS VÁLVULAS DE DRENAJE O PURGA.....	167
6.18	REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE .....	169
6.18.1	BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN 169	
6.18.2	MATERIALES PARA TUBERÍAS DE REDES .....	170
6.18.3	CAUDALES.....	170
6.18.4	RESULTADOS.....	172
6.19	CRITERIOS HIDRÁULICOS PARA EL EQUIPO DE MONITOREO Y CONTROL (SCADA) DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE CALDERÓN .....	176
6.19.1	Balance Hídrico.....	177
6.19.2	Control de niveles.....	177
6.19.3	Regular Caudales.....	178
6.19.4	Regulación de presiones.....	179

6.19.5	Paradas programadas y de emergencia .....	180
6.20	CONCLUSIONES DISEÑO HIDRÁULICO .....	180
7	DISEÑO MECÁNICO.....	182
7.1	MATERIAL SELECCIONADO.....	182
7.2	ESPEORES NORMALIZADOS DE LAS TUBERÍAS .....	182
7.3	PROCESO DE SOLDADURA DE LAS TUBERÍAS.....	183
7.3.1	REVESTIMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE LAS TUBERÍAS .....	183
7.3.2	DISEÑOS DE ACCESORIOS DE REDES DE TRANSMISIÓN .....	183
7.3.3	PROTECCIÓN CATÓDICA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....	183
7.3.4	DISEÑO DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS .....	184
8.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL, INSTRUMENTACIÓN Y COMUNICACIONES (SCADA) .....	188
8.1	OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	188
8.2	DESARROLLO DEL DISEÑO .....	189
8.3	DIAGRAMA P&ID .....	189
8.4	DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL .....	190
8.5	INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DEL PROCESO .....	191
8.5.1	MEDIDOR DE FLUJO/CAUDAL .....	191
8.5.2	MEDIDOR DE NIVEL .....	191
8.5.3	SENSOR DE NIVEL (DETECCIÓN DE INUNDACIÓN.....	193
8.5.4	MEDIDOR DE PRESIÓN.....	194
8.5.5	ACTUADOR ELÉCTRICO, MOTORIZADO.....	194
8.6	SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SUPERVISIÓN .....	195
8.7	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA .....	198
8.7.1	ESTIMACIÓN DE CARGA PARA CADA ESTACIÓN / TANQUE .....	200
8.8	SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	203
8.8.1	OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	203
9.	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	203
9.1	CRITERIOS Y PARÁMETROS DEL DISEÑO.....	204
9.1.1	DATOS SCADA SOBRE IP .....	205
9.1.2	VOZ SOBRE IP .....	205
9.1.3	VIDEO SOBRE IP .....	206
9.2	SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA .....	207
9.2.1	LA RED LAN 2 SERÁ UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES INALÁMBRICO .....	207

9.3	CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO .....	207
9.3.1	DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA .....	210
9.3.2	TUBERÍA TDP PARA PROTECCIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA .....	211
9.3.3	IDENTIFICACIÓN Y ROTULACIÓN.....	211
9.4	SISTEMA DE COMUNICACIONES POR ENLACE DE RADIO FRECUENCIA.....	212
9.4.1	RANGO DE FRECUENCIAS.....	212
9.4.2	EQUIPOS DE RADIO .....	213
9.4.3	TOPOLOGIA PUNTO – MULTIPUNTO.....	213
9.4.4	TOPOLOGIA PUNTO – PUNTO .....	215
9.4.5	TORRES DE COMUNICACIONES.....	216
9.5	SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS, ALARMAS Y PROTECCIÓN PERIMETRAL 217	
9.6	CONTROL DISTRIBUIDO EN ESTACIONES.....	218
9.7	EQUIPAMIENTO EN LAS ESTACIONES DEL SISTEMA .....	219
10.	ESTUDIOS AMBIENTALES .....	222
10.1	MARCO LEGAL.....	222
10.2	MARCO INSTITUCIONAL .....	224
10.3	METODOLOGIA .....	228
10.4	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL .....	243
10.5	SERVICIOS AFECTADOS .....	250
10.6	COORDINACION CON OTROS ORGANISMOS.....	252
10.7	SOCIALIZACION .....	254
11.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	264
11.1	METODOLOGÍA UTILIZADA .....	264
11.2	VOLÚMENES Y CANTIDADES DE OBRA .....	264
11.2.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	265
11.2.2	CUADRO DE APUS.....	268
11.2.3	PRESUPUESTO .....	¡Error! Marcador no definido.
12.	EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	270
12.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	270
12.2	EVALUACIÓN FINANCIERA .....	272
6.5	CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	275

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Documentos que Forman Parte de los Diseños Definitivos de la Línea de Transmisión, Tanques de Almacenamiento y Redes Calderón.....	18
Tabla 2 Sistemas actuales de Abastecimiento para Calderón .....	20
Tabla 3 Configuración del Sistema .....	30
Tabla 4 Zonas de Refuerzo.....	31
Tabla 5 Volumen tanques de reserva .....	35
Tabla 6 Datos de las Redes de Distribución de los Sectores Evaluados hidráulicamente.....	39
Tabla 7 Sistema de Referencia Espacial para el DMQ (SIRESDMQ).....	43
Tabla 8 Coordenadas Punto GNSS De Partida .....	44
Tabla 9 Resumen Procesamiento Puntos GNSS.....	47
Tabla 10 Coordenadas Geográficas .....	47
Tabla 11 Coordenadas UTM WGS84 .....	48
Tabla 12 Coordenadas TM QUITO .....	48
Tabla 13 Levantamientos Topográficos a Escala 1:1000.....	50
Tabla 14 Planos Topográficos Escala 1: 1000.....	53
Tabla 15 Rubros y cantidades ejecutadas .....	58
Tabla 16 Principal Información Geográfica Proporcionada por la EPMAPS y Recopilada-Analizada por la Consultora .....	60
Tabla 17 Unidades Geomorfológicas .....	80
Tabla 18 Síntesis Lito-Estratigráfica Referencial del Área del Proyecto .....	86
Tabla 19 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de Calicatas .....	92
Tabla 20 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de SPT – Líneas de Transmisión .....	93
Tabla 21 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de SPT - Tanques ..	95
Tabla 22 Características Físicas y Mecánicas de los Suelos Ensayados .....	100
Tabla 23 Unidades Geotécnicas (UG) y Litoestratigrafía Definidas en el Área del Proyecto.....	101
Tabla 24 Resumen de Propiedades Mecánicas, Obtenidas a Partir del SPT, Línea de Transmisión .....	102
Tabla 25 Resumen de Propiedades Mecánicas, Obtenidas a Partir del SPT .....	104
Tabla 26 Carga Admisible, Losas .....	106
Tabla 27 Resultados de Tensiones, Asientos, Tanques .....	107
Tabla 28 Porcentaje que pasa el material de mejoramiento Tipo Sub base 3 .....	108
Tabla 29 Resultante de Tensiones, Asiento, Tanques.....	109
Tabla 30 Parámetros de Resistencia Medios de cada Tramo de Zanja.....	111
Tabla 31 Ubicación de las Fuentes de los Materiales.....	114
Tabla 32 Ubicación de los Posibles Sitios Para Escombreras .....	117
Tabla 33 Parámetros de Diseño.....	119
Tabla 34 Proyección de la población servida del sistema Calderón hasta el año 2050 .....	121
Tabla 35 Parámetros para el Cálculo de la Dotación Media Diaria (l/s) .....	124
Tabla 36 Proyección de la Demanda Media Diaria (l/s) .....	124
Tabla 37 Caudales Medidos en los Tanques Iniciales de Líneas de Transmisión .....	125
Tabla 38 Caudales Máximos Diarios del Sistema Calderón .....	127
Tabla 39 Requerimientos de volumen en Tanques de Reserva en el año 2025 .....	128
Tabla 40 Dimensiones De Pozo Recolector.....	134
Tabla 41 Descripción de la Línea Principal .....	139
Tabla 42 Descripción De La Línea San José De Moran-Plan De Vivienda Ecuador .....	141
Tabla 43 Descripción de la línea San José de Moran-Plan San Miguel del Común .....	143
Tabla 44 Descripción De La Línea A Llano Grande .....	144
Tabla 45: Tanques que requieren pórtico grúa .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 46: Nivel mínimo de operación para considerar el volumen inactivo.....	148
Tabla 47 Nivel Mínimo de Operación para considerar El Volumen Inactivo.....	152
Tabla 48 Condiciones de operación de las válvulas de control de flujo .....	154
Tabla 49 Ramales De Refuerzo .....	155

Tabla 50: Válvulas mariposa a colocar en cámaras existentes por tanque.....	161
Tabla 51 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil Calderón Derivación – Llano Grande Bajo En La Línea De Transmisión Del Proyecto Redes Calderón.....	164
Tabla 52 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil PTAP .....	165
Tabla 53Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil PTAP .....	165
Tabla 54 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil San .....	166
Tabla 55: Desagües ubicados en el proyecto .....	167
Tabla 56: Capacidad mínima hidráulica de alcantarillado .....	168
Tabla 57 Datos de las redes de distribución de los sectores estudios .....	174
Tabla 58 Datos de las redes de distribución de los sectores estudios .....	175
Tabla 59 ID de las válvulas de control .....	176
Tabla 60 Niveles máximos y mínimos de operación de tanques.....	177
Tabla 61 Caudales de consigna para las válvulas de control de flujo .....	178
Tabla 62 Regulación de presiones.....	179
Tabla 63 Valores de los espesores de la tubería para las líneas de transmisión de Calderón .....	182
Tabla 64 Válvulas De Control De Flujo De Paso Anular Diseñadas Para La Línea De Transmisión Y Redes De Calderón .....	184
Tabla 65 VÁLVULAS DE CONTROL PARA DESAGÜE DE PASO ANULAR.....	185
Tabla 66 Características técnicas principales - Válvulas Mariposa de guardia Y seccionamiento.....	185
Tabla 67 Las Válvulas De Aire De Triple Función.....	188
Tabla 68 Estimación De Carga Eléctrica DC – Parte I.....	200
Tabla 69 Estimación De Carga Eléctrica DC – Parte II .....	201
Tabla 70 Tasa Binaria De Salida Y Retardo Producida Por Códec De Voz .....	205
Tabla 71 Número De Teléfonos IP Y Cámaras IP.....	206
Tabla 72 Estaciones Repetidoras Del Sistema De Radio .....	213
Tabla 73 Sistema De Radio Punto – Multipunto.....	214
Tabla 74 Listado De Estaciones Repetidoras .....	215
Tabla 75 Resumen De Los Enlaces Punto A Punto .....	216
Tabla 76 Tablas Resumen .....	219
Tabla 77 Equipamiento En Tanque Cuatro Esquinas .....	220
Tabla 78Equipamiento En Centro De Control UMED.....	221
Tabla 79 Actividades Fase Constructiva Redes – Calderón .....	229
Tabla 80 Acciones Para La Fase De Operación Y Mantenimiento .....	232
Tabla 81 Acciones Para La Fase De Cierre .....	232
Tabla 82 Factores Ambientales Considerados para la Caracterización Ambiental Proyecto Línea de Conducción Puenbo – Calderón .....	233
Tabla 83 Matriz de Identificación de Impactos .....	237
Tabla 84 Rango De Valoración Ambiental .....	239
Tabla 85 Rango De Importancia Del Impacto .....	240
Tabla 86 Matriz de Calificación de Impactos Ambientales LTRC.....	241
Tabla 87 Matriz de la Importancia de los Impactos Ambientales LTRC .....	242
Tabla 88 Porcentajes de afectación de Vías y Caminos por tipo .....	250
Tabla 89 Sectores de Afectación Alcantarillado .....	250
Tabla 90 Abscisa – Cruce de Tubería.....	251
Tabla 91Tipo de servicio afectado .....	252
Tabla 92 Requerimientos de Organismos Gubernamentales .....	253
Tabla 93 Actores Institucionales .....	258
Tabla 94 Representantes de los Barrios de la Zona del Proyecto .....	260
Tabla 95 Costos indirectos.....	266
Tabla 96 Presupuesto detallado por componentes del Proyecto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 97 Cronograma de Ejecución del Proyecto Línea de Transmisión, Tanques y Redes Calderón .....	269
Tabla 53 Análisis Costo - Beneficio.....	272
Tabla 99 Indicadores de Rentabilidad.....	274

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema General de la línea de Transmisión Paluguillo-Calderón .....	14
Figura 2 Ubicación General de Desarrollo del Proyecto .....	15
Figura 3 Esquema de Operación del Sistema Calderón existente .....	21
Figura 4 Sistema de líneas de distribución y sectores actuales de la Parroquia Calderón .....	22
Figura 5 Esquema de la línea Collaloma-SJCA .....	24
Figura 6 Esquema de la línea El Carmen Llano Grande – Bajo .....	26
Figura 7 Esquema Línea de transmisión Ponceano – Arenal .....	28
Figura 8 Perfil hidráulico del sistema actual .....	29
Figura 9 Perfil Hidráulico Del Sistema Con Funcionamiento A Futuro (Abastecimiento Desde PTAP Calderón).....	29
Figura 10 Implantación del proyecto futuro .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 11 Implantación del proyecto futuro sobre cartografía base .....	33
Figura 12 Esquematación del Sistema Calderón .....	34
Figura 13 Configuración Tipo De Una Estructura De Control .....	36
Figura 14 Sectores de Distribución .....	40
Figura 15 Zonas con Levantamiento Topográfico 1:1000.....	52
Figura 16 Mapa Geomorfológico Regional .....	82
Figura 17 Sistema de Drenaje y Lineamientos del sector San Miguel del Comun y Oyacoto. Línea roja Continua Corresponde a la LCPC.....	83
Figura 18 Amplia Zona de Relleno – Meseta – Smv/Smvd/Vmv/Rv4, y Relieve Colinado .....	83
Figura 19 Área de Estudio PTA Calderón-Tanque 1-2. LCPC-Línea Color Magenta.....	84
Figura 20 Mapa Geo Hidrológico Regional .....	85
Figura 21 Mapa Geológico General .....	89
Figura 22 Mapa de Ubicación de investigaciones Geológico – Geotecnicas .....	91
Figura 23 Tramos de las Líneas de Conducción para el Estudio de Estabilidad de las Zanjas ....	110
Figura 24 Resolución Gráfica de las Superficies de Rotura con Factor de Seguridad Mínimo Tramo I FS = 1.1 y FS = 0.8 .....	112
Figura 25 Resolución gráfica de las superficies de rotura con factor de seguridad mínimo Tramo II (FS = 1.24 y FS = 0.83 .....	113
Figura 26 Sección Tipo de la Zanja Propuesta .....	114
Figura 27 Ubicación de Fuentes de Materiales.....	116
Figura 28 Escombrera “El Semillero”, Sitio de Acumulación / Disposición de material .....	117
Figura 29 Crecimiento De La Población Servida En La Parroquia Calderón .....	122
Figura 30 Sectores de Distribución .....	123
Figura 31 Configuración De Ventilación De Tubería.....	130
Figura 32 Ventilación en Tubería de Desborde Llano Grande Alto, Vista en Corte .....	132
Figura 33 Configuración de Subdrenaje Llano Grande Alto, vista en planta .....	132
Figura 34 Descripción De Las Capas Del Subdrenaje .....	133
Figura 35 Tubería De Subdrenaje Llano Grande Alto Vista En Corte .....	133
Figura 36 Pozo de Subdrenaje Llano Grande Alto, vista en corte .....	134
Figura 37 Ventilaciones Del Tanque Llano Grande Alto, Vista En Corte.....	135
Figura 38 Implantación de la línea de transmisión PTAP Calderón - Carretas .....	137
Figura 39 Implantación sobre la fotografía Google de la Línea de transmisión PTAP Calderón - SJCA .....	140
Figura 40 Trazado de la línea de transmisión entre la PTAP Calderón y el tanque SJCA.....	140

Figura 41 Línea existente San José Morán – Plan de Vivienda Ecuador .....	141
Figura 42 Implantación sobre la fotografía Google de la línea Nueva desde San José de Moran hasta San Miguel del Común Alto .....	142
Figura 43 Implantación sobre la fotografía Google de la línea Nueva desde 4 Esquinas 2 Llano	143
Figura 44: Implantación sobre la fotografía Google de la línea desde Llano Grande Alto hasta Llano Grande Bajo .....	144
Figura 45: Implantación sobre la fotografía Google de la sección de cruce bajo la Panamericana de la línea que baja desde SJM hacia SMCA.....	145
Figura 46 Implantación del trazado línea LLGA (en rojo la tubería propuesta que actualmente se usa para red, en azul la tubería que actualmente se usa para alimentar a LLGA) .....	146
Figura 47 Configuración tipo de una Estructura de Control Vista en Planta.....	147
Figura 48 Configuración tipo de una Estructura de Control Vista en Planta.....	149
Figura 49 Esquematación De La Salida A Redes De Los Tanques: Arenal 1 Y 2.....	150
Figura 50 Definición De Sumergencia Mínima.....	152
Figura 51 Curva de Modulación de Caudales .....	155
Figura 52 Resultados De Porcentajes De Llenado De Tanques (Simulación En Tiempo Extendido: 7Días) .....	156
Figura 53 Curva Característica Para La Válvula Tipo .....	158
Figura 54 Patrón de Cierre de la válvula .....	159
Figura 55. Envoltente de presiones para la operación de cierre válvula en tanques Carretas.....	160
Figura 56. Envoltente de presiones para la operación de ruptura de tubería .....	160
Figura 57 Planta Cámara De Válvulas .....	163
Figura 58 Corte Cámara De Válvulas .....	163
Figura 59 Perfil Longitudinal Y Transversal De La Cámara De Válvulas De Aire .....	167
Figura 60. Corte de la cámara tipo para la válvula de desagüe con tubería de descarga .....	168
Figura 61. Planta de la cámara tipo para la válvula de desagüe con tubería de descarga .....	169
Figura 62 Asignación de áreas de servicio al sector Mariana de Jesús .....	171
Figura 63: Red de distribución de agua potable sector Marian de Jesús .....	173
Figura 64: Presiones Sector Mariana de Jesus para el año 2050 .....	174
Figura 65 Ubicación para el montaje de los interruptores de nivel LSH y LSL .....	193
Figura 66 Esquema para La Programación del HMI .....	197
Figura 67 Herramienta Gráfica para Dimensionar Según la SAI .....	199
Figura 68 Protocolo de las Redes LAN .....	205
Figura 69 La Arquitectura Y Lógica De Operación De La Red LAN1 De Fibra Óptica .....	207
Figura 70 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica .....	209
Figura 71 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica .....	210
Figura 72 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica .....	210
Figura 73 Copia De Pantalla De La Resolución De ARCOTEL .....	212
Figura 74 Sistemas Punto A Multipunto Del Sistema De Radio .....	215
Figura 75 Pirámide Kelseniana De La Constitución De La República del Ecuador.....	223
Figura 76 Marco Institucional del Proyecto .....	225
Figura 77 Componentes de un Análisis de Precios Unitarios .....	265

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

El presente Informe Principal forma parte de los Estudios de la Fase III: Diseño Definitivo del proyecto: “*Diseño de las Líneas de Transmisión, Tanques y Redes de Calderón*”.

El sistema de abastecimiento para la parroquia Calderón, en una primera etapa de su desarrollo, continuará siendo alimentado de agua desde la Planta de Tratamiento de Bellavista, a través de la línea de la transmisión Bellavista - Collaloma - Carcelén y las líneas Ponceano – Arenal y Carmen Bajo – Arenal y de los tanques 4 Esquinas y San Luis. A partir del año 2025, podrá incrementarse el caudal en 650 l/s, dado que entrarán a operar la línea Paluguillo – Puembo – Calderón y el primer módulo de la nueva planta de tratamiento ubicada en el extremo norte de la parroquia Calderón. En el año 2030 se alcanzará la capacidad de diseño (1300 l/s) de la PTAP Calderón, lo que permitirá cubrir toda la demanda de la zona del proyecto.

Entre los años 2025 y 2030, la demanda del proyecto continuará incrementándose; por lo tanto, el sistema Bellavista continuará entregando caudal a ciertos tanques del sistema Calderón, hasta que sea construido el siguiente módulo de la planta de tratamiento.

### 1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) desarrolla el proyecto Integral Calderón, con el objetivo de garantizar a corto, mediano y largo plazo el abastecimiento de agua potable a esta parroquia y a las poblaciones de San Antonio y de Calacalí.

Este Proyecto Integral Calderón necesita la construcción de las obras que se enumeran a continuación y que se presentan esquemáticamente en la Figura 1:

- i. Línea de conducción Paluguillo – Puembo - Calderón
- ii. Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP Calderón (ubicada en el sector de San Juan de Calderón Alto)
- iii. Líneas de transmisión, tanques y redes de distribución de Calderón

El objeto de la presente consultoría es el diseño del tercer ítem; es decir, el diseño de las “Líneas de transmisión, tanques y redes de distribución de Calderón”.

La Figura 2 presenta el área de estudio, ubicada en el centro de la Provincia de Pichincha, al Noreste del Distrito Metropolitano de Quito, a corta distancia de la línea equinoccial.

Los límites del área de desarrollo del proyecto, que cubre una superficie del orden de las 4.608 Ha, son:

- Norte: Parroquia San Antonio
- Sur: Parroquia Llano Chico
- Este: Parroquia Guayllabamba
- Oeste: Parroquia Pomasqui y Distrito Metropolitano de Quito

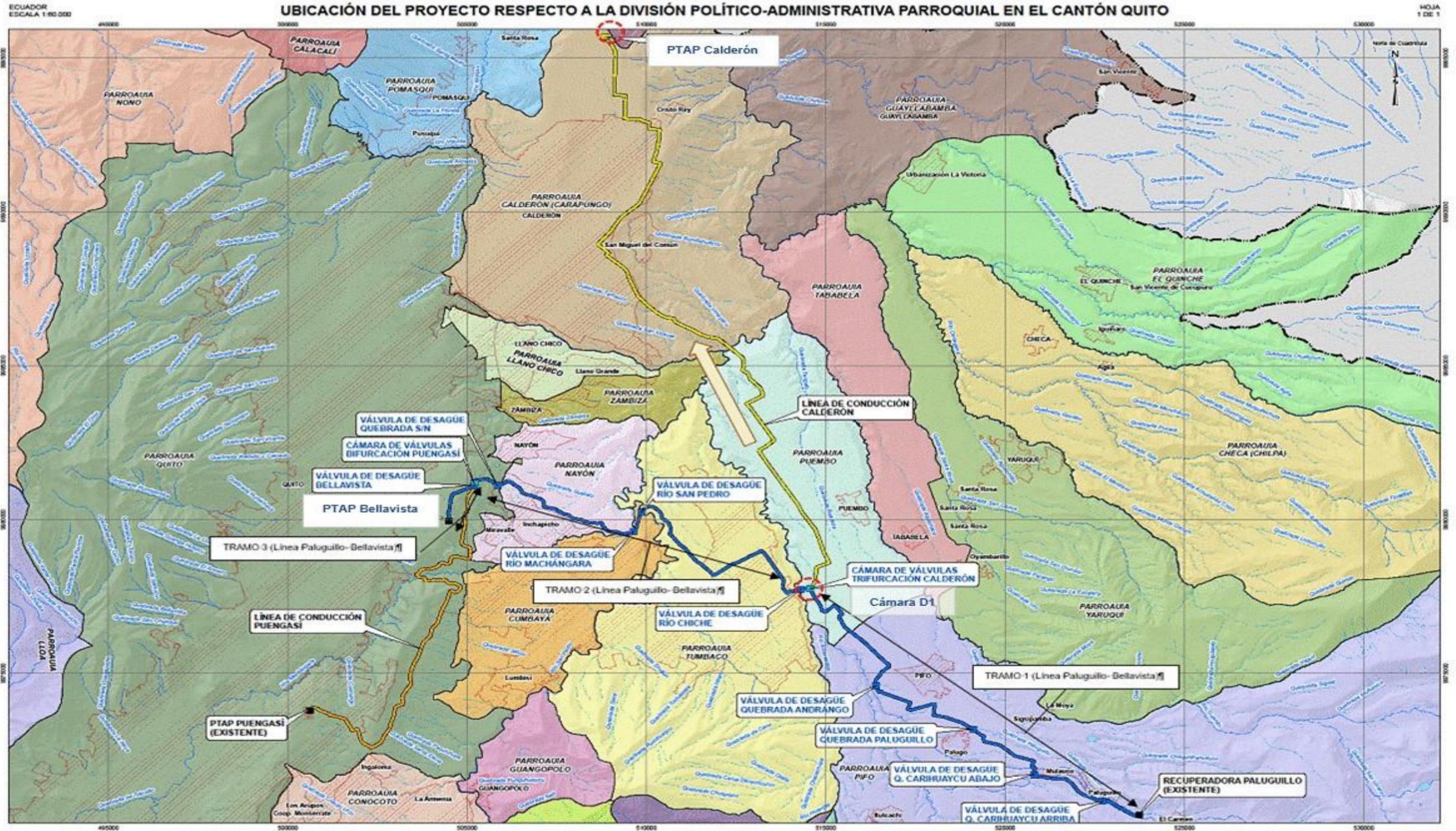


Figura 1 Esquema General de la línea de Transmisión Paluguillo-Calderón

Elaboración: INGECONSULT, 2021

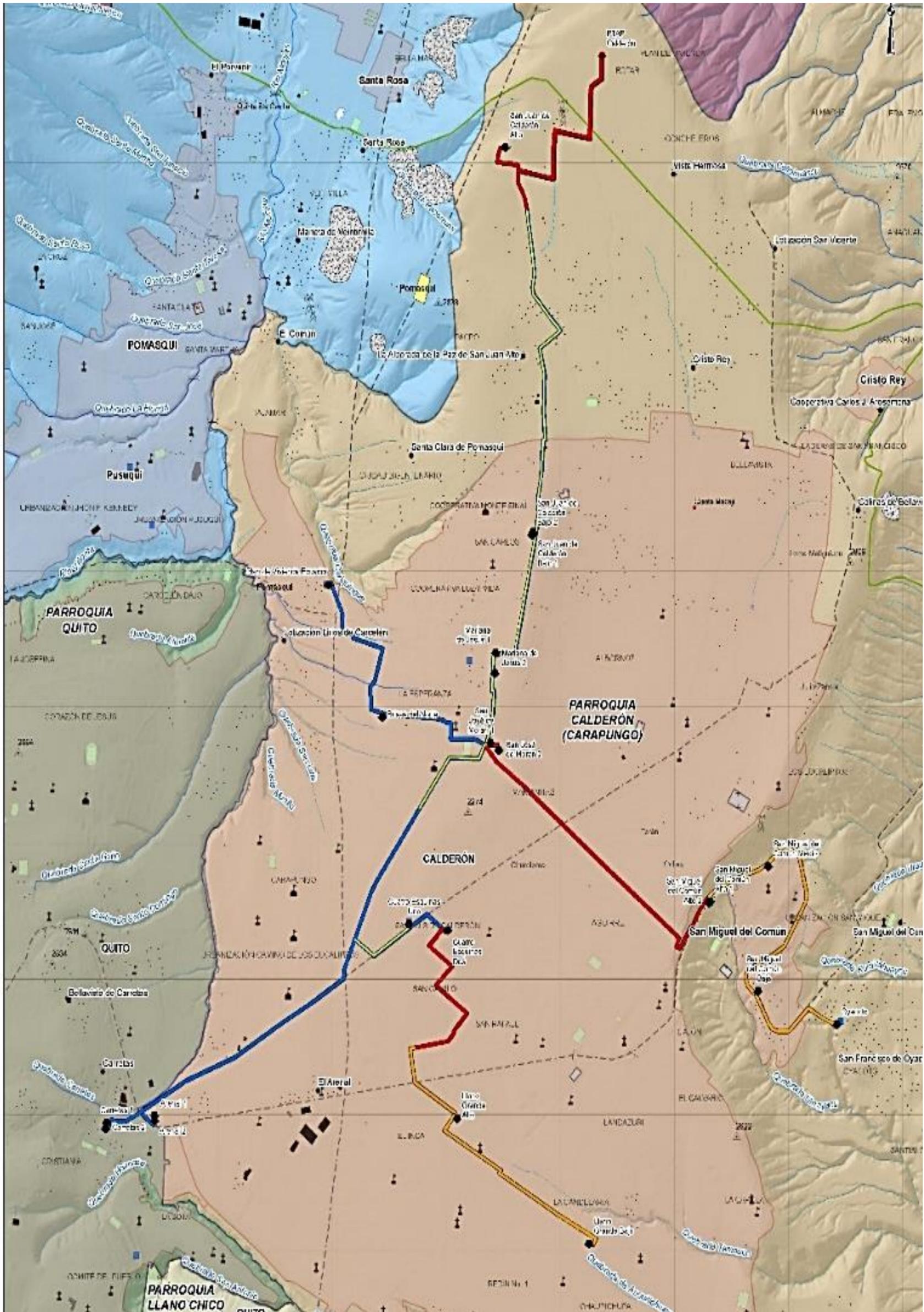


Figura 2 Ubicación General de Desarrollo del Proyecto

Fuente: INGECONSULT, 2021

La zona de estudio es, en su gran mayoría, una zona consolidada urbana, que cuenta con fácil acceso de las obras, exceptuando la zona de San Juan de Calderón Alto, con desarrollo urbano incipiente y menor densidad poblacional.

## **2 . OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL DE LA CONSULTORÍA**

El objetivo general es el realizar los Diseños Definitivos, planos, especificaciones y todo documento necesario para la construcción de las Líneas de Transmisión, tanques y Redes de Distribución del Sistema Calderón, de tal manera de cubrir la demanda de agua potable actual y futura de las parroquias de Calderón, San Antonio y Calacalí.

De igual modo, se cuenta con un diagnóstico actual del funcionamiento del sistema existente, considerando el actual abastecimiento desde el sistema Bellavista; analizar el funcionamiento del sistema actual, considerando el abastecimiento desde la nueva PTAP Calderón: y, definir obras y equipamiento a corto y mediano plazo, para que el sistema de Agua Potable de Calderón funcione con el nuevo sistema.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO**

Se señalan fundamentalmente los siguientes:

- Realizar el Diseño Definitivo de las Líneas de Transmisión del Sistema Calderón considerando el abastecimiento desde la nueva Planta de Tratamiento de Calderón, con todos los detalles, planos, especificaciones técnicas, presupuestos, programación de obras, manuales de operación y mantenimiento, así como los documentos necesarios para contratar la construcción de las obras.
- Realizar los Diseños Definitivos de la ampliación de los actuales tanques, que permita cubrir la demanda de agua potable para finales del periodo de diseño (2040).
- Verificar el funcionamiento de las redes primarias para las nuevas condiciones de demanda, manteniendo la configuración del actual sistema de distribución y de ser el caso, realizar el diseño definitivo de las tuberías de refuerzo.
- Efectuar las evaluaciones financieras, socio-económicas y sociales, los análisis de sensibilidad, vulnerabilidad y riesgos; así como todo trabajo previsto en el Acuerdo 039-CG y en la legislación y normas vigentes.

### **2.3 ALCANCE DE LA FASE III: DISEÑO DEFINITIVO**

INGECONSULT Cía. Ltda. realiza el estudio de las Líneas de Transmisión, Tanques y Redes de Distribución del Sistema Calderón, dividido en las siguientes Fases:

### **Fase I. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD:**

Esta fase se relaciona con la verificación del funcionamiento hidráulico de las líneas de transmisión existentes, capacidad de las reservas y una evaluación del sistema SCADA para las condiciones futuras, esto es, cuando ingrese la nueva planta de tratamiento ubicada en el sector de San Juan de Calderón y el planteamiento de alternativas para el caso de que se requiera reforzar estas tuberías, por cuando la dirección del flujo del agua será en sentido contrario al actual.

### **Fase II. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD:**

Diseños a nivel de factibilidad de la alternativa seleccionada en la Fase I: Prefactibilidad, para la línea de transmisión y automatización de los tanques, y nuevos tanques que se requiera para incorporar nuevas zonas de expansión.

Elaboración y presentación de informes.

### **Fase III. DISEÑOS DEFINITIVOS:**

- Diseños Definitivos de las líneas de transmisión, nuevos tanques.
- Diseño Definitivo del sistema de automatización.
- Diseño de los refuerzos del sistema de distribución.
- Elaboración y presentación de informes.

Los Diseños Definitivos del proyecto constan de los siguientes documentos:

□ **Volumen N° 1.** El Informe Ejecutivo (Memoria descriptiva) preparada con un enfoque que permita al lector conocer de manera pormenorizada los criterios seguidos para las fases de Prefactibilidad, Factibilidad y el Diseño Definitivo de las partes componentes del proyecto: DISEÑOS DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN.

□ **Volumen N° 2.** Ficha Técnica del Proyecto. En él, se resumirá con el suficiente detalle, todas las características de los elementos, equipos e instalaciones que componen la obra. Igualmente, se resumirán los datos de partida y parámetros de diseño, tanto los que han servido para seleccionar y justificar la solución adoptada, como aquéllos que han supuesto la base para el dimensionamiento de cada parte de obra.

□ **Volumen N° 3. El Informe Principal** (Memoria de cálculo) que incluirá los diferentes cálculos realizados por los diseñadores, admitiéndose en este caso la presentación de impresiones de computadora cuando se hayan utilizado programas y medios electrónicos para el procesamiento de estos cálculos. Dentro de estas memorias se incluirán cuadros resumidos de criterios, fórmulas utilizadas y resultados, así como una breve descripción de

la metodología empleada, que permita comprender el desarrollo de los cálculos, del proyecto  
DISEÑOS DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN y estará conformado con los informes que se detallan en la siguiente Tabla.

**Tabla 1 Documentos que Forman Parte de los Diseños Definitivos de la Línea de Transmisión, Tanques de Almacenamiento y Redes Calderón**

<b>DOCUMENTOS GENERALES</b>	<b>CÓDIGO</b>
Volumen 01 - Informe Ejecutivo	LTR-F3-GEN-GEN-I-P-0000-E
Volumen 02 - Ficha Técnica del Proyecto	LTR-F3-GEN-GEN-I-P-0002-E
Volumen 03 - Informe Principal	LTR-F3-GEN-GEN-I-P-0003-E
<b>CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y SIG</b>	
Volumen 04 - Topografía, Cartografía y SIG	LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-E
<b>GEOLOGÍA Y GEOTECNIA</b>	
Volumen 05 - Geología y Geotecnia	LTR-F3-GEN-GEO-I-P-0000-E
<b>VULNERABILIDAD Y RIESGOS</b>	
Volumen 06 - Análisis de Vulnerabilidad y Riesgos	LTR-F3-GEN-RSG-I-P-0000-E
<b>OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS</b>	
Volumen 07 - Diseño Hidráulico	LTR-F3-GEN-HID-I-P-0000-E
<b>SOCIOLOGÍA</b>	
Volumen 08 - Expropiaciones y Servidumbres	LTR-F3-GEN-EXP-I-P-0000-E
<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS Y ACCESORIOS</b>	
Volumen 10A - Arquitectura y Paisajismo	LTR-F3-GEN-ARQ-I-P-0000-E
<b>OBRAS ESTRUCTURALES</b>	
Volumen 10B - Cálculos Estructurales	LTR-F3-GEN-EST-I-P-0000-E
<b>EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO, ELÉCTRICO, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL Y COMUNICACIONES</b>	
<b>CÁLCULOS ELECTROMECÁNICOS Y ELÉCTRICOS</b>	
Volumen 11A - Cálculos Electromecánicos y Eléctricos	LTR-F3-GEN-MEE-I-P-0000-E
<b>INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL</b>	
Volumen 11B - Instrumentación y Control	LTR-F3-GEN-INS-L-P-0000-E
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
Volumen 12 - Manual de Operación y Mantenimiento	LTR-F3-GEN-MOM-L-P-0000-E
<b>TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, EQUIPO MÍNIMO</b>	
Volumen 13 - Volúmenes de Obra	LTR-F3-GEN-VDO-L-P-0000-E
<b>SOCIOLOGÍA</b>	
Volumen 14 - Coordinación con otros Organismos	LTR-F3-GEN-CCO-I-P-0000-E

DOCUMENTOS GENERALES	CÓDIGO
<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD ESPECÍFICA PARA EL PROYECTO</b>	
Volumen 15 - Seguridad y Salud	<b>LTR-F3-GEN-SEG-I-P-0000-E</b>
<b>ESTUDIO AMBIENTAL</b>	
Volumen 16A - Estudio de Impacto Ambiental	<b>LTR-F3-GEN-AMB-I-P-0000-E</b>
Volumen 16B - Socialización del Proyecto	<b>LTR-F3-GEN-SDP-I-P-0000-E</b>
Volumen 16C - Servicios Afectados y Reposiciones	<b>LTR-F3-GEN-SAR-I-P-0000-E</b>

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 3 . DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

#### 3.1 GENERALIDADES

La fuente de abastecimiento es la actual planta de tratamiento de agua potable de Bellavista que abastece de agua potable al Norte de ciudad de Quito y varias parroquias aledañas como son: Cumbayá, Nayón, Zámbiza, Llano Chico, Pomasqui y San Antonio de Pichincha. Con la construcción del nuevo sistema y correspondiente PTAP Calderón, se busca aliviar la demanda actual de la planta Bellavista, de tal forma que esta agua pueda ser aprovechada para Quito.

El área de cobertura del proyecto es de aproximadamente 4 200 Has, entre las cotas 2820 msnm hasta la cota 2460 msnm.

El abastecimiento de agua potable a la parroquia de Calderón actualmente se realiza mediante tres interconexiones desde la línea de transmisión Bellavista-Collaloma Carcelén:

1. Línea de transmisión desde el tanque Collaloma Bajo No.2-211 hasta el tanque San Juan Bajo de Calderón.
2. Línea de transmisión desde la interconexión Monteserrín hacia el tanque San Luis y Cuatro Esquinas No. 2, conocida también como línea El Carmen Alto.
3. Línea de transmisión desde el tanque Ponceano que actualmente alimenta el tanque Arenal 1. El tanque Ponceano forma parte de sistema Bellavista.

En la tabla 2 se muestra un listado de los tanques y las zonas de servicio de cada uno de ellos. En la figura 3 se esquematiza el funcionamiento de todo el sistema bajo análisis. En la figura 4 se muestra el perfil hidráulico del sistema actual bajo operación.

**Tabla 2 Sistemas actuales de Abastecimiento para Calderón**

Abastecimiento	A Tanque	A Sector	
Collaloma 2-211	Arenal Nuevo (Deshabilitado)		
	Mariana de Jesús Nuevo		
	Mariana de Jesús Viejo		
	San José de Morán Nuevo		Brisas
			Plan de Vivienda Ecuador
	San José de Morán Viejo		
	San Juan de Calderón Alto		
	San Juan de Calderón Bajo Nuevo		
San Juan de Calderón Bajo Viejo			
Ponceano/TRP	Arenal Nuevo		
	Arenal Viejo		
	Carretas Nuevo		
	Carretas Viejo		
El Carmen	Arenal Viejo		
	San Luis		
	Cuatro Esquinas 2		Llano Grande Alto
			Llano Grande Bajo
			San Miguel del Común Alto
			San Miguel del Común Medio
			San Miguel del Común Bajo
	Oyacoto		

Fuente: INGECONSULT, 2021

ESQUEMA SISTEMA CALDERÓN (AÑO 2050)

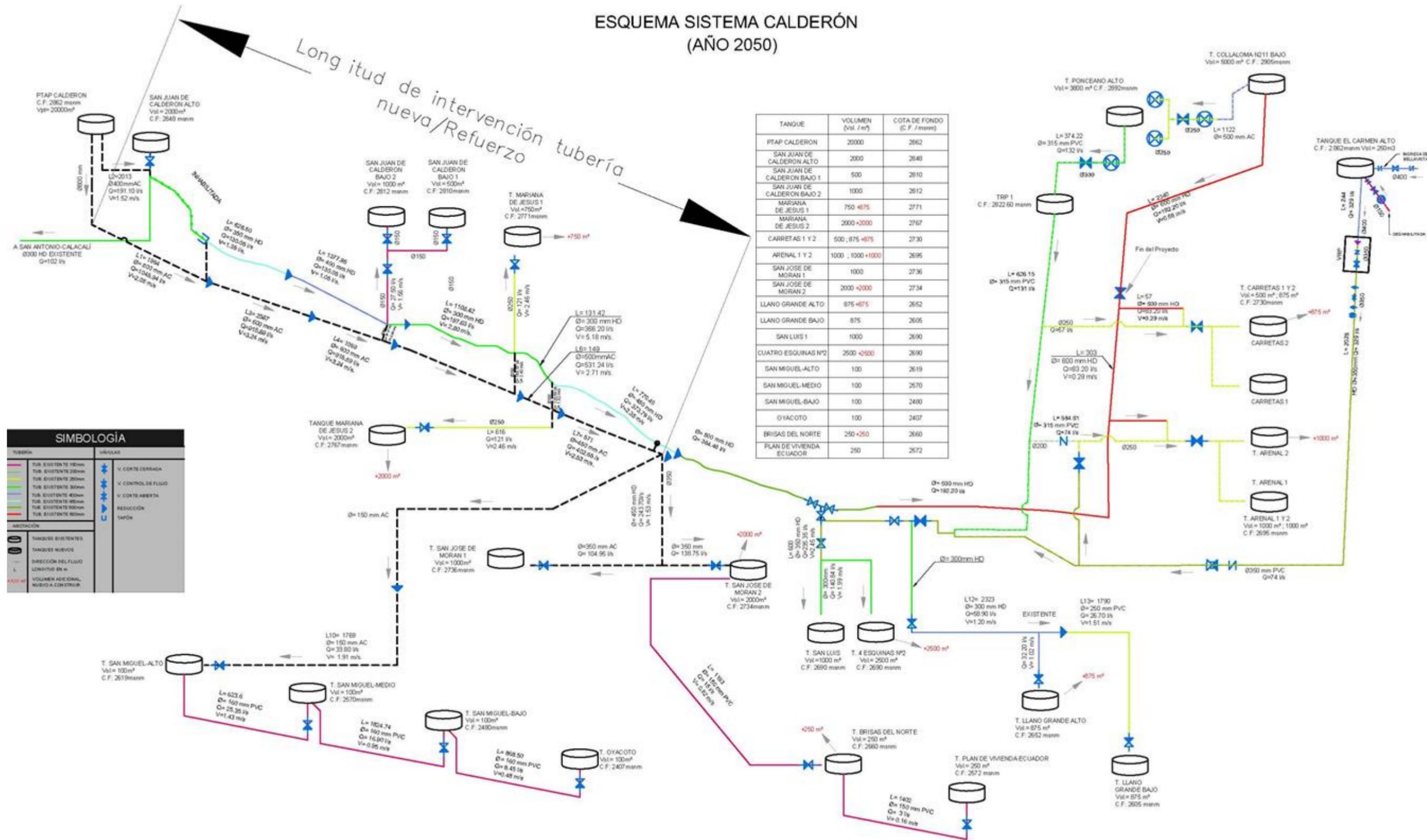


Figura 3 Esquema de Operación del Sistema Calderón existente

Fuente: INGECONSULT, 2021

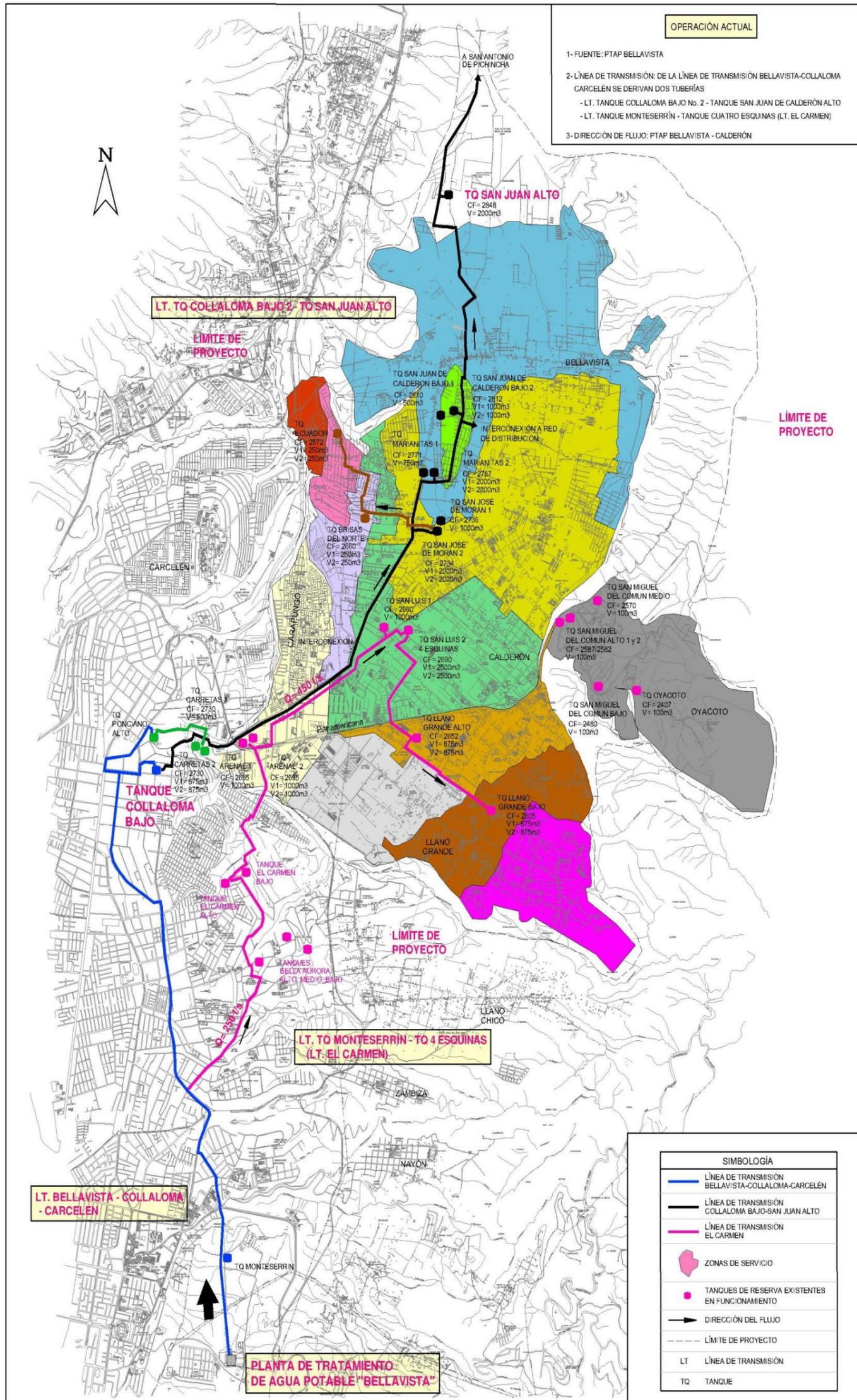


Figura 4 Sistema de líneas de distribución y sectores actuales de la Parroquia Calderón

Fuente: EPMA, 2019

### **3.1.1. Línea de Transmisión Collaloma**

La línea de transmisión desde el tanque Collaloma Bajo No.2 hasta el tanque San Juan Bajo de Calderón, abastece a los tanques:

- San José de Moran 1 y 2
- Marianas 1 y 2
- San Juan Calderón Bajo 1 y 2
- San Juan de Calderón Alto

Existe un ramal secundario de esta línea que inicia en el tanque San José de Morán 2, que se dirige hacia los tanques Brisas y Plan de Vivienda Ecuador (ver Figura 4).

La línea inicia en el tanque Collaloma Bajo No. 2, mediante una cámara que contiene un macromedidor, continúa con tubería de hierro dúctil K7 en una distancia de 3929 m hasta la derivación a San José de Morán, con diámetros que varían desde 600mm hasta 450 mm.

Desde el tanque San José de Morán No. 2, se alimenta la línea de los tanques Brisas y Plan de Vivienda Ecuador. La línea principal continúa con tubería de hierro dúctil K7 en una distancia de 624 m hasta la derivación al tanque Mariana de Jesús No. 2, y con igual diámetro en una distancia de 80 m hasta el ingreso al tanque Mariana de Jesús No. 1.

La línea continúa con tubería de hierro dúctil en una longitud de 1112 m y diámetro 300 mm hasta la derivación hacia el tanque San Juan Bajo y finalmente con tubería de HD, diámetro 300 mm, y 3467 m de longitud hasta alcanzar el tanque San Juan de Calderón Alto.

Entre los tanques Mariana de Jesús Viejo y San Juan de Calderón Bajo se encuentra funcionando una línea de impulsión de 150 mm en PVC de 1112 m de longitud.

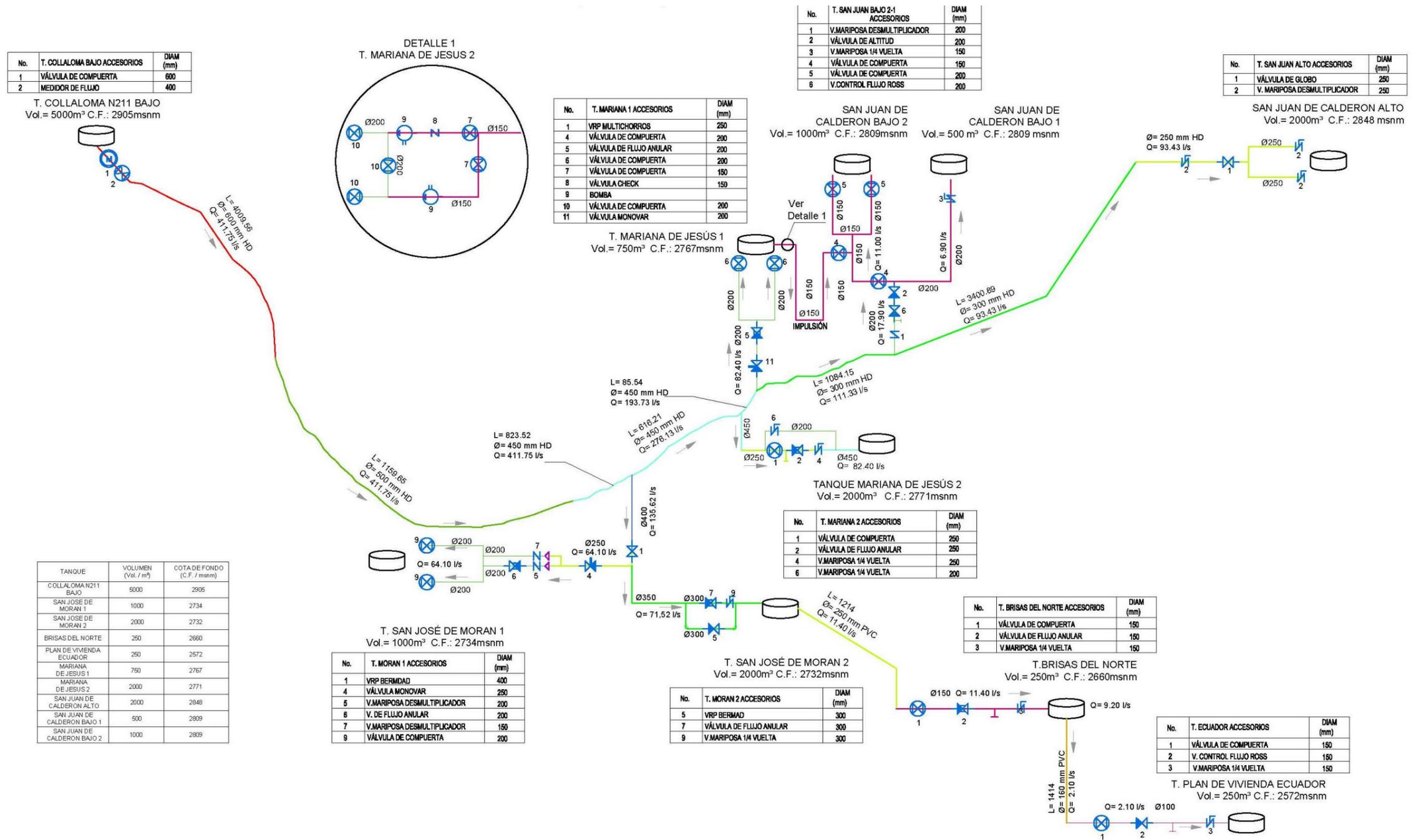


Figura 5 Esquema de la línea Collaloma-SJCA

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 3.1.2. Línea de Transmisión El Carmen

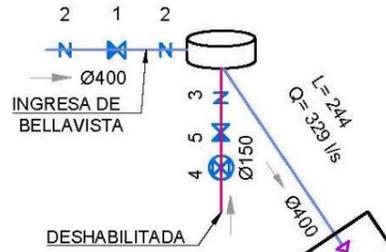
La línea recibe el caudal desde la derivación en Monteserrín que a su vez es alimentado desde el sistema Bellavista. La línea no ingresa al tanque El Carmen Bajo, sino que dispone en su área exterior una válvula reductora de presión (VRP1). En la Figura 6 se muestra el esquema de esta línea.

La línea de transmisión El Carmen Alto entrega su caudal a los tanques de reserva de El Arenal Viejo, Cuatro Esquinas Viejo y Nuevo. En su recorrido, junto al tanque El Carmen Bajo, la línea de transmisión dispone de una estación reductora de presión, conformada por dos válvulas en serie. La línea tiene 5,7km de tubería en hierro dúctil K7. El diámetro de las tuberías que utiliza varía entre 18" y 24".

Esta línea dispone de un ramal secundario que abastece que parte del tanque 4 Esquinas 2 y abastece a los tanques Llano Grande Alto y Bajo. Desde las redes se desprende una conducción que abastece los tanques del subsistema Oyacoto. El ramal de empate al tanque El Arenal ha fallado y no está operativo.

No.	EL CARMEN ALTO ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	400
2	VAL.MARIPOSA/DESMULTIPLICADOR	400
3	VAL.MARIPOSA/DESMULTIPLICADOR	150
4	VÁLVULA DE COMPUERTA	150
5	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	150

TANQUE EL CARMEN ALTO  
 C.F.: 2.862msnm Vol.= 250m<sup>3</sup>

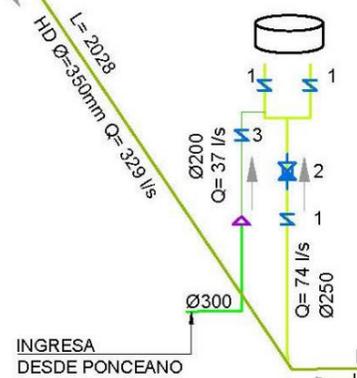


CÁMARA DE VÁLVULAS EL CARMEN

No.	CÁMARA VRP ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VAL.MARIPOSA/DESMULTIPLICADOR	350
2	VÁLVULA GLOBO TIPO Y	350
3	VÁLVULA DE AIRE	50
4	VÁLVULA GLOBO SINGER TIPO Y	350
5	VÁLVULA DE AIRE DOBLE	50

No.	ARENAL 2 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VAL.MARIPOSA/DESMULTIPLICADOR	250
2	VÁLVULA ANULAR	250
3	VAL.MARIPOSA/DESMULTIPLICADOR	200

TANQUE ARENAL 2  
 C.F.: 2695msnm Vol.= 1.000m<sup>3</sup>

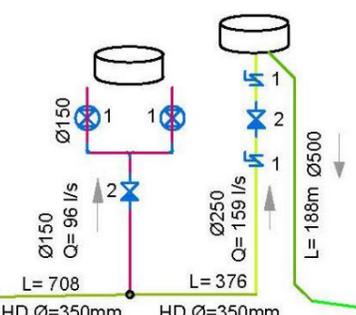


No.	SAN LUIS 2 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	150
2	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	150

TANQUE SAN LUIS 2  
 C.F.: 2690msnm Vol.= 2.500m<sup>3</sup>

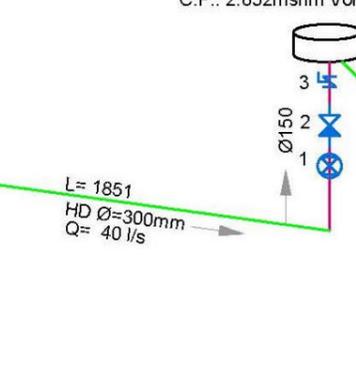
No.	SAN LUIS 1 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VAL.MARIPOSA 1/4 VUELTA	250
2	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	250

TANQUE SAN LUIS 1  
 C.F.: 2.690msnm Vol.= 1.000m<sup>3</sup>



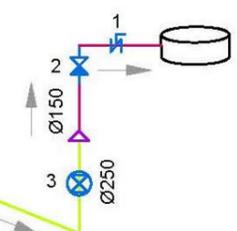
No.	LLANO GRANDE ALTO ACCES.	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	150
2	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	150
3	VAL.MARIPOSA 1/4 VUELTA	150

TANQUE LLANO GRANDE ALTO  
 C.F.: 2.652msnm Vol.= 875m<sup>3</sup>



No.	LLANO GRANDE BAJO ACCES.	DIAM (mm)
1	VAL.MARIPOSA 1/4 VUELTA	150
2	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	150
3	VÁLVULA DE COMPUERTA	250

TANQUE LLANO GRANDE BAJO  
 C.F.: 2.605msnm Vol.= 875m<sup>3</sup>



TANQUE	VOLUMEN (Vol. / m <sup>3</sup> )	COTA DE FONDO (C.F. /msnm)
EL CARMEN ALTO	250	2862
ARENAL 2	3100	3892
SAN LUIS 1 Y 2	1000 ; 2500	2690
LLANO GRANDE ALTO	875	2652
LLANO GRANDE BAJO	875	2605

- NOTA:
1. LOS ACCESORIOS DE LA TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA ESTÁN DETALLADOS EN LOS PLANOS DE CATASTRO DEL SISTEMA EL CARMEN - LLANO GRANDE.
  2. SE CONSIDERÁN LOS INGRESOS AL ARENAL 2 EXCLUYENTES.

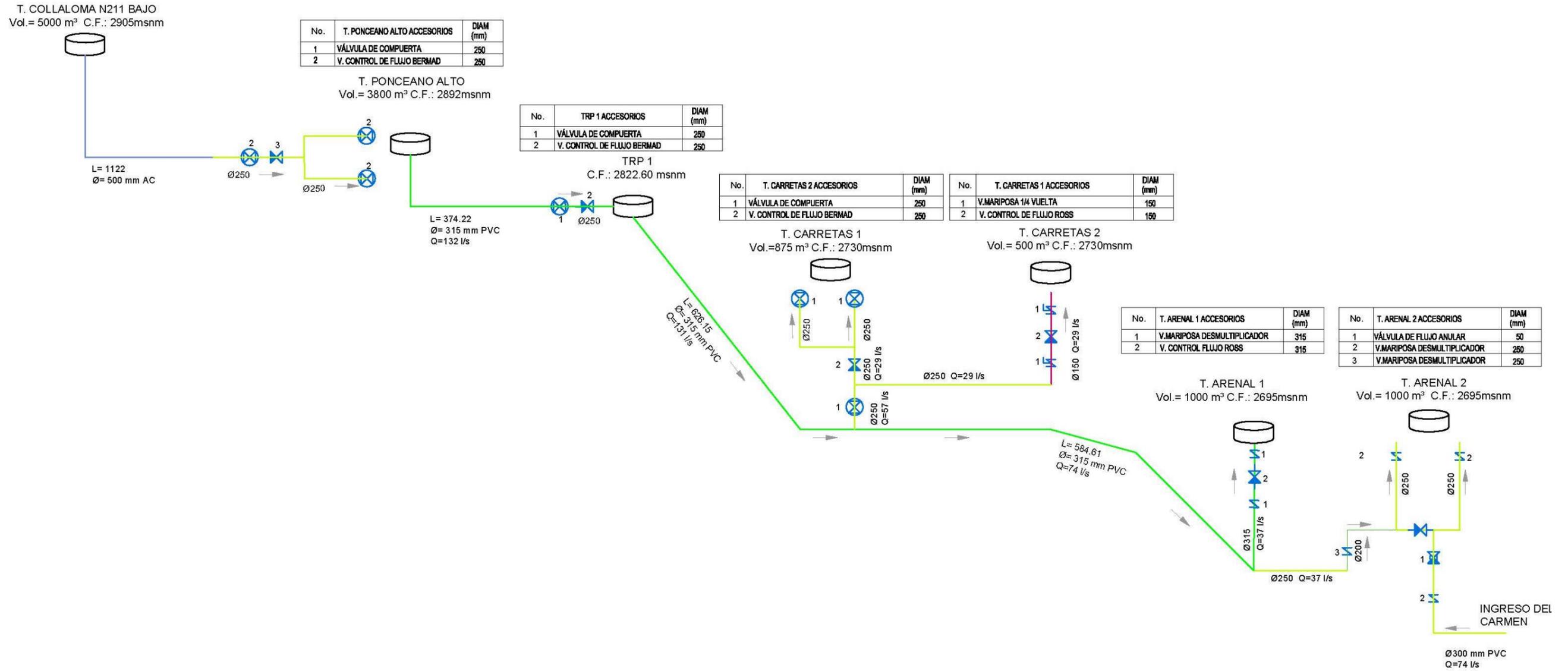
Figura 6 Esquema de la línea El Carmen Llano Grande – Bajo

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 3.1.3. Línea de Transmisión Ponceano

La línea de Transmisión Ponceano completa el suministro de caudal al sistema Calderón. La línea dispone de un Tanque Rompe Presión – TRP1 en su trayecto y entrega el agua a los tanques Carretas y El Arenal. En la Figura 7, se muestra el esquema de esta línea.

El Tanque Arenal No. 1 comparte además el ingreso desde la línea El Carmen Alto, empate que actualmente está fuera de servicio. El Tanque Arenal No. 2 se encuentra en la actualidad fuera de servicio.



No.	T. PONCEANO ALTO ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	250
2	V. CONTROL DE FLUJO BERMAD	250

T. PONCEANO ALTO  
Vol.= 3800 m³ C.F.: 2892msnm

No.	TRP 1 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	250
2	V. CONTROL DE FLUJO BERMAD	250

TRP 1  
C.F.: 2822.60 msnm

No.	T. CARRETAS 2 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	250
2	V. CONTROL DE FLUJO BERMAD	250

T. CARRETAS 1  
Vol.=875 m³ C.F.: 2730msnm

No.	T. CARRETAS 1 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	V.MARIPOSA 1/4 VUELTA	150
2	V. CONTROL DE FLUJO ROSS	150

T. CARRETAS 2  
Vol.= 500 m³ C.F.: 2730msnm

No.	T. ARENAL 1 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	V.MARIPOSA DESMULTIPLICADOR	315
2	V. CONTROL FLUJO ROSS	315

T. ARENAL 1  
Vol.= 1000 m³ C.F.: 2695msnm

No.	T. ARENAL 2 ACCESORIOS	DIAM (mm)
1	VÁLVULA DE FLUJO ANULAR	50
2	V.MARIPOSA DESMULTIPLICADOR	250
3	V.MARIPOSA DESMULTIPLICADOR	250

T. ARENAL 2  
Vol.= 1000 m³ C.F.: 2695msnm

TANQUE	VOLUMEN (Vol. / m³)	COTA DE FONDO (C.F. / msnm)
COLLALOMA N211 BAJO	5000	2905
PONCEANO ALTO	3100	3892
TRP 1	-	2822.60
CARRETAS 1 Y 2	500 ; 875	2730
ARENAL 1 Y 2	1000 ; 1000	2695

- NOTA:
- EL TANQUE ARENAL 1 TAMBIÉN SE ALIMENTA DEL SISTEMA EL CARMEN.
  - LOS INGRESOS AL ARENAL SE CONSIDERAN EXCLUYENTES.

Figura 7 Esquema Línea de transmisión Ponceano – Arenal

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DISEÑADO

Una vez que se construya la planta de tratamiento de agua potable de Calderón, la misma que estará ubicada en el sector de San Juan Alto de Calderón, la distribución de agua potable **será en sentido inverso** al funcionamiento actual (ver Figura 8 y Figura 9), esto significa que desde el tanque a construirse en la PTAP Calderón se distribuirá el agua a todo el sistema Calderón (ver Figura 10, 11 y 12).

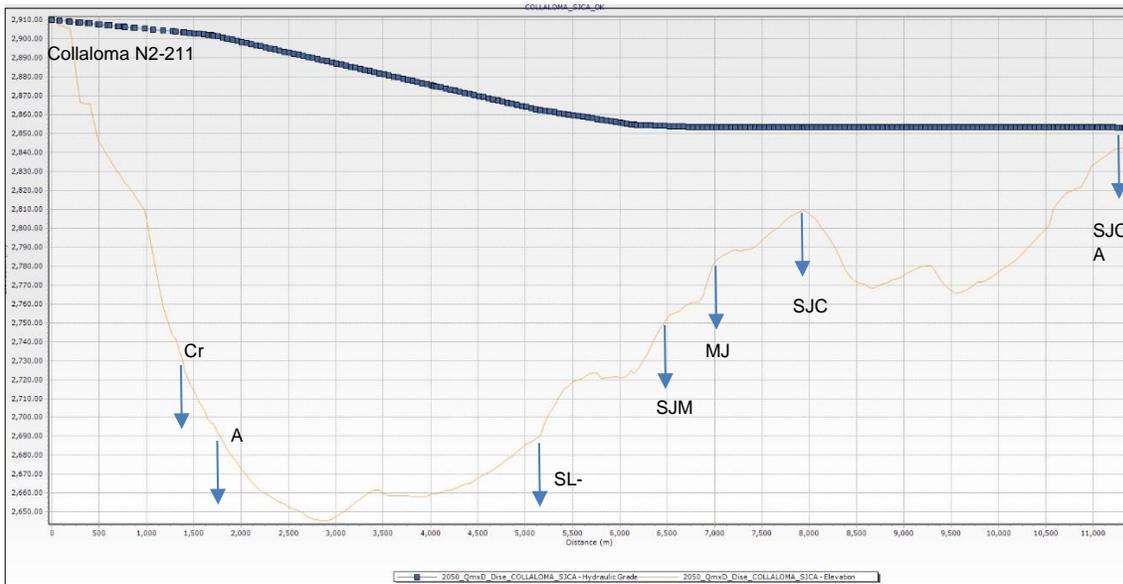


Figura 8 Perfil hidráulico del sistema actual  
Fuente: INGECONSULT, 2021

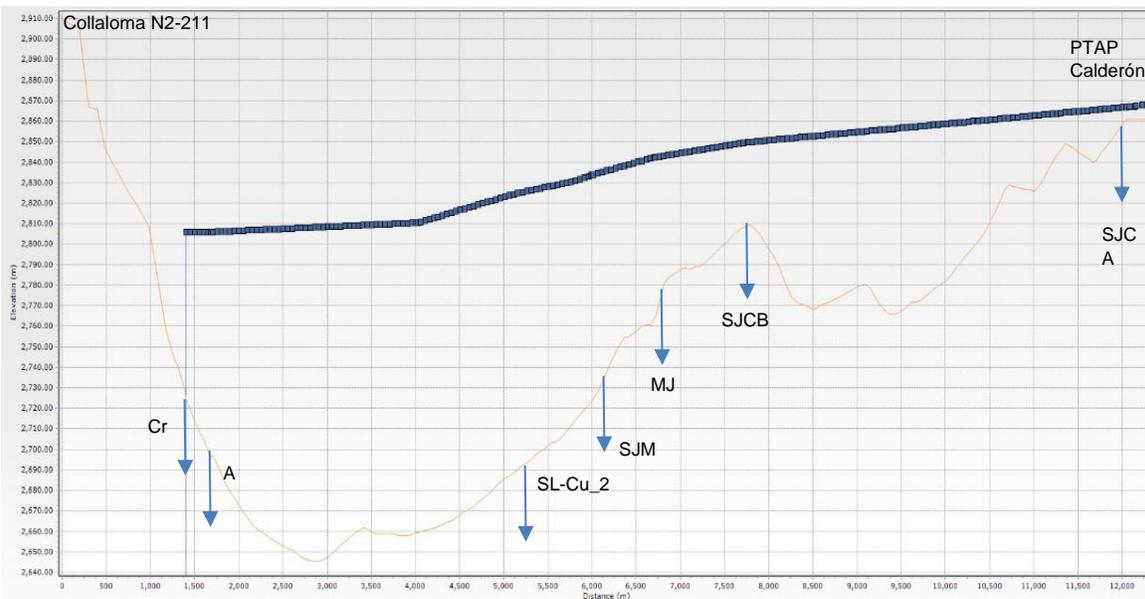


Figura 9 Perfil Hidráulico Del Sistema Con Funcionamiento A Futuro (Abastecimiento Desde PTAP Calderón)  
Fuente: INGECONSULT, 2021

En la presente consultoría se han diseñado las tuberías de refuerzo hidráulico necesarias para garantizar el abastecimiento al sistema en su funcionamiento como sifón, así como se ha dimensionado la infraestructura necesaria para la automatización y el control de todos los componentes del sistema.

Es importante indicar que, cuando funcione la PTAP Calderón, los sistemas actuales de transmisión deben mantenerse operativos, y serán sistemas redundantes, para el caso de cualquier eventualidad.

El proyecto a nivel de Diseño Definitivo mantiene el uso de la conducción existente entre los tanques Collaloma Bajo – San Juan Alto.

Se mantiene sin alteraciones el abastecimiento a los tanques Brisas y Plan de Vivienda Ecuador, que son servidos desde el tanque San José de Morán 2, así como los tanques Llano Grande Alto y Llano Grande Bajo se realizará desde el tanque Cuatro Esquinas 2. Por otra parte, la alternativa prevé modificar la alimentación a los tanques de San Miguel del Común y Oyacoto desde el tanque San José de Morán 2, mediante una nueva línea expresa, a ser construida.

En la Tabla 3 se muestra la distribución de los sectores esquemas y estructuras de control del sistema propuesto.

**Tabla 3 Configuración del Sistema**

N	Sector (16)	Válvula (18)	Tanque (22)	Tanque ID
1	Arenal	A1	Arenal 1	A1
			Arenal 2	A2
2	Brisas	Br	Brisas	Brisas
3	Carretas	Cr1	Carretas 1	Cr1
			Carretas 2	Cr2
4	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2
5	Llano Grande Alto	LLGA	Llano Grande Alto	LLGA
6	Llano Grande Bajo	LLGB	Llano Grande Bajo	LLGB
7	Mariana de Jesús	MJ1	Mariana de Jesús 1	MJ1
		MJ2	Mariana de Jesús 2	MJ2
8	Oyacoto	Oya	Oyacoto	Oya
9	Plan de Vivienda Ecuador	PVE	PVE	PVE

N	Sector (16)	Válvula (18)	Tanque (22)	Tanque ID
10	San Juan de Calderón Alto	SJCA	SJCA	SJCA
11	San Juan de Calderón Bajo	SJCB	San Juan de Calderón Bajo 1	SJCB 1
			San Juan de Calderón Bajo 2	SJCB 2
12	San José de Morán	SJM1	SJM1	SJM1
		SJM2	SJM2	SJM2
13	San Luis	SL	SL	SL
14	San Miguel del Común Alto	SMCA	San Miguel del Común Alto 1	SMCA 1
			San Miguel del Común Alto 2	SMCA 2
15	San Miguel del Común Bajo	SMCB	San Miguel del Común Bajo	SMCB
16	San Miguel del Común Medio	SMCM	San Miguel del Común Medio	SMCM

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 3.3 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

El diseño definitivo de la Línea de Transmisión, Tanques de Almacenamiento y Redes Calderón propone utilizar la tubería de la conducción existente del sistema Collaloma, eliminando los sistemas menores de El Carmen Alto y Ponceano. Los ramales de refuerzo se inician en la planta de Tratamiento Calderón y terminan en el tramo de conducción hacia el tanque San Luis 1. La longitud total de las líneas de transmisión es de 25,9 Km; dato que incluye el requerimiento de 12 Km de conducción de refuerzo, con tuberías de acero desde 800 mm hasta 150 mm.

De los 14 km de conducción de refuerzo, 7.3 km se encuentran en la línea principal, 3.8 km corresponden a un nuevo trazado desde SJM2 hasta SMCA, y el resto se reparte en pequeños tramos de las líneas secundarias.

Tabla 4 Zonas de Refuerzo

Descripción	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Espesor (mm)
Línea Nueva Planta Tratamiento Calderón hasta San Juan de Calderón Alto	acero	500	1724.7	8.74
Línea Nueva desde la Planta Tratamiento Calderón hasta el Inicio de la Tubería de Refuerzo	acero	800	2612.6	8.74

Refuerzo desde la unión de la Tubería Nueva con la Existente hasta Marianas de Jesús 1	acero	600	3242.8	8.74
Refuerzo entre Mariana de Jesús 1 y Mariana de Jesús 2	acero	500	180.0	8.74
Refuerzo entre Mariana de Jesús 2 y San José de Moran	acero	450	585.9	8.74
Refuerzo desde la Línea Principal hasta San Luis 1	acero	400	687.8	8.74
Refuerzo desde tanque San Luis 1 hasta tanque 4 esquinas	acero	300	370.0	8.74
Tramo nuevo en línea SMCM-SMCB	PVC	200	542.0	
Línea Nueva desde derivación línea principal tanque San José de Moran 2 hasta el tanque San Miguel del Común Alto.	acero	150	3814.6	8.74

Fuente: INGECONSULT, 2021

En las siguientes figuras se presenta la implantación general del proyecto.

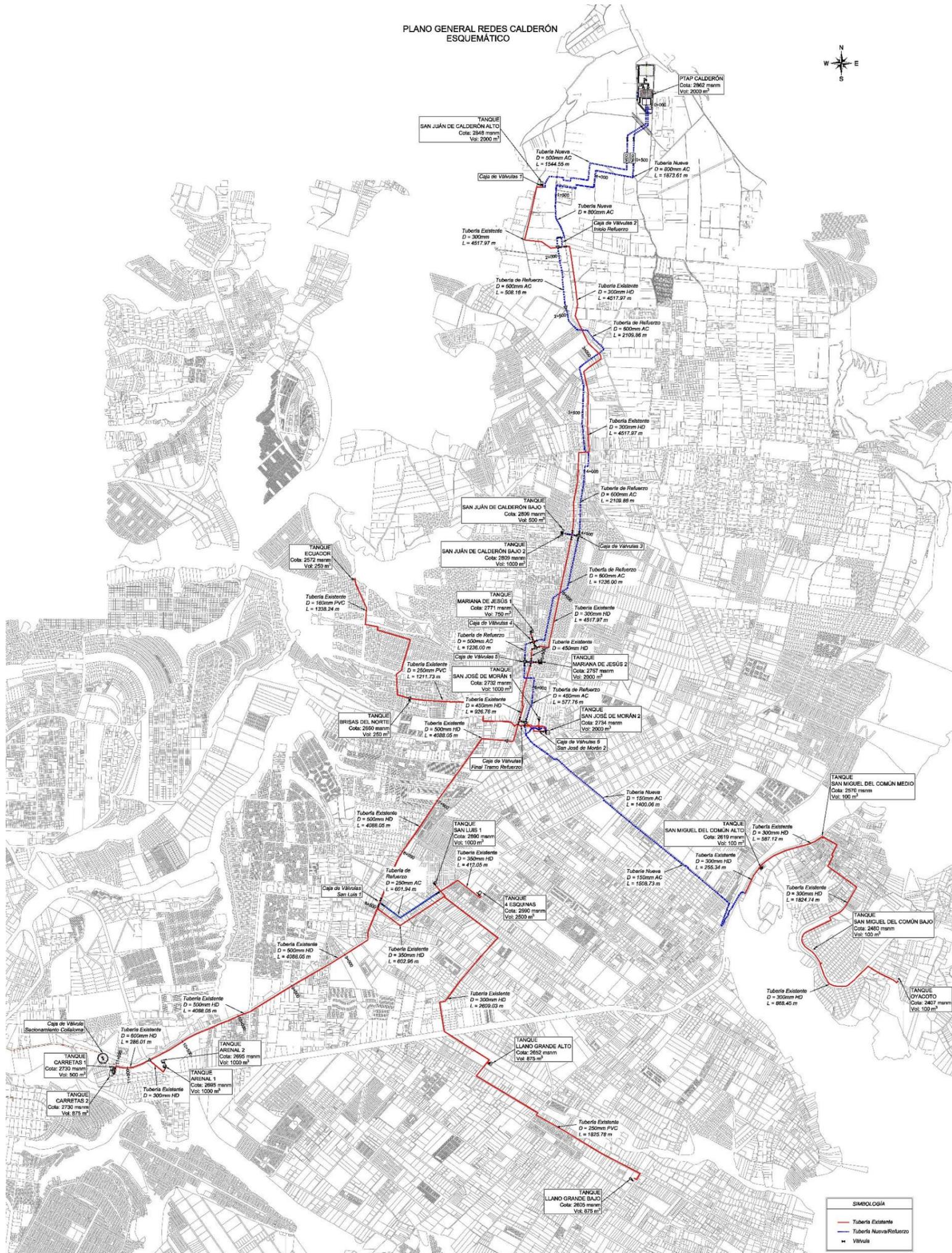


Figura 10 Implantación del proyecto futuro sobre cartografía base

Elaboración: INGECONSULT, 2021

ESQUEMA SISTEMA CALDERÓN  
(AÑO 2050)

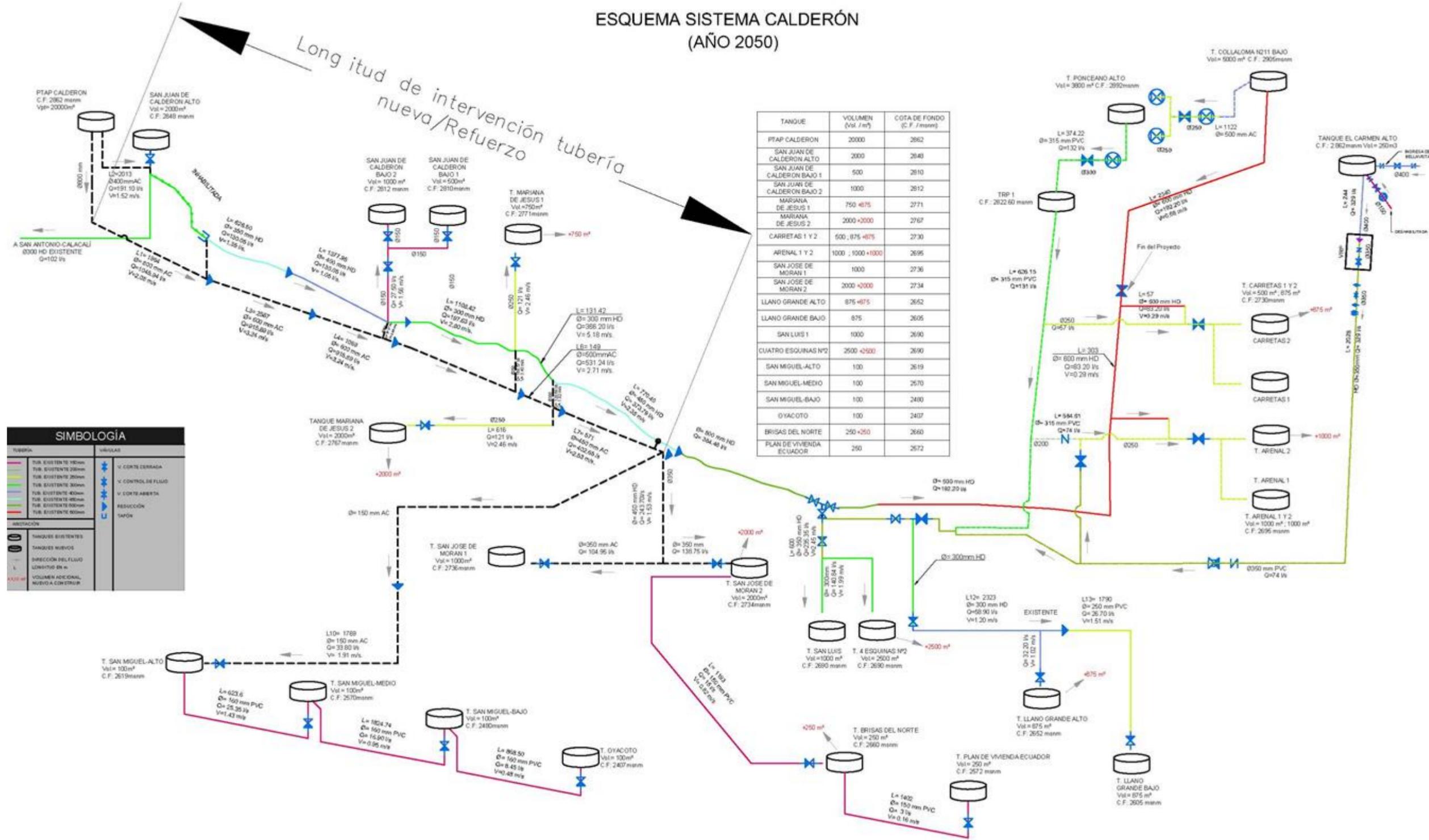


Figura 11 Esquemización del Sistema Calderón

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 3.4 TANQUES DE RESERVA

La reserva prevista corresponde a la implementación de una celda adicional en aquellos tanques existentes donde se dispone de espacio para su construcción. Las reservas se complementan con la construcción en el año 2020 de un nuevo reservorio en la PTAP Calderón de 20 000 m<sup>3</sup>, que por su dimensión permitirá cubrir la variación de caudales de demanda a los tanques del sistema.

La reserva requerida al año 2050, horizonte del proyecto, es de 28 557 m<sup>3</sup>. La reserva existente al año 2019 es de 18 330 m<sup>3</sup>. La reserva total a construirse mediante las celdas adicionales previstas en los tanques existentes para esta alternativa es 8875 m<sup>3</sup>, los sectores a los que se le aumenta el volumen son: Arenal, Brisas, Carretas, Cuatro Esquinas 2, Mariana de Jesús, Llano Grande Alto y San José de Morán (ver Tabla 5).

**Tabla 5 Volumen tanques de reserva**

Sector de Servicio	Área (Ha)	Pob_2050	cmd_2050	Volumen regulación	Volumen incendios	Volumen emergencia	Volumen Total	Volumen existente	Déficit	Ejecución hasta 2025
Arenal 1	275.23	34819	71	1536	590	384	2510	1000	1510	0
Arenal 2	107.59	11644	24	514	341	128	983	1000	-17	1000
Brisas	93.47	7581	15	334	275	84	693	250	443	250
Carretas	266.64	35435	72	1563	595	391	2549	1375	1174	875
San Luis	253.45	110649	226	4880	1052	1220	7152	1000	6152	0
Cuatro Esquinas 2	116.49	9322	19	411	305	103	819	2500	-1681	2500
Mariana de Jesús 1	821.63	98509	201	4344	993	1086	6423	750	5673	2000
Mariana de Jesús 2	18.11	4521	9	199	213	50	462	2000	-1538	2000
Ecuador	100.04	1741	4	77	132	19	228	250	-22	0
Llano Grande Alto	249.29	13693	28	604	370	151	1125	875	250	250
Llano Grande Bajo	343.66	11368	23	501	337	125	964	875	89	0
Morán 1 y 2	385.01	80056	163	3531	895	883	5308	3000	2308	2000
San Miguel -Oyacoto	606.07	14409	29	635	380	159	1174	500	674	0
San Juan de Calderón Alto	689.56	32233	66	1422	568	355	2345	2000	345	0
San Juan de Calderón Bajo	250.93	11729	24	517	342	129	989	1500	-511	0
Tanque PTAP Calderón	30.92	625	1	28	79	7	114	0	114	0
Total Calderón	4608.12	478 334	977	21 096	2 187	5 274	28 557	18 875	15 495	8875

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 3.5 ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC)

En las estructuras de control, se ha dispuesto un sistema redundante de ingreso y regulación a cada tanque, como se presenta en la Figura 13. El ingreso consta de dos ramales iguales, cada uno de ellos está equipado con una válvula reguladora de caudal tipo anular con actuador eléctrico, acompañada por dos válvulas de guardia manuales, tipo mariposa, especificación AWWA C504, que servirán para el mantenimiento de los accesorios de cada ramal. Para el control del caudal se instalará en cada ramal un medidor electromagnético de flujo que enviará la señal al PLC local del sistema de control creando un lazo de control para mantener los caudales que el sistema SCADA solicite.

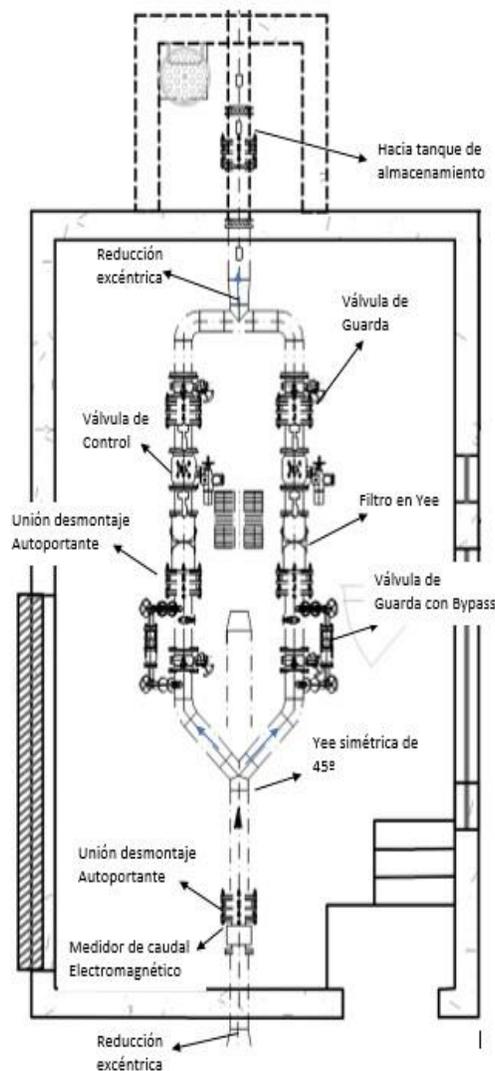


Figura 12 Configuración Tipo De Una Estructura De Control

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 3.6 MODERNIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE VÁLVULAS EXISTENTES

En los predios de los tanques existentes se instalan válvulas tipo mariposa, electroactuadas, en la cabecera de las conducciones a las redes de distribución, y en las conducciones a los tanques de los subsistemas que de ellos se derivan. Estas válvulas son integradas al sistema SCADA y se disponen sensores de sobre velocidad en las tuberías vecinas, que permitirán detectar velocidades anómalas, para ordenar el cierre de la línea de salida.

También se prevén en las cámaras de válvulas existentes, en las cámaras grandes junto a los tanques, el reemplazo de las válvulas mariposa manuales de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y las válvulas de compuerta de las tuberías de entrada y salida a tanques, por válvulas mariposa manuales con desmultiplicadores (norma AWWA C504), de modo que éstas faciliten la operación.

Como parte de los trabajos, se prevé el desmontaje de los ramales de bypass que existen en los tanques San José de Morán 1 y 2, Marianas 1 y 2, 4 Esquinas 1 y 2, y de las válvulas Monovar ubicadas en las vías de acceso a los tanques San José de Morán y Marianas.

También se desmonta la válvula disipadora Singer ubicada en el ramal de entrada a los tanques en San José de Morán.

Con el nuevo esquema también se elimina el sistema de bombeo existente entre los tanques ubicados en Mariana de Jesús y San Juan de Caderón Bajo.

### 3.7 REDES DE DISTRIBUCIÓN

Se ha realizado la evaluación hidráulica de las redes de distribución de agua potable de la parroquia Calderón, para los parámetros definidos para el horizonte de diseño del proyecto.

Esto garantiza que el proyecto cubre la infraestructura de distribución necesaria para satisfacer la demanda futura de la parroquia de Calderón. En la Figura 7 y en la Tabla 7 se presentan los sectores de distribución que se han evaluado.

Conforme a lo términos de referencia, el punto de partida del presente estudio es la información proporcionada por la EPMAPS, así como la sectorización aprobada durante las etapas de Prefactibilidad y Factibilidad del proyecto.

Adicionalmente se entregaron los estudios de sectorización de la parroquia. Con esta información más la proyección de crecimiento de áreas de expansión definidas, se



DISEÑO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN,  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN



procedió a digitalizar la red de agua potable futura, para el periodo de diseño y posteriormente realizar la modelación hidráulica con el paquete computacional HAMMER V8i.

Tabla 6 Datos de las Redes de Distribución de los Sectores Evaluados hidráulicamente

No.	Sector	Tanque ID	Cota Fondo Tanque	Cotas de servicio (m.s.n.m.)	Área de servicio (ha)	Población Servida (hab)	Caudal Medio Diario (l/s)	Caudal Máximo Diario (l/s)	Volumen regulación (m3)	Volumen incendios (m3)	Volumen emergencia (m3)	Volumen Total (m3)	Volumen existente (m3)	Déficit (m3)	Ejecución hasta 2025 (m3)
1	Arenal	A1	2693.62	2660 - 2620	382.82	46463	94.87	114.35	1536	590	384	2510	1000	1510	2000
		A2	2693.62						514	341	128	983	1000	-17	
2	Brisas	Br	2658.225	2620 - 2540	93.47	7581	15.48	18.66	334	275	84	693	250	443	250
3	Carretas	Cr1	2729.53	2700 - 2660	266.64	35435	72.35	87.2	1563	595	391	2549	1375	1174	875
		Cr2	2729.47												
4	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2	2690.22	2660 - 2620	116.49	9322	19.03	22.94	411	305	103	819	2500	-1681	2500
	San Luis	SL	2690.2	2660 - 2620	253.45	110649	225.92	272.31	4880	1052	1220	7152	1000	6152	0
5	Llano Grande Alto	LLGA	2652.43	2620 - 2580	249.29	13693	27.96	33.7	604	370	151	1125	875	250	875
6	Llano Grande Bajo	LLGB	2606.97	2580 - 2500	343.66	11368	23.21	27.98	501	337	125	964	875	89	0
7	Mariana de Jesús	MJ1	2767.55	2740 - 2700	839.75	103030	210.36	253.55	4344	993	1086	6423	750	5673	2000
		MJ2	2767.45						199	213	50	462	2000	-1538	2000
8	Oyacoto	Oya	2409.93	2400 - 2360	381.77	4198	8.57	10.33	176	105	44	325	139	187	0
9	Plan de Vivienda Ecuador	PVE	2568.43	2540 - 2460	100.04	1741	3.55	4.28	77	132	19	228	250	-22	0
10	San Juan de Calderón Alto	SJCA	2852.68	2820 - 2780	689.56	32233	65.81	200.3	1422	568	355	2345	2000	345	0
11	San Juan de Calderón Bajo	SJCB 1	2810	2780 - 2740	250.93	11729	23.95	28.87	517	342	129	989	1500	-511	0
		SJCB 2	2812							517	342	129	989	1500	-511
12	San José de Morán	SJM1	2729.23	2700 - 2660	385.01	80056	163.46	197.02	3531	895	883	5308	3000	2308	2000
		SJM2	2729.19												
13	San Miguel del Común Alto	SMCA 1	2619	2620 - 2570	68.38	5542	11.32	13.64	232	139	58	429	183	246	0
		SMCA 2	2619												
14	San Miguel del Común Bajo	SMCB	2490.5	2480 - 2400	123.58	3035	6.2	7.47	127	76	32	235	100	135	0
15	San Miguel del Común Medio	SMCM	2574.79	2570 - 2480	32.34	2382	4.86	5.86	100	60	25	185	79	106	0
16	Planta de Tratamiento	T_PTAP	2862	2820 - 2780	30.87	625	1.28	1.54	28	79	7	114	0	114	0
<b>Demanda Total del Sistema</b>								<b>1300</b>	21 096	2 187	5 274	28 557	18 875	15 495	10000

Elaboración: INGECONSULT, 2021

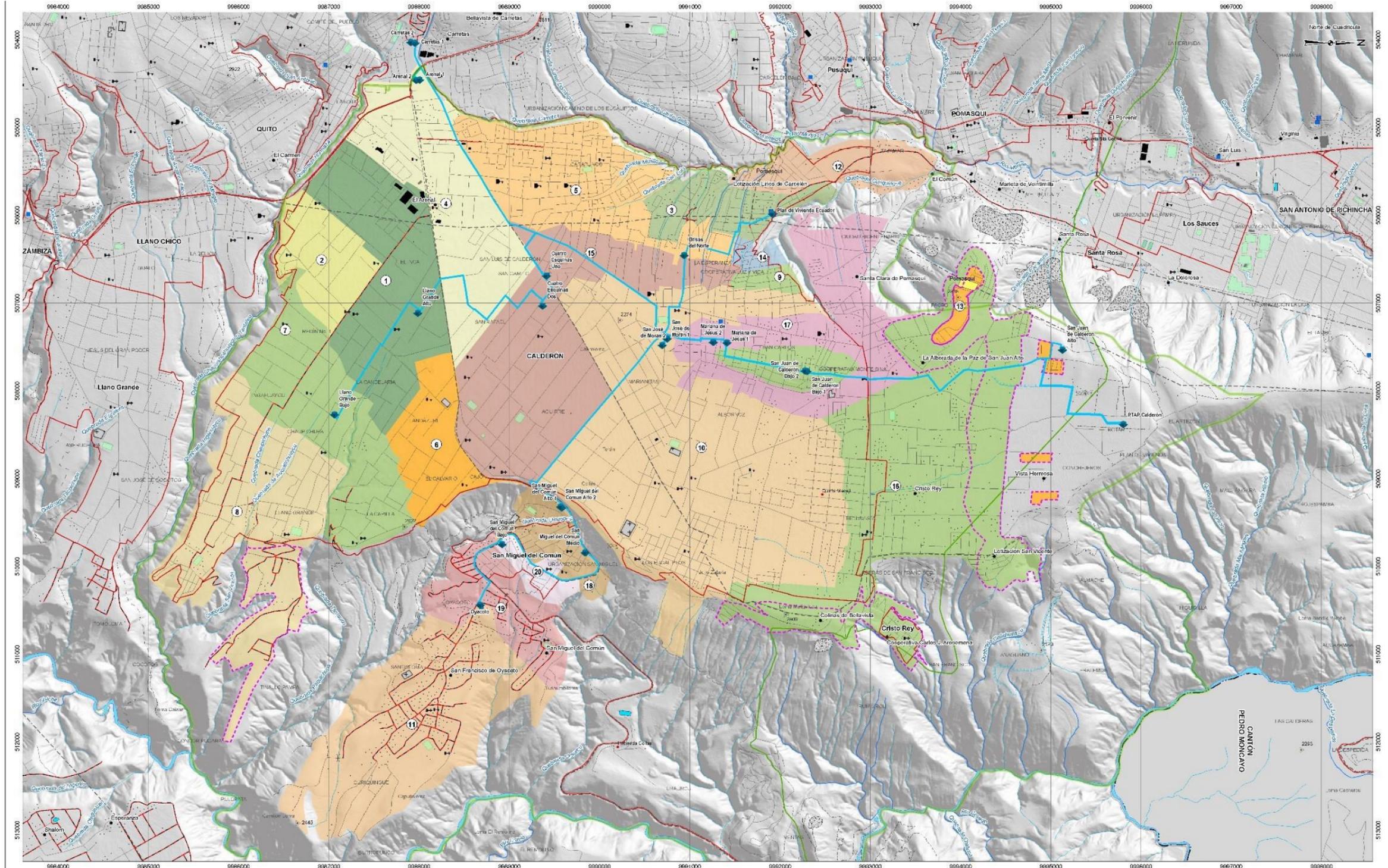


Figura 13 Sectores de Distribución

Elaboración: INGECONSULT, 2021

## 4 CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

### 4.1 ANTECEDENTES

La alternativa seleccionada por el Plan Maestro para garantizar el abastecimiento de agua a la Parroquia Calderón es la construcción de una planta de tratamiento en el Sector de Calderón desde la cual se brinde el servicio a la parroquia y que procese el agua cruda del Sistema Palugullo – PTAP Bellavista Derivación D-1 Sector Puenbo a PTAP Calderón.

Según lo expuesto anteriormente, el Proyecto Calderón se compone básicamente de los siguientes módulos: a) Línea de conducción Palugullo – Puenbo, b) Línea de conducción Puenbo – Calderón, c) PTAP Calderón y d) Líneas de transmisión, Tanques y Redes de distribución Calderón. El ítem d) es el objeto de la presente consultoría. El 20 de marzo de 2018, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) y la Firma Consultora Ingeconsult Cía. Ltda., suscribieron el

Contrato de Consultoría para desarrollar el proyecto “DISEÑO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN”, circunscrito a la parroquia.

En base a los TdRs, lo concerniente a los trabajos relacionados con Topografía, Cartografía y SIG, para la Fase 3 DISEÑOS DEFINITIVOS se contempla lo siguiente:

- i. Complementar el control de campo horizontal (GNSS) y vertical (Nivelación).
- ii. Complementar el levantamiento topográfico de detalle (en escala 1:1000 o a mayor escala) de los sitios previstos para la infraestructura proyectada (nuevas redes de transmisión, tanques, etc.).
- iii. Complementar el catastro de infraestructura existente.
- iv. Elaborar y complementar los mapas temáticos requeridos para los estudios de Diseño Definitivo, en temas relacionados con las diferentes áreas del proyecto.
- v. Complementar la base de datos geográficos que fueron obtenidos durante los trabajos de factibilidad y diseños definitivos, y estandarizarla con el SIG de la Empresa (ArcGIS de ESRI), en el que se incluya información temática relacionada al proyecto.

En los siguientes capítulos se describen los trabajos y actividades desarrolladas.

- La cartografía base, es un insumo indispensable que proporciona los datos para realizar los diseños relacionados con el Proyecto. De esta forma, se dispone de la restitución entregada por la EPMAPS escala 1:1000 de las zonas

de Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Kennedy, Llano Chico, y San Isidro del Inca.; dicha restitución es la información base sobre la cual el personal técnico de INGECONSULT Cía. Ltda. realizó los trabajos a nivel de Factibilidad y se los complementó en la Fase de Diseño Definitivo.

- La Topografía fue realizada en la Fase de Factibilidad e incluyó tanto los trabajos de campo como los de gabinete. Así también, los previstos para el control básico horizontal, control básico vertical y los levantamientos topográficos de 23 predios donde se disponen los tanques. El levantamiento topográfico incluyó además el trazado de la línea existente, así como el proyectado para la línea de transmisión del proyecto Redes Calderón.
- En el ámbito de Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realizó el procesamiento de la información base y temática disponible en diferentes escalas para integrar en el SIG del Proyecto. Este trabajo consiste en partir de información recopilada o levantada, tales como archivos en formato .DWG o como shapefile .SHP y generar los correspondientes objetos geográficos; que se almacenan a manera de featureclass en los featuredatasets que componen la base de datos geográficos (geotadatabase) del Proyecto.

A medida que se van creando las capas de información en el SIG, éstas van siendo almacenadas en la estructura establecida, siguiendo los criterios de nomenclatura de archivos; se generan también las correspondientes tablas de atributos temáticos para cada objeto, utilizando como referencia el catálogo de objetos de cartografía base establecido por el IGM.

## **4.2 COMPONENTE TOPOGRAFÍA**

### **4.2.1 Introducción**

La topografía para el Proyecto Redes Calderón, es de suma importancia, ya que se utiliza para representar gráficamente la superficie, sus formas y detalles, con el objetivo de conocer los niveles y características superficiales del terreno, límites de la obra o predios, así como la distancia con los elementos circundantes (muros, calles, edificios).

Además, sirve de base para las distintas áreas de diseño, así como también para la elaboración de mapas temáticos en el área de geología, geomorfología, análisis de vulnerabilidad y riesgos, impactos ambientales entre otras.

### **4.2.2 Objetivo**

Realizar el levantamiento topográfico de detalle a escala 1:1000 de 22 predios en donde se ubican los Tanques de Almacenamiento y distribución. Adicionalmente se incluye el levantamiento de una franja de aproximadamente 9 m de ancho en toda la longitud de las nuevas líneas de transmisión proyectadas, que suman aproximadamente 76 hectáreas.

#### 4.2.3 Determinación de puntos de control básicos de referencia

##### 4.2.3.1 Sistema de referencia geodésico y proyección plana

En la Tabla 7 se muestra el Sistema de Referencia Geodésico usado para el Proyecto Redes Calderón.

**Tabla 7 Sistema de Referencia Espacial para el DMQ (SIRESDMQ)**

Sistema de referencia	
Datum	WGS84
Elipsoide	WGS84
Semieje Mayor	6'378.137,00 m
Achatamiento	1/298,257222
Semieje Menor	6'356.752,314 m
Proyección Cartográfica	
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator Modificada (TMQ)
Meridiano Central	W 78 30' 00"
Origen de Latitudes	00°00'00"
Factor de Escala Central	1,0004584
Falso Este	500.000,00 m
Falso Norte	10'000.000,00 m
Zona	17 ur

Elaboración: INGECONSULT, 2021

##### 4.2.3.2 Localización, señalización y monumentación de puntos GNSS

Se realizó la revisión y ubicación en campo de los puntos GNSS existentes en el proyecto para determinar cuáles servirían como BASE para el posicionamiento de los nuevos puntos GNSS y de enlace para los levantamientos topográficos.

Se encontró un (1) punto GNSS existente denominado LTPC12 que pertenece al Proyecto "Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión Paluguillo – Bellavista", del cual se partió para realizar los trabajos descritos.

En la tabla 8 se presentan los datos del punto GNSS existente y en los respectivos anexos de las monografías correspondientes al Volumen 04 TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

**Tabla 8 Coordenadas Punto GNSS De Partida**

ID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS								COORDENADAS TM_QUITO		Alt. Ortométrica	Modelo Geoidal	Ondulación Local
	Latitud (° ' ")				Longitud (° ' ")				Este (m)	Norte (m)			
LTPC12	0	2	13.93839	S	78	25	30.79177	O	508328.2976	9995884.1806	2874.519	Geométrica	27.23

Fuente: INGECONSULT, 2021

La localización, señalización y monumentación de los hitos estuvieron acorde a las necesidades del proyecto para lo cual se repartieron de la siguiente manera:

- Puntos de control para líneas y
- Puntos de control para tanques de almacenamiento.

Estos puntos fueron monumentados con hitos piramidales de concreto de base superior: 0,25 X 0,25 m. base inferior: 0,30 X 0,30 m. altura: 0,20 m; y en donde no fue posible monumentar mojones, se colocó placas de acero inoxidable empotradas en concreto y gancho para el clavo, como se muestra en las siguientes fotografías.



**Foto 1 Placas de acero inoxidable**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

Se realizó la materialización y colocación de 14 Puntos GNSS que fueron denominados como TRC (Trazado Redes Calderón), con su respectiva placa de descripción y de acuerdo a las siguientes ubicaciones:

- Puntos **TRC-01 y TRC-02**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento San Juan de Calderón Bajo 1 y 2.
- Puntos **TRC-03 y TRC-04**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento Marianas 1 y 2.
- Puntos **TRC-05 y TRC-06**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento San José de Morán 1 y 2.

- Puntos **TRC-07 y TRC-08**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento Plan de Vivienda Ecuador.
- Puntos **TRC-09 y TRC-10**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento San Luis.
- Puntos **TRC-11 y TRC-12**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento Llano Grande Bajo.
- Puntos **TRC-13 y TRC-14**, se encuentran ubicados en el sector del Tanque de Almacenamiento Carretas 1 y 2, Arenal 1 y 2.
- La ubicación y distribución de los puntos GNSS a lo largo del proyecto se presenta en el Volumen 04.

#### 4.2.3.3 Control básico horizontal

Para determinar el control de campo horizontal se posesionaron 14 puntos GNSS que fueron distribuidos a lo largo del trazado del proyecto. Se utilizó equipos provistos con receptores geodésicos GNSS y de doble frecuencia (L1 y L2) y código CA.

El método utilizado para el posicionamiento satelital fue el relativo– estático diferencial que consiste en la determinación de las componentes de un vector o línea base que une dos puntos A y B, en donde uno de ellos se establece como fijo.

Las condiciones mínimas del posicionamiento fueron las siguientes:

- Tiempo de recepción mínimo: 1 hora 30 minutos
- Angulo de enmascaramiento: 10 grados
- Satélites enganchados: Mínimo 4
- Intervalo de grabación: 5 segundos
- PDOP: <4
- HDOP: <4

Adicionalmente se verificó que los equipos se encuentren correctamente nivelados y centrados sobre el punto a posesionar.

Todos los puntos fueron observados de manera estática, centrándose a la antena GPS sobre la marca con la plomada óptica y midiéndose con exactitud la altura de la antena sobre la marca.

Todas las antenas fueron orientadas al norte antes de las observaciones, con tiempos de recepción de 1 hora 30 minutos. Los datos Rinex de la estación se presenta en el Anexo 1 del Informe de Cartografía, Topografía y SIG **LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-A**. El reporte del procesamiento de los puntos GNSS se presenta en el Informe anteriormente mencionado **LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-A**.

#### 4.2.3.4 Control básico vertical

Se realizó una Nivelación Geométrica para dar cotas a todos los puntos GNSS de precisión.

Esta nivelación partió desde el Hito conocido LTPC-12, teniendo una cota geométrica de partida de 2874,519 m.s.n.m. y luego se enlazó a los nuevos puntos denominados como TRC (Trazado Redes Calderón); para luego realizar una nivelación de regreso para su comprobación cerrando nuevamente en el Hito de partida LTPC-12. Cabe recalcar que cada 500 metros de nivelación se realiza sus respectiva comprobación colocando BM,s para tener la certeza de tener errores admisibles en cada circuito.

Todas las alturas elipsoidales obtenidas para los puntos GNSS, fueron reducidas al nivel medio del mar.

Para el trabajo de nivelación geométrica se utilizó un nivel geométrico óptico de exactitud, con el cual se efectuaron lecturas en intervalos de distancias no mayor a 50 metros.

El procedimiento seguido para determinar el desnivel entre dos puntos es a partir de la medición de la visual horizontal lanzada desde el nivel, hacia atrás y adelante, a las miras colocadas en dichos puntos. En el Anexo 2 del Informe Topografía, Cartografía y SIG **LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-A** se presentan los datos de campo y la nivelación geométrica procesada.

#### **4.2.3.5 Trabajos de gabinete**

Para el procesamiento de los datos de los puntos GNSS se utilizó el software Trimble Business Center Office Tools. Con este programa los datos se descargaron de los equipos, se procesaron las líneas base y se obtuvieron los resultados finales.

#### **4.2.3.6 RESULTADOS PUNTOS DE CONTROL BÁSICOS DE REFERENCIA**

En el **Anexo 4** del Informe Topografía, Cartografía y SIG **LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-A** se presenta en formato PDF el resultado de los puntos GNSS procesados en el software antes mencionado y en la siguiente Tabla 9 se resume el procesamiento de puntos GNSS.

**Tabla 9 Resumen Procesamiento Puntos GNSS**

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Altura (Metro)
LTPC12 BASE --- TRC08 (B22)	LTPC12 BASE	TRC08	Fija	0.002	0.013	212°02'49"	4581.479	-310.154
LTPC12 BASE --- TRC01 (B19)	LTPC12 BASE	TRC01	Fija	0.002	0.012	188°33'20"	3702.490	-62.562
LTPC12 BASE --- TRC11 (B18)	LTPC12 BASE	TRC11	Fija	0.002	0.011	180°07'12"	8793.608	-267.701
LTPC12 BASE --- TRC09 (B17)	LTPC12 BASE	TRC09	Fija	0.002	0.015	194°42'04"	6702.234	-189.475
LTPC12 BASE --- TRC12 (B13)	LTPC12 BASE	TRC12	Fija	0.003	0.013	181°08'28"	9019.140	-273.252
LTPC12 BASE --- TRC07 (B10)	LTPC12 BASE	TRC07	Fija	0.002	0.014	209°44'43"	4634.822	-296.792
LTPC12 BASE --- TRC06 (B8)	LTPC12 BASE	TRC06	Fija	0.003	0.017	188°34'07"	5225.668	-143.325
LTPC12 BASE --- TRC14 (B6)	LTPC12 BASE	TRC14	Fija	0.003	0.012	205°42'49"	8851.971	-181.525
LTPC12 BASE --- TRC13 (B5)	LTPC12 BASE	TRC13	Fija	0.003	0.017	206°58'28"	8840.093	-174.634
LTPC12 BASE --- TRC04 (B4)	LTPC12 BASE	TRC04	Fija	0.002	0.014	194°11'54"	4648.433	-134.645
LTPC12 BASE --- TRC02 (B3)	LTPC12 BASE	TRC02	Fija	0.002	0.008	188°42'39"	3898.421	-69.718
LTPC12 BASE --- TRC05 (B2)	LTPC12 BASE	TRC05	Fija	0.002	0.010	190°25'32"	5250.767	-146.324
LTPC12 BASE --- TRC03 (B1)	LTPC12 BASE	TRC03	Fija	0.001	0.009	190°40'51"	4580.247	-100.755
LTPC12 BASE --- TRC10 (B16)	LTPC12 BASE	TRC10	Fija	0.003	0.012	196°37'33"	6656.144	-200.286

Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
14	14	0	0

Fuente: INGECONSULT, 2021

En las tablas a continuación, se muestra el resumen de coordenadas procesadas:

**Tabla 10 Coordenadas Geográficas**

Nro.	Nominativo de Punto	Latitud ( ° ´ ")				Longitud ( ° ´ ")				Alt. Elips. (m)
		0	2	13,9384	S	78	25	30,7918	O	
1	LTPC12*	0	2	13,9384	S	78	25	30,7918	O	2901,784
2	TRC01	0	4	13,1401	S	78	25	48,6046	O	2839,222
3	TRC02	0	4	19,3964	S	78	25	49,8853	O	2832,066
4	TRC03	0	4	40,4754	S	78	25	58,2442	O	2801,029
5	TRC04	0	4	40,6558	S	78	26	7,6638	O	2767,139
6	TRC05	0	5	2,0669	S	78	26	1,5198	O	2755,460
7	TRC06	0	5	2,1730	S	78	25	55,9708	O	2758,459
8	TRC07	0	4	24,9534	S	78	26	45,1575	O	2604,992
9	TRC08	0	4	20,3688	S	78	26	49,4089	O	2591,630
10	TRC09	0	5	45,0015	S	78	26	25,7971	O	2712,311

Nro.	Nominativo de Punto	Latitud ( ° ´ ")				Longitud ( ° ´ ")				Alt. Elips. (m)
Nro.	Nominativo de Punto	Latitud ( ° ´ ")				Longitud ( ° ´ ")				Alt. Elips. (m)
11	TRC10	0	5	41,5849	S	78	26	32,3804	O	2701,495
12	TRC11	0	7	0,2339	S	78	25	31,3868	O	2634,083
13	TRC12	0	7	7,5190	S	78	25	36,5997	O	2628,532
14	TRC13	0	6	30,4365	S	78	27	40,4669	O	2727,150
15	TRC14	0	6	33,5957	S	78	27	34,9955	O	2720,259

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 11 Coordenadas UTM WGS84

Nominativo de Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura Elipsoidal	Altura Geométrica
LTPC12 BASE	789605.628	9995883.535	2901.784	2,874.52
TRC01	786054.326	9992220.017	2839.222	2,810,991
TRC02	786014.69	9992027.737	2832.066	2,803,731
TRC03	785756.017	9991379.914	2801.029	2,772,643
TRC04	785464.566	9991374.388	2767.139	2,738,869
TRC05	785654.625	9990716.331	2755.46	2,727,111
TRC06	785826.316	9990713.058	2758.459	2,730,225
TRC07	784304.512	9991857.046	2604.992	2,576,637
TRC08	784172.98	9991997.956	2591.63	2,563,272
TRC09	784903.373	9989396.843	2712.309	2,683,984
TRC10	784699.689	9989501.862	2701.495	2,673,195
TRC11	786586.685	9987084.522	2634.083	2,601,329
TRC12	786425.371	9986860.636	2628.532	2,601,944
TRC13	782592.942	9988000.652	2727.15	2,698,720
TRC14	782762.22	9987903.547	2720.259	2,691,803

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 12 Coordenadas TM QUITO

Nominativo de Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura Ortométrica	Ondulación Local (m)	Altura Elipsoidal	Altura Geométrica
LTPC12*	508328,298	9995884,181	2874,519	27,253	2901.784	2,874.52

<i>Nominativo de Punto</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>	<i>Altura Ortométrica</i>	<i>Ondulación Local (m)</i>	<i>Altura Elipsoidal</i>	<i>Altura Geométrica</i>
<b>TRC01</b>	507777,230	9992221,214	2811,988	27,234	2839.222	2,810,991
<b>TRC02</b>	507737,610	9992028,962	2804,818	27,248	2832.066	2,803,731
<b>TRC03</b>	507479,014	9991381,223	2773,906	27,123	2801.029	2,772,643
<b>TRC04</b>	507187,606	9991375,680	2739,881	27,258	2767.139	2,738,869
<b>TRC05</b>	507377,678	9990717,734	2728,127	27,333	2755.46	2,727,111
<b>TRC06</b>	507549,343	9990714,472	2731,125	27,334	2758.459	2,730,225
<b>TRC07</b>	506027,694	9991858,201	2577,760	27,232	2604.992	2,576,637
<b>TRC08</b>	505896,173	9991999,083	2564,359	27,271	2591.63	2,563,272
<b>TRC09</b>	506626,628	9989398,390	2685,121	27,190	2712.309	2,683,984
<b>TRC10</b>	506422,965	9989503,380	2674,246	27,249	2701.495	2,673,195
<b>TRC11</b>	508309,871	9987086,556	2606,841	27,242	2634.083	2,601,329
<b>TRC12</b>	508148,603	9986862,691	2601,351	27,181	2628.532	2,601,944
<b>TRC13</b>	504316,624	9988002,212	2699,901	27,249	2727.15	2,698,720
<b>TRC14</b>	504485,888	9987905,134	2692,994	27,265	2720.259	2,691,803

Fuente: INGECONSULT, 2021

Las monografías respectivas a los 14 puntos GNSS que se utilizaron dentro del proyecto Redes Calderón se reportan en el Informe **LTR-F3-GEN-TOP-I-P-0000-A**.

#### **4.2.4 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS ESCALA 1:1000**

Previo al inicio de los levantamientos topográficos en los sitios de obras seleccionadas, se realizó un reconocimiento terrestre, visitando las áreas a ser levantadas, Líneas de Transmisión y Tanques de Almacenamiento.

Para determinar la posición horizontal y vertical del levantamiento topográfico a escala 1:1000, se partió de los puntos de control básicos de referencia tanto horizontal como vertical determinados y materializados previamente.

#### **4.2.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Se realizó el levantamiento topográfico de los 22 tanques que contempla el Proyecto Redes Calderón a escala 1:1000. La toma de datos se lo realizó en forma radial levantando todos los accidentes encontrados y detalles como límite de predios, de tanques, cercas, bordillos, aceras, alcantarillas, sumideros, así como también las cotas internas del diseño de los tanques existentes, como cotas de tapa, de fondo, de rebose, de alcantarillas y de válvulas.

Se utilizaron como referencias topográficas los puntos GNSS según la siguiente distribución:

- Punto Vértice - GPS1 y Vértice - GPS2 para el Tanque San Juan de Calderón Alto,
- Cabe mencionar que se eligió estos dos puntos ya que se encuentran monumentados cerca del tanque, y corresponden al proyecto "Red Geodésica para el Sistema de Alcantarillado (ICA CONSULTORES). "
- Puntos **TRC-01** y **TRC-02**, para los Tanques San Juan de Calderón Bajo 1 y 2.
- Puntos **TRC-03** y **TRC-04**, para los Tanques de Marianas 1 y 2.
- Puntos **TRC-05** y **TRC-06**, para los Tanques de San José de Morán 1 y 2 y para el Tanque Brisas del Norte se realizó un polígono cerrado, partiendo desde los puntos GNSS de SAN JOSÉ DE MORÁN TRC-05 y TRC-06, hasta llegar al sitio del levantamiento.
- Puntos **TRC-07** y **TRC-08**, para el Tanque de Plan de Vivienda Ecuador
- Puntos **TRC-09** y **TRC-10**, para los Tanques San Luis y Cuatro Esquinas.
- Puntos **TRC-11** y **TRC-12**, para los Tanques Llano Grande Alto y Bajo.
- Puntos **TRC-13** y **TRC-14**, Para los Tanques Carretas 1 y 2, Arenal 1 y 2.
- Para los Tanques San Miguel del Común Alto 1 y 2, Medio y Bajo, así como para el Tanque Oyacoto se realizó un polígono cerrado, partiendo desde los puntos GNSS de SAN JOSÉ DE MORÁN TRC-05 y TRC-06, hasta llegar a los sitios de los levantamientos.

En la Tabla 13 se presenta la lista de los 22 tanques donde fueron realizados los levantamientos topográficos.

**Tabla 13 Levantamientos Topográficos a Escala 1:1000**

1	Tanque San Juan de Calderón alto.
2	Tanque San Juan de Calderón Bajo 1
3	Tanque San Juan de Calderón Bajo 2.
4	Tanque Mariana de Jesús 1.
5	Tanque Mariana de Jesús 2.
6	Tanque San José de Morán 1.
7	Tanque San José de Morán 2.
8	Tanque Brisas del Norte.
9	Tanque Plan de vivienda Ecuador.
10	Tanque San Luis.
11	Tanque Cuatro Esquinas Dos.
12	Tanque Llano Grande Alto.
13	Tanque Llano Grande Bajo.
14	Tanque San Miguel del Común alto 1.
15	Tanque San Miguel del Común alto 2.
16	Tanque San Miguel del Común medio.
17	Tanque San Miguel del Común bajo.
18	Tanque Oyacoto.

19	Tanque Carretas 1.
20	Tanque Carretas 2
21	Tanque Arenal 1.
22	Tanque Arenal 2.

Fuente: INGECONSULT, 2021

En la Figura 15 se muestra la distribución de los tanques en donde se efectuó el levantamiento topográfico.

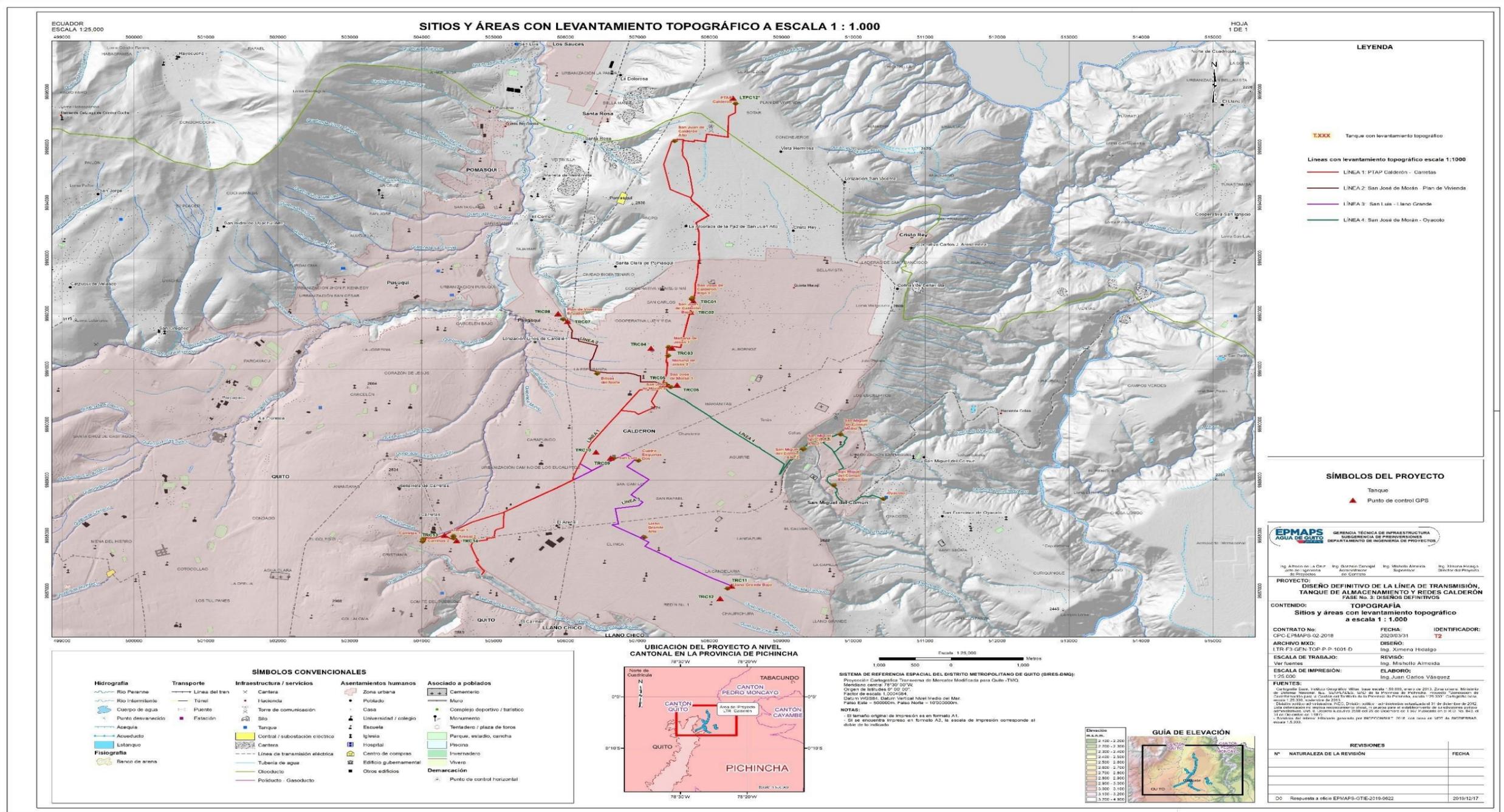


Figura 14 Zonas con Levantamiento Topográfico 1:1000

Elaboración: INGECONSULT, 2021

#### 4.2.6 Levantamiento topográfico de la línea de transmisión

El levantamiento topográfico a escala 1:1000 de la Línea de Transmisión, se inicia en los puntos denominados como **LTPC11** y **LTPC-12** que se ubican en la PTAP Calderón, siguiendo una faja de terreno con un ancho de 9 metros aproximadamente o en su defecto hasta la línea de fábrica en zonas densamente pobladas.

Igualmente se tomaron como referencia los 14 puntos GNSS distribuidos a lo largo del proyecto, en donde también se realizaron los respectivos levantamientos topográficos para una escala 1:1000, con ayuda de Estaciones Totales con dispositivo laser y considerando una densidad de puntos de aproximadamente 100 puntos por hectárea.

La toma de datos se lo realizó en forma radial levantando todos los accidentes encontrados y detalles como casas, caminos, cercas, bordillos, aceras alcantarillas, sumideros, tendidos eléctricos y en general todos los elementos existentes en las áreas levantadas.

El levantamiento topográfico a escala 1:1000 de la Línea de Transmisión comprende aproximadamente 76 hectáreas distribuidas de acuerdo a las siguientes líneas:

- **LÍNEA 1:** PTAP-Calderón, San Juan de Calderón Alto y Bajo, Marianas 1 y 2, Carretas 1 y 2, Arenal 1 y 2.
- **LÍNEA 2:** San José de Morán Plan de Vivienda Ecuador.
- **LÍNEA 3:** San Luis, Cuatro Esquinas, Llano Grande Alto y Bajo.
- **LÍNEA 4:** San José de Morán, San Miguel del Común y Oyacoto.

##### 4.2.6.1 Dibujo de planos

Para el procesamiento y dibujo de planos se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D. Para lo concerniente a procesos de interpolación, generación de curvas de nivel y perfiles se utilizó el programa AutoCAD para lo que es el dibujo, edición y representación final.

Cabe mencionar que en el dibujo de planos se utilizó la simbología más adecuada y considerando las normas y estándares dispuestas por la EPMAPS, también respecto a la edición de elementos altimétricos, se corrigieron todas las inconsistencias producidas por los procesos de interpolación.

En la siguiente tabla se presenta el listado de láminas en formato CAD que contiene el levantamiento topográfico escala 1: 1000.

**Tabla 14 Planos Topográficos Escala 1: 1000**

TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA		
TANQUES	IDENTIFICADOR	CÓDIGO
Topografía - Implantación Tanque San José de Moran 1	T4	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1100-E

TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA		
TANQUES	IDENTIFICADOR	CÓDIGO
Topografía - Implantación Tanque San José de Moran 2	T5	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1101-E
Topografía - Implantación Tanque Carretas 1 y 2	T6	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1102-E
Topografía - Implantación Tanque Mariana de Jesús 1	T7	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1103-E
Topografía - Implantación Tanque Mariana de Jesús 2	T8	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1104-E
Topografía - Implantación Tanque Arenal 1 y 2	T9	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1105-E
Topografía - Implantación Tanque San Juan de Calderón Bajo 1 y 2	T10	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1106-E
Topografía - Implantación Tanque San Luis	T11	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1107-E
Topografía - Implantación Tanque Llano Grande Alto)	T12	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1108-E
Topografía - Implantación Tanque Llano Grande Bajo	T13	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1109-E
Topografía - Implantación Tanque San Juan de Calderón Alto	T14	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1110-E
Topografía - Implantación Tanque San Miguel del Común Alto 1 y 2	T15	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1111-E
Topografía - Implantación Tanque 4 esquinas 2	T16	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1112-E
Topografía - Implantación Tanque Brisas del Norte	T17	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1113-E
Topografía - Implantación Tanque Plan Vivienda Ecuador	T18	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1114-E
Topografía - Implantación Tanque San Miguel del Común Bajo	T19	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1115-E
Topografía - Implantación Tanque San Miguel del Común Medio	T20	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1116-E
Topografía - Implantación Tanque Oyacoto	T21	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1117-E

1. LÍNEA DE TRANSMISIÓN - DESDE PTAP A TANQUE CARRETAS		
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 0+000,00 a 0+0540,00 (1/18)	<b>T22</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1200-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 0+0540,01 a 1+240,00 (2/18)	<b>T23</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1201-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 1+240,00 a 2+060,00 (3/18)	<b>T24</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1202-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 2+060,00 a 2+740,00 (4/18)	<b>T25</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1203-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 2+740,00 a 3+620,00 (5/18)	<b>T26</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1204-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 3+620,00 a 4+380,00 (6/18)	<b>T27</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1205-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 4+380,00 a 5+100,00 (7/18)	<b>T28</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1206-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 5+100,00 a 5+820,00 (8/18)	<b>T29</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1207-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 5+820,00 a 6+560,00 (9/18)	<b>T30</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1208-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 6+560,00 a 7+240,00 (10/18)	<b>T31</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1209-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 7+240,00 a 7+800,00 (11/18)	<b>T32</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1210-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 7+800,00 a 8+380,00 (12/18)	<b>T33</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1211-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 8+380,00 a 8+960,00 (13/18)	<b>T34</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1212-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 8+960,00 a 9+440,00 (14/18)	<b>T35</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1213-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 9+440,00 a 9+940,00 (15/18)	<b>T36</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1214-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 9+940,00 a 10+440,00 (16/18)	<b>T37</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1215-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 10+440,00 a 10+920,00 (17/18)	<b>T38</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1216-E
Topografía - PATAP a Tanque Carretas - Abs: 10+920,00 a 11+057,00 (18/18)	<b>T39</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1217-E
2. LÍNEA DE TRANSMISIÓN - DESDE TANQUE SAN JOSÉ DE MORÁN 2 A TANQUE PLAN DE VIVIENDA ECUADOR		
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs:	<b>T40</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1218-E

0+000,00 a 0+540,00 (1/3)		
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 0+540,00 a 1+360,00 (2/3)	<b>T41</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1219-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 1+360,00 a 1+586,00 (3/3)	<b>T42</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1220-E
<b>3. LÍNEA DE TRANSMISIÓN - DESDE PTAP A TANQUE PLAN DE VIVIENDA ECUADOR</b>		
Topografía - Desde PTAP a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 0+000,00 a 0+720,00 (1/4)	<b>T43</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1221-E
Topografía - Desde PTAP a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 0+720,00 a 1+670,00 (2/4)	<b>T44</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1222-E
Topografía - Desde PTAP a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 1+670,00 a 2+470,00 (3/4)	<b>T45</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1223-E
Topografía - Desde PTAP a Tanque Plan de Vivienda Ecuador - Abs: 2+470,00 a 2+520,00 (4/4)	<b>T46</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1224-E
<b>3. LÍNEA DE TRANSMISIÓN - DESDE TANQUE SAN JOSÉ DE MORÁN 2 A TANQUE OYACOTO</b>		
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (1/8)	<b>T47</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1225-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 0+680,00 a 1+440,00 (2/8)	<b>T48</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1226-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 1+440,00 a 2+220,00 (3/8)	<b>T49</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1227-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 2+220,00 a 3+070,00 (4/8)	<b>T50</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1228-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 3+070,00 a 4+270,00 (5/8)	<b>T51</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1229-E

Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 4+270,00 a 4+980,00 (6/8)	<b>T52</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1230-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 4+980,00 a 5+840,00 (7/8)	<b>T53</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1231-E
Topografía - Desde Tanque San José de Morán 2 Tanque Oyacoto - Abs: 5+840,00 a 5+929,00 (8/8)	<b>T54</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1232-E
<b>4. LÍNEA DE TRANSMISIÓN - DESDE DERIVACIÓN A TANQUE LLANO GRANDE BAJO</b>		
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (1/6)	<b>T55</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1233-E
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (2/6)	<b>T56</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1234-E
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (3/6)	<b>T57</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1235-E
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (4/6)	<b>T58</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1236-E
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (5/6)	<b>T59</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1237-E
Topografía - Desde Derivación a Tanque Llano Grande Bajo - Abs: 0+000,00 a 0+680,00 (6/6)	<b>T60</b>	LTR-F3-CON-TOP-P-P-1238-E

Elaboración: INGECONSULT, 2021

#### 4.2.6.2 Personal y equipo utilizado personal asignado

La medición de los puntos GNSS y el levantamiento topográfico fue realizado con el siguiente personal:

- Ingeniero Geógrafo
- Topógrafo
- Equipo de auxiliares de topografía y nivelación (cadeneros).

#### 4.2.6.3 Equipo utilizado

Para efectuar la medición de los puntos GNSS y para los levantamientos topográficos se utilizó el siguiente equipo:

- Receptor de sistema de posicionamiento GNSS T66 SANDING DKART
- Posicionador SANDING FIELD GENIUS, que incluye GPS, Brújula y Cámara Fotográfica.
- Estación Total SANDING ARC 5 de 2", re USB-SD mediciones laser hasta 500 m y con prisma hasta 5 km. Precisión con prisma 2+2ppm. Sin prisma 5+3ppm. Angular +/-2".
- Nivel Automático de precisión SANDING SL 32.

#### 4.2.6.4 Cantidades ejecutadas

En la Tabla 15 se muestra las cantidades ejecutadas en cuanto trabajos topográficos y levantamiento de información que se han desarrollado hasta la Etapa de Diseño Definitivo, quedando pendiente los trabajos relacionados al replanteo, los mismos que se ejecutarán una vez aprobado el diseño definitivo.

**Tabla 15 Rubros y cantidades ejecutadas**

TOPOGRAFÍA	UNIDAD	APROBADAS	EJECUTADAS
9.3.1 Levantamiento topográfico escala 1:000	Ha	41	76
9.3.2 Polígono para diseño con nivelación (incluye colocación de BMs, dibujo y planos)	Km	25	
9.3.3 Fichas catastrales	u	25	3
9.3.4 Replanteo para diseño definitivo (incluye colocación de BMs, dibujo y planos)	Km	25	
9.3.5 Replanteo de obras		9320	
9.3.6 Punto GNSS	punto	20	14
9.3.7 Poligonal arrastre con nivelación	Km	50	50

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 4.3 COMPONENTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG

#### 4.3.1 INTRODUCCIÓN

En atención a lo estipulado en los TdR, para la conformación del SIG del Proyecto, se toma en cuenta los criterios de estandarización, homogeneización y almacenamiento de la información en una estructura organizada mediante la construcción de una geodatabase de archivos.

Durante la ejecución del proyecto, se ha venido recopilando, homogeneizando, generando y almacenando estructuradamente gran cantidad de información geográfica, en una misma geodatabase de archivos. La información contenida en esta base de datos ha servido como herramienta de apoyo para el análisis y toma de decisiones en los diferentes estudios de especialidad del proyecto, tales como geología y geotecnia, hidráulica, vulnerabilidad y riesgos.

A través de las herramientas de SIG se analiza y modela la ocurrencia y comportamiento de fenómenos naturales y sociales en el área de estudio y, como resultado de ello, se generan salidas gráficas (mapas) que representan distintos aspectos temáticos relacionados con los componentes del Proyecto.

#### **4.3.2 OBJETIVO**

Sistematizar los datos geográficos básicos, temáticos y alfanuméricos del Proyecto en un entorno SIG para su adecuada gestión.

#### **4.3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Dado que la información geográfica relacionada con el proyecto “Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes Calderón” está estrechamente vinculada con la información que ha sido recopilada y procesada en los proyectos “Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión Paluguillo – Bellavista” y “Diseño Definitivo de la Línea de Conducción Puenbo - Calderón”, es pertinente hacer un recuento de la principal información así como la información vinculada directamente al proyecto objeto de este documento:

La información geográfica proporcionada por la EPMAPS y la recopilada por la Consultora, se detalla en la tabla 16.

Tabla 16 Principal Información Geográfica Proporcionada por la EPMAPS y Recopilada-Analizada por la Consultora

INFORMACIÓN SUMINISTRADA A LA CONSULTORA POR PARTE DE LA EPMAPS	
INFORMACIÓN GENERAL (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTIE-2015-467)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Estudio de actualización del Plan Maestro (Fase 1)	<p>Documentos del Informe de Estudios Básicos (IEB) desarrollado por Hazen and Sawyer P.C.</p> <p>Se encuentran en formato Word o PDF, no se encuentra la información geográfica editable.</p> <p>En los diferentes documentos se encuentran mapas (PDF) de información básica y temática como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SECCIÓN 1 INTRODUCCIÓN: Área de estudio.</li> <li>- SECCIÓN 2 PLANIFICACIÓN URBANA Y RURAL: densidades poblacionales, tendencia de crecimiento, uso del suelo actual año 2008, uso potencial del suelo año 2005, conflictos de uso del suelo año 2005. PUOS. Sistemas de distribución de agua potable en la zona urbana de Quito. Sectores (zonas) de agua potable en el área urbana de Quito.</li> <li>- SECCIÓN 3 RECURSOS HÍDRICOS: Subcuencas hidrográficas, estaciones meteorológicas, estaciones hidrológicas, parroquias DMQ, acuíferos DMQ, sistemas de agua potable, proyectos de agua potable.</li> <li>- SECCIÓN 4 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: Sistemas Atacazo, La Mica, Lloa, Noroccidente, Papallacta, Pichincha, Pita-Puengasí, Tesalia. Diagramas de plantas de tratamiento: Bellavista, Chilibulo, Chiliobulo Alto, El Placer,</li> </ul>
	<p>Noroccidente, Pichincha Sur, Puengasí, Rumipamba, Toctiuco, Torohuco, Troje.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SECCIÓN 10 MEDIO AMBIENTE: Estaciones meteorológicas, geología DMQ, Geomorfología DMQ, Suelos DMQ, Geotécnico DMQ, Peligrosidad DMQ, Sensibilidad física externa DMQ, Sensibilidad física interna DMQ, Áreas sensibles, Bosques protectores, Cobertura vegetal, Reservas ecológicas, Áreas de influencia.</li> </ul>
Normas de diseño de la EPMAPS	Documento. En el Anexo No.1 se presenta las Especificaciones técnicas para trabajos de Geodesia, Topografía, Restitución Fotogramétrica y Sistemas de Información Geográfica SIG.
Normas del Ex IEOS	Documento de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

<p>Información cartográfica digital a escala 1:5.000</p>	<p>Archivos que en formato CAD que corresponden a hojas individuales de la restitución. Los elementos, especialmente las curvas de nivel, no poseen el valor de elevación o, en ocasiones, este valor está mal asignado.</p>
<p><b>INFORMACIÓN PLAN MAESTRO (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2015-232)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Estudio de actualización del Plan Maestro (Fase 3)</p>	<p>Documentos del <b>Informe de Primera Etapa</b> desarrollado por Hazen and Sawyer P.C. <b>Se encuentran en formato PDF, no se encuentra la información geográfica editable.</b> En el documento se encuentran mapas (PDF) de información básica y temática como: Esquema general de los proyectos de inversión recomendados en el plan maestro de abastecimiento de agua (período 2010-2040). Proyectos de expansión de plantas de tratamiento y líneas de conducción y transmisión, corto y mediano plazo (2010-2019). Proyectos de expansión de plantas de tratamiento y líneas de conducción y transmisión, largo plazo (2020-2040).</p>
<p><b>INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2015-232)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Restitución fotogramétrica digital en escala 1:5000 en tres dimensiones, en formato vector DGN</p>	<p>No se encuentran los archivos en formato shp (ArcGIS). La información cubre casi toda el área de interés, a excepción de los primeros 3600m de tubería desde la salida del TTC.</p>
<p>(compatible con MicroStation o AutoCAD) y sistematizada en formato georrelacional SHP (compatible con el programa ArcGISArctInfo 9.0) de las conducciones en el intercorridor del Callejón Interandino que fueron establecidos en los Estudios de Prefactibilidad del PRO. La restitución se obtuvo a partir de fotografías aéreas escaneadas, tomadas por el IGM en el año de 1993. La faja restituida tiene un ancho de 5km.</p>	<p>En las hojas individuales de la restitución los elementos, especialmente las curvas de nivel, no poseen el valor de elevación o, en ocasiones, este valor está mal asignado. Los archivos consolidados (QUITO_TOTAL) de curvas de nivel, tienen propiedad de elevación (líneas 3D).</p>

<p>Hojas topográficas digitales en escala 1:50.000 en tres dimensiones, en formato vector DGN (Compatible con MicroStation o Auto CAD) y sistematizada en formato geo relacional SHP (compatible con el programa ArcGISArclnfo 9.0), que cubren el área de influencia directa del Proyecto.</p>	<p>No se encuentran los archivos en formato shp (ArcGIS). Cartas topográficas: ANTISANA, CALACALI, CANGAHUA, COSANGA, COTOPAXI, LAGUNA LA MICA, MINDO, MOJANDA, NONO, OTAVALO, OYACACHI, PAPALLACTA, PINTAG, QUINCHE, SAN DIMAS, SANGOLQUI, SAN MIGUEL BANCOS, SINCHOLAGUA, VACAS GALINDO. Sin información marginal. El área de interés se encuentra cubierta por las cartas El Quinche y Sangolquí.</p>
<p>Ortofotografías obtenidas a partir de fotografías aéreas en escala 1:60.000, que cubren el área de influencia directa del Proyecto.</p>	<p>La información recibida no corresponde a lo descrito. La información se localiza en el sector suroriental del área de estudio, únicamente cubre los 2000m de tubería desde la salida del TTC.</p>
<p>Ortofotografías en escala 1:5 000 del área del proyecto, obtenidas por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (año 2010).</p>	<p>Cubre toda el área de interés.</p>
<p>Red Geodésica del Proyecto Ríos Orientales y Red Geodésica Metropolitana.</p>	<p>NO SE RECIBIÓ LA INFORMACIÓN MENCIONADA.</p>
<p>Volumen No.3 Estudios de Cartografía y SIG a Nivel de Prefactibilidad del Proyecto</p>	<p>- Informe "ESTUDIOS DE CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE</p>
<p>de Agua Potable Ríos Orientales. EMPRESA PÚBLICA - UEPRO. 2006. Quito.</p>	<p>AGUA POTABLE RÍOS ORIENTALES". No se recibió los anexos No. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13 y 14 citados en el informe. - Anexo 1: Imágenes NO georreferenciadas que representan restitución 1:5.000 que cubre solamente el área de interés en el sector de Paluguillo. - Anexo 9: 12 monografías de puntos de control de la red geodésica del PRO (archivos *.doc y PDF). - Anexo 10: 5 monografías de puntos de control horizontal (IGM) de la Red Geodésica del Proyecto. - Anexo 11: 14 monografías de Hitos de Nivelación - puntos de control vertical (IGM) de la Red Geodésica del Proyecto. - Anexo 12: Ficha del catastro de infraestructura existente entre Papallacta y cuyují. - Mapas MXD: Incluye solamente los archivos *.mxd sin adjuntar los shapefiles que están ligados a estos archivos, los mapas se abren vacíos, es decir, carecen de</p>

	<p>la información geográfica relacionada y, por lo tanto, son inservibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Túnel: Documentos (planos, fotos, coordenadas de mojones) relacionados con los sitios de entrada y salida del túnel PapallactaPaluguillo.</li> <li>- Volúmenes de embalses: Carpetas que contienen los archivos fuente (compatibles con GIS) del cálculo de volúmenes de los embalses Cosanga, Maquimallanda y Tambuyacu; así como de sus espejos de agua.</li> <li>- Tabla de coordenadas de la red primaria y secundaria de puntos GPS.</li> </ul>
Volumen No.3 Estudios de Cartografía y SIG a Nivel de Prefactibilidad del Proyecto de Agua Potable Ríos Orientales. Informe de Diagnóstico y Estudios Básicos; Informe Final Prediseños de Prefactibilidad. EMPRESA PÚBLICA - UEPRO. 2005. Quito.	NO SE RECIBIÓ LA INFORMACIÓN MENCIONADA.
Planos As built de la línea de conducción existente Paluguillo Bellavista (No se dispone en formato digital).	Ninguna de las imágenes escaneadas se encuentra georreferenciada. Corresponden a planos civiles, eléctricos y mecánicos.
VIII conducción sistema papallacta	Archivo shapefile que representa el eje del Sistema Papallacta
IX atlas amenazas dmq	Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito. Segunda edición. 2015. Alcaldía de Quito. (En formato PDF).
<b>INFORMACIÓN GEOLÓGICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI- 2015-232)</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Volumen 5 - Geología y Geotecnia Estudio Geológico Geotécnico a Nivel de Prefactibilidad del Proyecto de Agua Potable Ríos Orientales. Volumen 5. Xavier Guachamín. EMAAP-Q: Quito, mayo de 2006. Investigaciones geotécnicas a nivel de	<p>Contiene documento del informe final y carpetas de sus 20 anexos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contiene archivos fuente en formato SIG (shapefiles y mxd) de los siguientes mapas: Análisis de estabilidad regional crítico, análisis de estabilidad regional normal, climático, crono estratigráfico, ecológico, geológico, morfológico, hidrogeológico, riesgo volcánico, sismo tectónico, suelos ingenieriles, suelos, susceptibilidad denudativa, zonificación geotécnica, rangos de pendientes.</li> </ul>

<p>Prefactibilidad del Proyecto de agua potable ríos Orientales. EMAAP-Q. Xavier Guachamín. Julio de 2005.</p>	
<p>Volumen 2 Investigaciones geológicas Investigaciones Geológicas a nivel de Factibilidad de las Obras que componen la Primera y Segunda Etapas del Proyecto de Agua Potable Ríos Orientales. Ing. Jorge Sevilla. EMAAPQ. Septiembre de 2008.</p>	<p>Contiene el Resumen Ejecutivo del informe final. Contiene el índice de Anexos, pero no los archivos de los Anexos. Planos en formato CAD: Perfiles cruces Ilaló Norte, Parroquias Orientales, Región Oriental, Túnel entrada y salida. En la carpeta <b>INFORME FINAL PRO GIS</b> donde se debería encontrar la cartografía digital, la gran mayoría de carpetas están <b>VACÍAS</b>; se encuentran solamente 3 archivos *.mxd (mapas) los cuales son inservibles al no contar con los archivos shp relacionados con los mismos.</p>
<p>Estudio de Factibilidad de los cruces de las conducciones existentes, como obras de mitigación ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi.</p>	<p>Documentos del <b>Estudio de evaluación de impactos sobre la infraestructura y factibilidad de las obras de mitigación ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi.</b> EPN, mayo de 2005 Incluye documentos sobre el estudio de la amenaza volcánica, análisis de riesgo, modelación matemática unidimensional, diseño de obras de protección y términos de referencia.</p>
<p>Informes volcán Cotopaxi.</p>	<p>Diversos documentos, informes y presentaciones relacionados con el Volcán Cotopaxi, generados en el año 2004 por diferentes especialistas del IG-EPN.</p>
<p><b>INFORMACIÓN HIDROLÓGICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI- 2015-232)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Estudio de Hidrología a nivel de Prefactibilidad del Proyecto Ríos Orientales.</p>	<p>Contiene los documentos, informe, anexos, fotos y mapas de los Estudios Hidrológicos a nivel de Prefactibilidad del proyecto de agua potable Ríos Orientales. Édison Alberto Heredia. Enero de 2005. En cuanto a los mapas, se cuenta con la información fuente en formato SIG (shapefiles y mxd) de los siguientes mapas: Información Base 1 y 2, Ubicación General del Área de Estudio, Implantación General Del Proyecto En el Área de Estudio, Estaciones Hidrológicas, Meteorológicas y Sitios de Aforo, Isoyetas Medias Anuales, Lluvia Índice, Regiones Hidrológicas Homogéneas, Caudales Específicos En Los Sitios De Aforo y Estaciones Hidrométricas, Cuencas Aportantes A Los Sitios De Aforo y A Las Estaciones Hidrométricas, Perfiles De Aprovechamiento Hídrico, División Del Área De Estudio En Cuencas Hidrográficas (Alternativas Alta, Media y Baja), Sitios Recomendados Para La Implantación De Nuevas Estaciones, Alternativas De Conducción."</p>

INFORMACIÓN SOBRE LA CONDUCCIÓN PALUGUILLO - BELLAVISTA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2015-232)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Prediseños de las alternativas de Conducción en el Callejón Interandino del Estudio de Prefactibilidad del PRO	Contiene informes (final, memoria ejecutiva, resumen general, anexos); mapas y planos. En cuanto a mapas, se cuenta con la información fuente en formato SIG (shapefiles y mxd) de mapas de Sistemas de agua potable existentes; Geología regional del PRO, Área potencial de servicio del PRO y proyectos de agua potable de la EMAAP; Líneas de transmisión, zonas hidráulicas y tanques existentes en el PRO; Líneas de transmisión propuestas; Trazados analizados de conducción; Trazados definitivos.
INFORMACIÓN SOBRE LA CONDUCCIÓN PALUGUILLO - BELLAVISTA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2015-232)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Ortofoto y modelo digital del terreno del Distrito Metropolitano de Quito	Ortofoto y modelo digital del terreno, remitido por la Unidad MAGAP-PRAT (SIG Tierras), del año 2010.
CATASTRO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Información suministrada por la Dirección Metropolitana de Catastro, a través de la EPMAPS.	Archivo shapefile que representa la información catastral a nivel de predios, que abarca el área de influencia de las variantes propuestas para la conducción Paluguillo - Bellavista.
CARTOGRAFÍA BASE Y TEMÁTICA A ESCALA 1:25.000	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Información generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano dentro del Proyecto Generación de Geoinformación Para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1:25.000. Suministrada a través de la EPMAPS.	La información cubre el límite del Distrito Metropolitano de Quito. La cartografía se encuentra en archivos fuente (geodatabases y mxd); en cartografía base no se cuenta con curvas de nivel. Se cuenta con información temática y memorias técnicas (generadas entre octubre de 2013 y enero de 2014) de: Amenaza erosión hídrica, amenaza movimientos en masa, capacidad de uso de las tierras, clima hidrología, geomorfología, geopedología, infraestructura, sistemas productivos, socioeconómico. La información ha sido generada en coordinación con las principales entidades del Estado encargadas de cada temática.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE SITIOS ESPECÍFICOS	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
<p>Levantamientos topográficos de propiedades privadas posiblemente afectadas por el trazado de la conducción Paluguillo - Bellavista, sectores: Urbanización HCJB, predio de la Universidad Católica, línea Pallares.</p>	<p>Archivos CAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamiento en Urbanización HCJB. Fideicomiso Jardines de San Sebastián. Plan Urbano Arquitectónico Especial. Julio de 2014.</li> <li>- Levantamiento de topografía y construcciones en el Nuevo Campus Nayón de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Escala 1:2.000. Febrero de 2016. - Proyecto Bellavista – Pallares. Variante desde la PRAP al TRP-1. Escala 1:5.000.</li> </ul>
INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2018-054)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
<p>Información específica de interés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catastro de Propiedades, en formato CAD que intersecan con el trazado de la línea en sus dos alternativas, solo se dispone del código de referencia del propietario (IRM) sin una base de datos adicional.</li> <li>- Plano de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón, en formato CAD, se considera como la primera propuesta realizada por la empresa consultora a cargo de su diseño a la EPMAPS; en donde consta el tanque de ingreso de agua cruda con sus respectivas coordenadas en las esquinas. Se dispone de una segunda entrega con fecha 08 de mayo de 2018.</li> <li>- Restitución 1:1000 de las Parroquias de Puembo y Calderón, en formato CAD, consta de coberturas referentes a curvas de nivel, puntos acotados de terrenos y de edificaciones, cuerpos de agua, límite de propiedades, ejes viales, entre otros elementos referentes a cartografía base.</li> <li>- Alcantarillado de las Calles Jose Borja y Julio Tobar en el año 2017 en el Sector de Puembo, en formato CAD, consta de planimetría, perfiles, áreas de aportación y características hidráulicas.</li> <li>- Catastro de Propiedades, en formato CAD que intersecan con el trazado de la línea en sus dos alternativas, solo se dispone del código de referencia del propietario (IRM) sin una base de datos adicional.</li> <li>- Plano de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calderón, en formato CAD, se considera como la primera propuesta realizada por la empresa consultora a cargo de su diseño a la EPMAPS; en donde consta el tanque de ingreso de agua cruda con sus respectivas coordenadas en las esquinas. Se dispone de una segunda entrega con</li> </ul>

	<p>fecha 08 de mayo de 2018.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Restitución 1:1000 de las Parroquias de Puenbo y Calderón, en formato CAD, consta de coberturas referentes a curvas de nivel, puntos acotados de terrenos y de edificaciones, cuerpos de agua, límite de propiedades, ejes viales, entre otros elementos referentes a cartografía base.</li> <li>- Alcantarillado de las Calles Jose Borja y Julio Tobar en el año 2017 en el Sector de Puenbo, en formato CAD, consta de planimetría, perfiles, áreas de aportación y características hidráulicas.</li> </ul>
<p><b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GTI-2018-058)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Información específica de interés</p>	<p>Red de agua potable y alcantarillado incluido pozos de las zonas de Puenbo y Calderón, que intersecan con el trazado de la línea en sus dos alternativas para un área de influencia directa de 20m.</p>
<p><b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CORREO ELECTRÓNICO DE MVALLADARES 15-06-2018)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Información específica de interés</p>	<p>Predios colindantes y afectados con el trazado de la línea Puenbo-Calderón en sus dos alternativas para un área de influencia directa de 100m. El archivo se entrega en formato shapefile Incluye la base de datos del propietario y predio completa.</p>
<p><b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN OFICIO No: EPMAPS-GFTIE-2018-406)</b></p>	<p><b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b></p>
<p>Información específica de interés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informes definitivos de Evaluación, Modelación y Diseño de la Sectorización Hidráulica de las Redes de Distribución de las Parroquias de San Antonio de Pichincha, Pomasqui, Calderón, Calacalí, Llano Chico, Zámbriza y Nayón, Hidrotec Ltda. Ingenieros Consultores de Bogotá, Colombia. Incluye cartografía digital referente a: alcantarillado (pozos, redes y sumideros) y agua potable (hidrante, pieza especial, acueducto, tanque, válvula y transporte).</li> <li>- Planos As Built del Sistema de Agua Potable de Calderón (información de carácter referencial no definitivo)</li> </ul>

INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN ELSISTEMA BIM 360 DE FECHA 26-10-2018)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Información específica de interés	Estudios topográficos del Proyecto “Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de la ampliación del Sistema de Alcantarillado para la Parroquia Calderón”, incluye respaldo cartográfico de la ubicación de puntos de control y BMS nivelados, así como el esquema de nivelación
INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN ELSISTEMA BIM 360 DE FECHA 29-10-2018)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Información específica de interés	Catastro de Predios de la Parroquia de Calderón. El archivo se entrega en formato shapefile Incluye la base de datos del propietario y predial completa.
INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CORREO ELÉCTRICO DE FECHA 08-11-2018)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
Información específica de interés	Estudios geológicos-geotécnicos del Proyecto “Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de la ampliación del Sistema de Alcantarillado para la Parroquia Calderón”
INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CONSTA EN ELSISTEMA BIM 360 DE	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES

FECHA 15-11-2018 OFICIO No: EPMAPS-GFTIB-2018-022)	
Información específica de interés	Restitución 1:1000 de las Parroquias de Calderón, Carcelén, Comité del Pueblo, Kennedy, Llano Chico, y San Isidro del Inca, en formato CAD, consta de coberturas referentes a curvas de nivel, puntos acotados de terrenos y de edificaciones, cuerpos de agua, límite de propiedades, ejes viales, entre otros elementos referentes a cartografía base.
INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CORREO ELÉCTRICO DE FECHA 05-12-2018)	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES

Información específica de interés	Información referente al diseño electromecánico, instrumentación y control de los tanques Checa Ampliación y Los Pinos
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA (SEGÚN CORREO ELÉCTRICO DE FECHA 14-12-2018)</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información específica de interés	Información referente a la Interconexión de los tanques San Juan de Calderón Bajo, Carretas, El Arenal, Marianitas y San José de Morán
<b>INFORMACIÓN RECOPIADA POR LA CONSULTORA</b>	
<b>INFORMACIÓN SOBRE LA RUTA VIVA</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información suministrada por la EPMOP	Archivos correspondientes al trazado de la Ruta Viva. Fase 1 (en formato CAD y PDF): Escombreras; diseño geométrico de la vía; drenaje; estructuras; curva de masas; señalización; sistema eléctrico; tratamiento de taludes; paisajismo y revegetación; interferencias. Fase 2 (en formato CAD): Situación; trazado; drenaje; obras de arte mayor; señalización; sistema de comunicaciones, energía eléctrica e iluminación; red de agua potable; sifones; tratamiento de taludes; enchambado; perfiles. Geología a escala 1:1.000 a lo largo de la Ruta Viva.
<b>CARTOGRAFÍA BASE (IGM)</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información cartográfica de libre acceso.	Archivos en formato shapefile, correspondiente a la Base Nacional escala 1:1'000.000 (2012); Base Regional escala 1:250.000 (enero de 2013); y Base escala 1:50.000 (enero de 2013).

<b>DIVISIÓN HIDROGRÁFICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información generada por SENAGUA - UICN.	División hidrográfica según metodología Pfafstetter, niveles 1, 2, 3, 4 y 5. Archivos shapefile, escala 1:250.000. Mayo de 2009.
<b>CARTOGRAFÍA TEMÁTICA SNI</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información cartográfica digital de libre acceso.	Cartografía digital disponible en el portal del Sistema Nacional de Información. Información a escala 1:1'000.000, 1:250.000, 1:100.000 y 1:50.000. Generada por diferentes instituciones y en diferentes años.
<b>CARTOGRAFÍA AMBIENTAL SUIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>

Información cartográfica digital de libre acceso.	Cartografía digital disponible en el portal del Sistema Único de Información Ambiental; relacionadas con temas de conservación y manejo, ecosistemas, reforestación, deforestación y Programa Socio Bosque.
<b>CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Mapa geológico nacional.	Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas (DGGM), Cooperación Técnica del Gobierno Británico, Institute of Geological Sciences (NERC). Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador. Escala 1:1'000.000. 1982 (Segunda aproximación). Formato Digital - imagen.
Mapa hidrogeológico nacional.	Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas (DGGM), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Mapa Hidrogeológico Nacional de la República del Ecuador. Escala 1:1'000.000. 1983. Formato digital - imagen.
Hoja geológica a escala 1:50.000.	Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas (DGGM), Asistencia Técnica del Gobierno de Gran Bretaña. Hoja Geológica "Sangolquí" (CT-ÑIII-B3). 1980 - Edición I. Formato analógico.
<b>CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE LA SECRETARÍA TERRITORIAL DE HÁBITAT Y VIVIENDA DEL DMQ</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
	Archivos shapefile correspondientes a: Amenazas por deslizamientos, cobertura vegetal y uso del suelo, censo (INEC, 2010), división político administrativa (zona administrativa), red hídrica, centros
	de salud, centros educativos, cobertura de agua, cobertura de alcantarillado, puntos de luz eléctrica, red hídrica, vialidad. De algunos de estos archivos no se cuenta con la descripción metodológica con la que fueron producidos. Alguna información no cubre toda el área del Proyecto (especialmente el tramo de Paluguillo).
<b>CARTOGRAFÍA SOCIAL PARA QUITO URBANO</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES</b>
Información cartográfica del "Atlas Social Para Quito Urbano", generado por la Universidad Andina Simón Bolívar y su Unidad de Información Socio Ambiental.	La información no cubre toda el área de estudio; corresponde únicamente a Quito urbano. Contiene mapas (PDF) y shapefiles sobre educación, empleo, migración, población, pobreza y desigualdad, salud, servicios básicos y vivienda.

Elaboración: INGECONSULT, 2021

#### 4.3.4 Mapas elaborados en formato SIG para la fase de diseño definitivo

- La Fase 1 implica el planeamiento y análisis de alternativas de solución junto a una descripción de cada una de ellas en las diferentes áreas de especialización, para una posterior selección de la alternativa más óptima.
- La Fase 2 corresponde al diseño a nivel de Factibilidad de la alternativa seleccionada en función de los resultados obtenidos de la Fase 1 de Prefactibilidad, con su correspondiente desarrollo en función de las investigaciones de campo, análisis y diseño de sus detalles.
- La Fase 3 correspondiente a Diseño Definitivo, concierne la elaboración de todos los documentos, mapas y planos constructivos que se requiere para la construcción y puesta en operación del Proyecto, por lo que los productos de esta Fase, deben contener la información gráfica y escrita necesaria para la correcta ejecución de las obras.

En tal sentido, con respecto a la información, se gestionó la misma en un entorno SIG, y se actualizó el trazado de la alternativa seleccionada dentro del Proyecto. Se destacan además los trabajos en el área de Geología y Geotecnia, tales como mapeos geológicos y geotécnicos, así como perfiles de detalle en sitios de especial interés.

Con el trazado actualizado se incorporó también su ubicación en relación con los diferentes factores que intervienen en el análisis de peligros morfoclimáticos, para caracterizar el nivel de peligro que potencialmente estaría incidiendo en el proyecto. La descripción de estos trabajos se encuentra en los correspondientes volúmenes e informes según la especialidad (Generales, Geología y Geotecnia, Vulnerabilidad y Riesgos).

A continuación, en la Tabla 18 se detalla el listado de mapas (proyectos \*.mxd) elaborados durante la Fase 3

DOCUMENTOS GENERALES	ID	CÓDIGO
Mapas Generales - Implantación general del Proyecto	<b>Ge1</b>	LTR-F3-GEN-GEN-P-P-0000-D
Mapas Generales - Ubicación del Proyecto respecto a la división político administrativa parroquial en el Cantón Quito	<b>Ge2</b>	LTR-F3-GEN-GEN-P-P-0001-D
Mapas Generales - Sectores de servicio	<b>Ge3</b>	LTR-F3-GEN-GEN-P-P-0002-D

TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Topografía - Ubicación de puntos GNSS	<b>T1</b>	LTR-F3-GEN-TOP-P-P-1000-D
Topografía – Sitios y áreas con levantamiento topográfico escala 1:1000	<b>T2</b>	LTR-F3-GEN-TOP-P-P-1001-D
Topografía - Rubros y cantidades ejecutadas de topografía	<b>T3</b>	LTR-F3-GEN-TOP-P-P-1002-D

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Geología y Geotecnia - Mapa geológico general	<b>G1</b>	LTR-F3-GEN-GEO-P-P-1000-D
Geología y Geotecnia - Mapa geomorfológico general	<b>G2</b>	LTR-F3-GEN-GEO-P-P-1001-D
Geología y Geotecnia - Mapa hidrogeológico general	<b>G3</b>	LTR-F3-GEN-GEO-P-P-1002-D
CONDUCCIÓN	ID	CÓDIGO

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Geología y Geotecnia - Ubicación de fuentes de materiales (canteras) y escombreras	<b>G4</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1100-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico del Proyecto (1/3)	<b>G5</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1101-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico del Proyecto (2/3)	<b>G6</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1102-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico del Proyecto (3/3)	<b>G7</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1103-D
Geología y Geotecnia - Mapa de ubicación de investigaciones geológicogeotécnicas y geofísica	<b>G8</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1104-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 0+000 A 3+000 (1/4)	<b>G9</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1105-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 3+000 A 6+000 (2/4)	<b>G10</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1106-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 3+000 A 9+000 (3/4)	<b>G11</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1107-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 9+000 A 11+095 (4/4)	<b>G12</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1108-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A San Juan de Calderón Alto : Abs 0+000 A 1+000 (1/2)	<b>G13</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1109-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea De Transmisión PTAP Calderón A San Juan de Calderón Alto : Abs 1+000 A 1+544 (2/2)	<b>G14</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1110-D

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico Línea de Transmisión San José de Morán 2 a San Miguel del Común Alto: Abs 0+000 A 3+153 (1/1)	<b>G15</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1111-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 0+000 A 3+000 (1/4)	<b>G16</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1112-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 3+000 A 6+000 (2/4)	<b>G17</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1113-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 3+000 A 9+000 (3/4)	<b>G18</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1114-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A Tanque Carretas 2 : Abs 9+000 A 11+095 (4/4)	<b>G19</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1115-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A San Juan de Calderón Alto : Abs 0+000 A 1+000 (1/2)	<b>G20</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1116-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea De Transmisión PTAP Calderón A San Juan de Calderón Alto : Abs 1+000 A 1+544 (2/2)	<b>G21</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1117-D
Geología y Geotecnia - Mapa y Perfil Geológico - Geotécnico Línea de Transmisión San José de Morán 2 a San Miguel del Común Alto: Abs 0+000 A 3+153 (1/1)	<b>G22</b>	LTR-F3-CON-GEO-P-P-1118-D

REPLANTEO		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Replanteo planificado etapa diseño definitivo	<b>Rep1</b>	LTR-F3-GEN-REP-P-P-1000-E

VULNERABILIDAD Y RIESGOS		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor Geología (SL)	<b>R1</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1000-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor Geomorfología (SG)	<b>R2</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1001-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor Pendientes (SP)	<b>R3</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1002-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor distancia a Estructuras Tectónicas (SE)	<b>R4</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1003-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor distancia a Ríos (SH)	<b>R5</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1004-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor distancia a Vías (SV)	<b>R6</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1005-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por factor Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (SC)	<b>R7</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1006-D
Peligros Morfoclimáticos - Factor de disparo por Precipitación (DP)	<b>R8</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1007-D

VULNERABILIDAD Y RIESGOS		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Peligros Morfoclimáticos - Factor de disparo por Sismos (DS)	<b>R9</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1008-D
Peligros Morfoclimáticos - Susceptibilidad por Factores Combinados (SFC)	<b>R10</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1009-D
Peligros Morfoclimáticos - Mapa de Peligros Morfoclimáticos (PM)	<b>R11</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1010-D
Amenaza Sísmica – Sismicidad	<b>R12</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1100-D
Amenaza Volcánica - Peligros volcánicos potenciales	<b>R13</b>	LTR-F3-GEN-RSG-P-P-1200-D

SOCIOLOGÍA		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Expropiaciones y servidumbres	<b>Soc1</b>	LTR-F3-GEN-SOC-P-P-1000-D

IMPACTO AMBIENTAL		
GENERALES	ID	CÓDIGO
Área de influencia	<b>Amb1</b>	LTR-F3-GEN-AMB-P-P-1000-D

Elaboración: INGECONSULT, 2021

## 4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.4.1 TOPOGRAFÍA

- Se ha terminado la totalidad de los levantamientos topográficos planteados.

### 4.4.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- La adecuada gestión de la información geográfica en un entorno sig permite disponer de forma técnica y estandarizada toda la información cartográfica elaborada para el proyecto.
- La estructura de almacenamiento de los archivos digitales, definida para el proyecto, ha facilitado la gestión de la cartografía digital en un entorno sig y, específicamente, en una geodatabase de archivos que se ha ido alimentando con gran cantidad de información a la que se puede acceder fácilmente por estar identificado cada objeto con una nomenclatura clara con la que se describe su contenido.
- El establecer un procedimiento de codificación de los documentos y archivos relacionados con el proyecto ha permitido manejar un adecuado sistema de gestión documental e identificar a cada producto elaborado (informe, mapa, etc.), con un código único que facilita el seguimiento de sus versiones y revisiones.
- Los documentos cartográficos generados (mapas y planos) han servido como apoyo para los estudios de las diferentes especialidades, reflejando de manera didáctica los distintos fenómenos y elementos de análisis, para una mejor comprensión de la realidad del área de estudio.

## 5 ESTUDIO DE GEOLOGÍA – GEOTECNIA (FASE III)

Como parte de esta Fase III: Diseño Definitivo y en complemento a lo realizado en la Fase II: Factibilidad, INGECONSULT estudia el comportamiento de los materiales en las cimentaciones de los Tanques, con sus variantes debidas a su optimización, así como los cortes de las zanjas relacionadas con la implantación de la Línea de Transmisión y de las Redes Calderón: tuberías de refuerzo y tuberías nuevas.

A continuación, se describen los trabajos más representativos que ejecutó INGECONSULT, en el desarrollo de la Fase III: Diseños Definitivos; en particular, el cálculo y validación de los estudios realizados en etapa de Factibilidad, en base a los resultados de campo y laboratorio y al modelo geológico general.

### 5.1 TRABAJOS DE CAMPO

Para los estudios en la Fase III, se emplean los resultados de los trabajos de campo ejecutados en Fase II, debidamente aceptados por la EPMAPS:

□ Línea de Transmisión: labores “a cielo abierto”.  
Diez perforaciones (RSPT) a percusión, con ensayos de penetración estándar cada metro. La profundidad de las perforaciones fue entre 4.00 y 8.00 m de profundidad.

□ Obras Hidráulicas: labores “a cielo abierto”.

- Siete perforaciones (RSPTT) a percusión con ensayos de penetración estándar cada metro. La profundidad de las perforaciones fue entre 6.00 y 8.00 m de profundidad.
  
- Adicionalmente se ejecutaron: Ensayos de clasificación (granulometría por tamizado, límites de consistencia, contenido de agua), Ensayos de resistencia al corte –corte directo o compresión triaxial, en función del material recuperado, Ensayos de densidad de campo –variación- valor de fondo del material para implantación. ‘

## 5.2 NORMAS TECNICAS UTILIZADAS

Las siguientes normas han sido tomadas en cuenta:

- NORMAS ASTM-D422; D-2487; D-2488; D-4429
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC), 2015
- EMAAP-Q, 2007. NORMAS DISEÑO DE AGUA POTABLE. Quito. (Julio, 31).
- ASCE, 2007. Geotechnical Baseline Reports for Construction: Suggested Guidelines.
- DMQ, 2016. Ordenanza Municipal, 0143 (octubre, 14).
- DMQ, 2007. Ordenanza Municipal No 213. Quito. Sección IV. Del Servicio Especial de Escombros, Tierra y Residuos Asimilables a Escombros.

## 5.3 MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO REGIONAL

### 5.3.1 Marco Tectónico Regional

La Cordillera de los Andes, que se extiende desde Colombia al norte hasta la Patagonia al sur, se divide en tres segmentos: sur, central y norte. El país forma parte del segmento norte o Andes del Norte que ocupa los territorios de Colombia y Ecuador, porción caracterizado por la presencia de terrenos alóctonos acresionados a la placa Sudamericana desde el Cretácico medio, Crm. Así, en este segmento del territorio ecuatoriano ocurre la subducción ortogonal de la Placa de Nazca bajo la placa Continental Sudamericana, constituyendo un margen “activo” en los tiempos actuales (1HUGHES, ET AL., 1997). Por lo que, el área del presente estudio localizado en el graben interandino, se encuentra rellena por material de edad PliocuaternariaHolocénica-Reciente, con productos volcano sedimentarios procedentes de las dos cordilleras- Occidental y Oriental.

### 5.3.2 Contexto Geológico Regional

Los siguientes párrafos se concentrarán en la visión fisiográfica del país continental, así, la porción continental se divide en tres regiones principales las cuales también se ven reflejadas en diferentes zonas o regiones geológicas. La región Andina o Sierra que separa la Cuenca Amazónica u Oriente en el este y la Región de la Costa hacia el oeste.

---

<sup>1</sup> HUGHES&BERMUDEZ, 1997. Geology of The Cordillera Occidental of Ecuador between 0°00’ and 1° 00S. CODIGEM-BGS.

El área del presente estudio se localiza en la Región Interandina o Sierra, la misma que comprende dos cadenas montañosas sub-paralelas (Cordilleras Occidental y Real) las que están separadas por un graben central; el graben constituye el límite estructural elongado por fallas activas el cual comprende secuencias potentes volcánico sedimentarias y volcánicas de edad terciaria a recientes.

Es importante señalar que por evidencias geológicas de campo como registros sísmicos permiten correlacionar que los límites estructurales del graben central coinciden con segmentos de fallas inversas que actúan bajo un régimen tectónico transpresivo correspondiendo a suturas tectónicas de los terrenos exóticos acresionados en tiempos del Jurásico (J), y en el Paleoceno-Eoceno.

En general, en el DM Quito el relleno volcánico-sedimentario está compuesto por materiales pertenecientes a flujos de lavas andesíticas, brechas, aglomerados, tobas; en ambientes lacustres y fluviales conformado por material granular desde grano grueso a muy fino, arenas, limos y arcillas presentándose en secuencia de estratos alternados o masivos y finalmente por material de caída "air fall", depósitos coluviales, deslizamientos-derrumbes y suelos. La fuente de los materiales volcánico-sedimentario está asociado al sistema activo de subducción, placa Nazca bajo la placa Sudamericana; el sistema activo comprende el arco volcánico representado por una serie de estrato volcanes con composiciones de básica-media a ácida (andesitas dacitas-riolitas).

Los complejos volcánicos que "rodean" al área de estudio y que potencialmente podrían afectar a la misma como a la implantación de nuevas obras de redes de conducción, así: Pululahua, Pichincha, Mojanda, Cayambe, Reventador, Cotopaxi y Antisana. De este conjunto de volcanes los volcanes activos Cotopaxi, Reventador y Antisana podrían ocasionar afectaciones por la emisión de <sup>2</sup>productos distales aéreos como la caída de tefra (ceniza), de todas maneras, esto en función de la dirección del viento y la altura de la columna eruptiva.

### 5.3.3 Contexto Geomorfológico

El contexto geomorfológico en el que se encuadra el área de estudio ha sido definido, recopilando de distinta información bibliográfica, en especial con la información de "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio de la Provincia de Pichincha, SENPLADES (memorias y mapas temáticos, escala 1: 25 000) como el levantamiento de información mediante el reconocimiento geológico-geomorfológico.

Así, una Unidad Geomorfológica, UG, se la define como una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis (origen, por ejemplo: denudativo o tectónico erosivo), morfología (aspectos descriptivos, por ejemplo: valle o superficie de mesa) y morfometría.

---

<sup>2</sup> MRNE-DGGM, 1982. Mapa de Riesgos Volcánicos del Volcán Guagua Pichincha. Reporte Final. Quito.

Tabla 17 Unidades Geomorfológicas

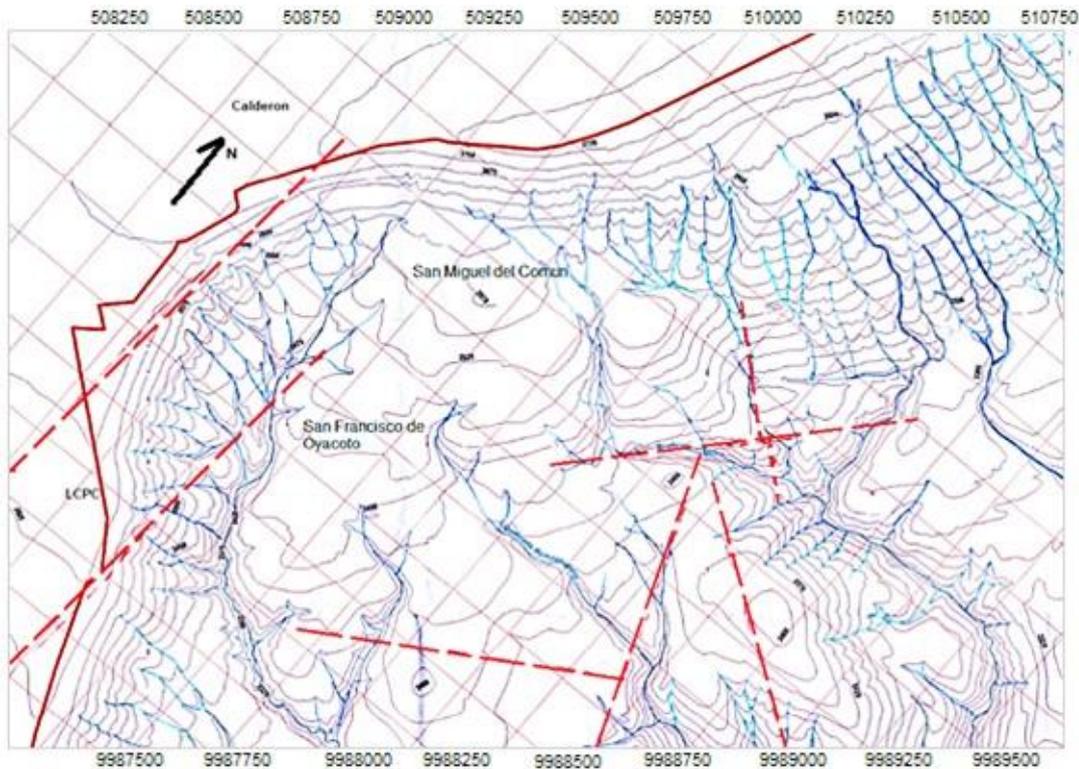
	Geoforma	Código	Descripción Unidades Geomorfológicas, UG. (FUENTE: SENPLADES, 2013)
Volcánico Erosivo	Superficie de meseta volcánica	Smv	Amplias planicies, que se localizan al Este del cantón Quito, en las parroquias que se detallan a continuación. Superficies de menor extensión, se encuentran en las parroquias; Atahualpa en los sectores de Piganta, San Antonio, en las cercanías de San José y en la parroquia de Puéllaro en el sector de La Planada Pishangui, Campanario. Poseen pendientes que varían de muy suaves (2 a 5%) a medias (12 a 25%), desniveles relativos que oscilan de menos de 5m a 15m. <u>Llano Chico.</u>
	Superficie disectada de meseta volcánica	Smvvd	Superficies ubicadas al Oeste del cantón se hallan sobre la formación Cangagua en la <b>**unidad ambiental</b> Relieves de los Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios y sobre los volcánicos Pichincha Flancos Inferiores de Estructuras Volcánicas. Sus pendientes van de 5 a 12% consideradas como suaves, desnivel relativo de 5 a 15m, sus cimas tienen formas redondeadas con vertientes convexas cuya longitud llega a los 50m. <u>San Miguel del Común, S. Fco. Oyacoto.</u>
	Vertiente de meseta volcánica	Vmv	Este tipo de vertientes se localizan al Este del cantón Quito sobre la formación Chiche, formación Cangagua y sobre los volcánicos Indiferenciados. Tiene pendientes que van desde el 12% al 150%, con desniveles relativos de 25 a 200m, las vertientes alcanzan longitudes de 500m. <u>S Fco. Oyacoto.</u>
Tectónico Erosivo	Vertiente abrupta	Vab	Constituye una superficie topográfica inclinada situada entre el punto más alto, (cima), y el más bajo (pie); pendientes que van desde media a fuerte (25-40%) escarpadas (100-150%), vertiente irregular y rectilínea, con una longitud de hasta 250 m, un desnivel relativo de hasta 200m, litológicamente estas vertientes pertenecen a formación Macuchi, Miembro Chontal, formación Silante, formación Pisayambo, formación Chiche, Volcánicos Atacazo, Volcánicos Indiferenciados, Cangagua, y Rocas Intrusivas. Es la geoformas típica a lo largo de las quebradas más profundas (Tamaucu- Tantaleo)
Tectónico	Terraza colgada	Tc	Esta unidad morfológica de origen tectónico presenta distintos tipos de composición como tobas andesíticas de color café claro, ceniza de la Formación Cangagua que se ubican en el sector de Guapulo. Entre las características de terrazas tienen pendientes entre muy suaves a suaves (2-12%), su desnivel relativo está entre 0 a 15 m, no tiene forma de cima ni vertiente, y su cobertura vegetal es de tipo cultivo permanente, y menos herbácea
Volcánico	Relieve volcánico montañoso	Rv7	Estos relieves son el producto de acumulaciones de depósitos volcánicos que se ubican al Oeste y Centro del cantón. Las pendientes de estos relieves oscilan del (12 a 150%), desniveles relativos de (100 a 200m) y >300m, con formas de cima agudas y redondeadas, vertientes que van desde rectilíneas, convexas, irregulares hasta mixtas con longitudes que llegan a sobrepasar los 500m. <u>Volcánicos Indiferenciados, Vi</u>

	Geoforma	Código	Descripción Unidades Geomorfológicas, UG. (FUENTE: SENPLADES, 2013)
	Relieve volcánico colinado muy alto	Rv6	Este tipo de relieves se presentan en el Centro y Oriente del cantón, sobre los Volcánicos Pichincha, Volcánicos del Atacazo, Volcánicos Indiferenciados, Formación Pisayambo y formación Cangagua, correspondientes a cimas de forma aguda y redondeada, pendientes que fluctúan desde los (12-100%), desnivel relativo de (200 a 300m), longitudes de vertiente de 200 a 300m. El tipo de drenaje de estas geoformas es paralelo y dendrítico, y subdendrítico con una densidad que varía de gruesa, media a fina. <u>Sector Eralemos</u>
	Relieve volcánico colinado medio	Rv4	Estos relieves se encuentran a lo largo de toda la parte Oriental del cantón. La pendiente de estos relieves varía de 12 a 100%, desnivel relativo de 100m, presenta un relieve con cimas agudas y redondeadas, de vertientes rectilíneas, cóncavas, convexas, irregulares y mixtas las mismas que no superan los 100 m de longitud. <u>Sector San Carlos-Coop. Monte Sinaí.</u>
	Llanura de depósitos volcánicos	Lldv	Relieves de los Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios y Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte, sobre los Volcánicos Pululahua y Formación Cangagua. Las pendientes van del 2 al 25%, con un desnivel relativo de 0 a 25m. <u>Sector Cristo Rey-Vista Hermosa-Alborada de la Paz S. Juan Alto.</u>
	Vertiente de llanura de depósitos volcánicos	Vllv	Localizada al Este del cantón en las parroquias de Pomasqui, San Antonio y Quito, bajo las formaciones Chiche, Cangagua y Volcánicos Pululahua, Poseen características específicas como pendientes que van de 25 a 100% desnivel relativo de 25 a 200m, las vertientes son de tipo irregular y rectilíneas con longitudes de 50 a 250m. <u>Sector Julio Zabala-Colinas de Bellavista.</u>
Denudativo	Garganta	Gr	Geoformas de este tipo, se han desarrollado principalmente al sur del cantón Quito. Estas gargantas están asociadas a las formaciones Chiche, Cangagua, Guambi, Puntoguiño, Machangara. Corresponden a geoformas con pendientes que oscilan de medias (12 a 25%) a fuertes (40 a 70%) con desniveles relativos que van 15 a 50m.
	Coluvión antiguo	Can	Son materiales detríticos depositados al pie de las laderas, los cuales forman coluviones antiguos, encontrándose principalmente al Noreste del cantón Quito. Sus pendientes oscilan desde suaves (5 a 12%) a fuertes (40 a 70 %), con desniveles relativos que oscilan desde 5 a 200m, con una longitud de la vertiente que oscila de 15 a 250m. <u>Llano Grande-Qda. S. Vicente.</u>
	Coluvio aluvial antiguo	Co	Estas típicas formas alargadas; constituidas por arenas, gravas, limos y donde existe la acción directa de agua. Se presentan principalmente al Este y Noroeste del cantón. Presentan pendientes que varían desde muy suaves (25%) a medias (12 a 25%), un desnivel relativo que oscila entre 5 a 25m. <u>Qda. El Milagro.</u>

Elaboración: INGECONSULT, 2021



Paralelamente, en la Figura 17, se muestra el sistema de drenaje denso con niveles de orden hídrico >5; como lineamientos inferidos –línea entrecortada roja- interpretados y que se hallan “cubiertos” por los materiales jóvenes. La dirección de los lineamientos es NNE-SSW y NNW-SSE. Además, las expresiones elongadas con tendencia NNW-SSE, W-E y N-S se hallan rellenas con materiales jóvenes Cangahua con potencias variables <25m.



**Figura 16 Sistema de Drenaje y Lineamientos del sector San Miguel del Común y Oyacoto. Línea roja Continua Corresponde a la LCPC.**

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tomando en cuenta la geomorfología que es el resultado de la actividad volcánica, tectónica y de los procesos denudativos presentes en el área de estudio se puede destacar que las unidades geomorfológicas, UG, identificadas corresponden en su mayoría a amplias planicies rellenas por material de caída -tefra- donde se destaca la Smv (Superficie de meseta volcánica), Smvd (Superficie disectada de meseta volcánica) y Vmv (Vertiente de meseta volcánica) como rV4 relieves colinados medio a alto.



**Figura 17 Amplia Zona de Relleno – Meseta – Smv/Smvd/Vmv/Rv4, y Relieve Colinado**

Fuente: INGECONSULT, 2021

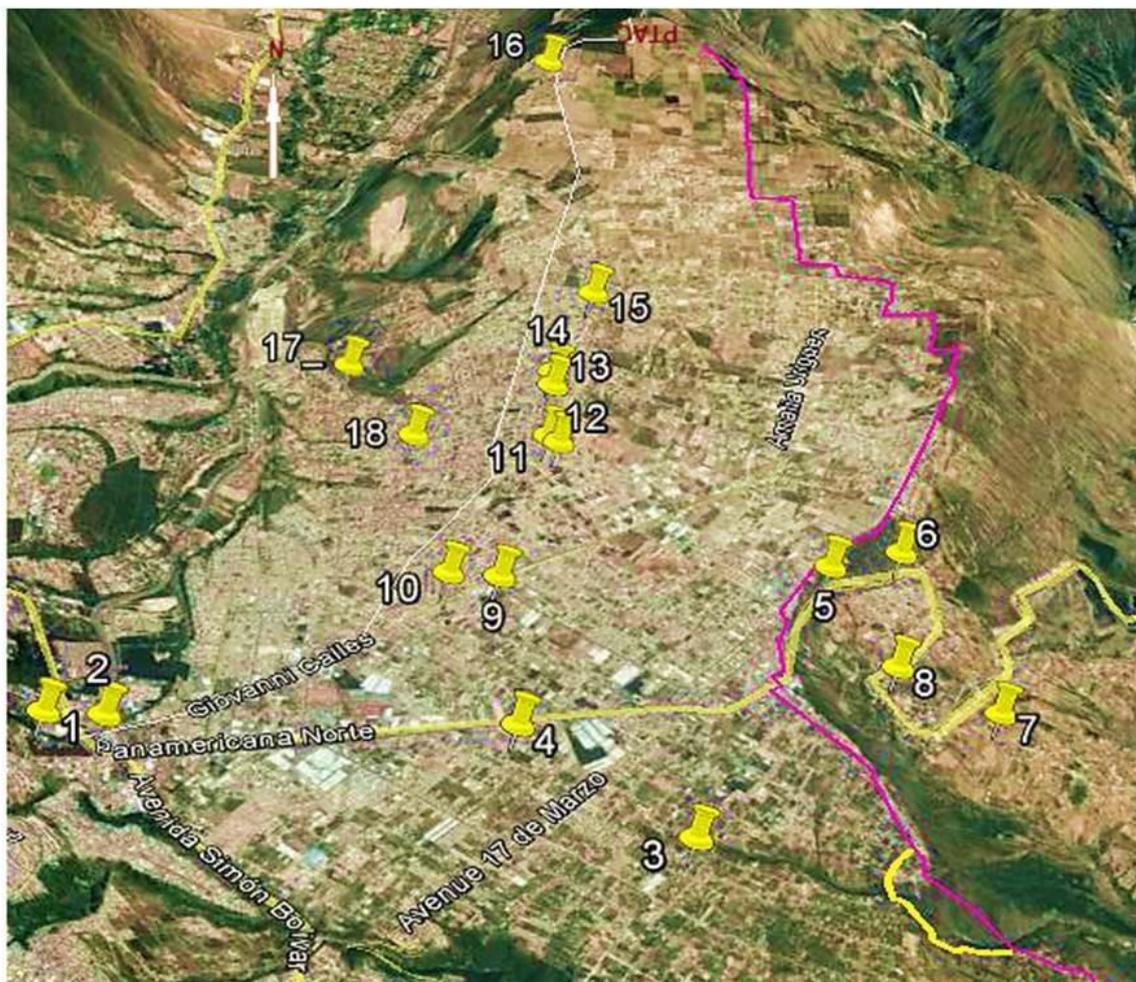
### 5.3.4 Marco Hidrogeológico Regional

Regionalmente, las principales unidades hidrogeológicas, UH, que cubren el área de estudio incluye (DGGM-INAMHI, 1983):

**Tabla 20: Principales unidades Hidrogeológicas**

Cuaternario Indiferenciado (Q)
Cangahua (Qc)
Chiche, PL
Volcánicos Recientes, Pv
Cotopaxi, Qv
Pisayambo, MPLP
Cangahua, Qc y Asentamientos Humanos (urbanos-peri urbanos)

Fuente: INGECONSULT, 2021



**Figura 18 Área de Estudio PTA Calderón-Tanque 1-2. LCPC-Línea Color Magenta**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

Las unidades hidrogeológicas se agrupan en Unidades Litológicas, UL, Permeables por Porosidad Intergranular (porosidad primaria), fisural (porosidad secundaria) e Impermeables, que son descritas en el Volumen No. 05: Geología – Geotecnia, que forma parte del Informe Principal de Diseño Definitivo.

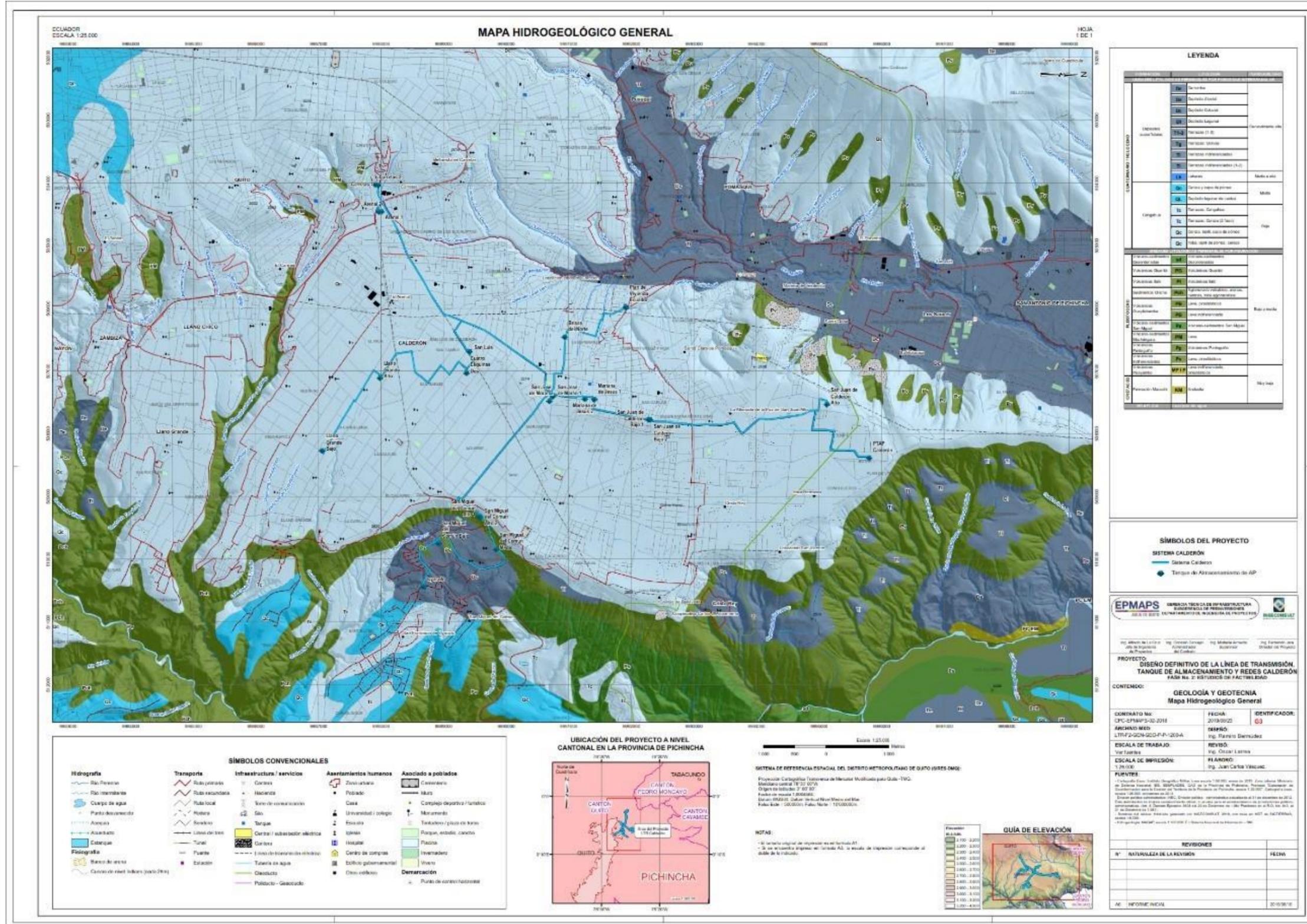


Figura 19 Mapa Geo Hidrológico Regional

Fuente: DGGM-INAMHI, 1983

### 5.3.5 ESTRATIGRAFÍA LOCAL Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología local del área de estudio incluye las siguientes unidades.

**Tabla 18 Síntesis Lito-Estratigráfica Referencial del Área del Proyecto**

Cód.	Formación	Descripción	Espesor referencial
<b>Depósitos Cuaternarios (Pleistoceno y Holoceno)</b>			
a	Depósito Aluvial (Holoceno)	Gravas medias a gruesas arenosas con presencia de abundantes cantos y bloques como la presencia de arena de color café a gama de gris de grano afino a gruesa	>25m Variable
ga	Terraza grava (Holoceno)	Depósitos aluviales antiguos conformados por aglomerados, cantos, gravas y fragmentos de lava en una matriz arenosa.	0-14m
c	Depósito coluvial (Holoceno)	Depósito de laderas, conformado por material limo-arenoso, café oscuro-negro, alto contenido de materia orgánica – raíces, consistencia baja, muy húmedos a sobresaturados	0-5m promedio Hasta 30m máximo
1-3	Terrazas niveles	Ceniza, pómez y aglomerados en matriz de grano fino. Materiales retrabajadas	0-20m
Qc	Cangahua	Depósitos de caídas conformado por cenizas, toba de grano medio color café amarillento, pómez con niveles de espesor mayor a 2m de aglomerados polimícticos de color oscuro en matriz de grano fino consolidada-cementada. Se encuentran niveles de pómez, lapilli y líticos soportados por una matriz fina.	30-120m
<b>Formaciones volcánicas (Plio-Pleistoceno)</b>			
P <sub>CH</sub>	Formación Chiche (Pleistoceno)	Conglomerados de grano medio con cantos de roca volcánica de hasta 50 cm de diámetro, una capa de piroclásticos de aproximadamente 1m de espesor, nuevamente conglomerados con abundancia de cantos en la matriz tobácea	>120m
P <sub>s</sub>	Volcano Sedimentos San Miguel	Secuencia de areniscas, tobas, lutitas y lutitas tobáceas blancas	<300m Variable
P <sub>B</sub>	Volcánicos Guayllabamba (Pleistoceno)	Se encuentra conformada por un aglomerado grano grueso sin estratificación, con bloques grandes de lava porfirítica	>100m Variable
P <sub>V</sub>	Volcánicos Indiferenciados (Plio-Pleistoceno)	Piroclásticos y lavas andesíticas porfiríticas	---

Fuente: INGECONSULT, 2021

La descripción de las unidades lito-estratigráficas, desde las más jóvenes-recientes- a las más antiguas-Plio-pleistoceno (edad geológica); resaltando lo más importante de cada una de las mismas se presenta en el Informe No. 4: Geología – Geotecnia, adjunto al presente Informe Principal.

En resumen, en la siguiente tabla, se describen los aspectos geológicos geomorfológicos y de amenaza a lo largo de la línea de conducción.

**Tabla 22: Geología-Geomorfología-Amenazas**

(km)	Descripción Estratigráfica-Amenazas-Línea de Conducción
PTAPC-SJM1 000 a 6+100	<p>Geomorfología: Zonas de llanura, bajas a semiplana, 2° a 14°, rellenos volcánicos diferentes espesores.</p> <p>Estratigrafía: Capas gruesas a muy gruesas de color café oscuro a negro, arenoso – arena limo arcillosa, humedad alta, presencia de grumos-terrones diferente tamaño, cantosbloques de rocas diferente tamaño aglomerados (gravas gruesas a medias), no plásticos, no permeables, duros a firmes. Cg/aglomerados. Cobertura vegetal ±0.30m. Materia orgánica y raíces superficiales.</p> <p>Amenazas Potenciales: Cortes-talud expuesto a erosión eólica e hídrica con presencia potencial de micro-deslizamientos, gravedad. Antrópicas, obstáculos, cruces e interferencias (sistema de alcantarillado, eléctrico, comunicaciones, agua potable y vías).</p>
SJM1-CV 6+100 a 11+095	<p>Geomorfología: Meseta volcánica, zona baja semiplana 5° a 14°, presencia de desniveles mayores a 5m. En general, <u>zonas favorables</u> para la implantación de obras de infraestructura.</p> <p>Estratigrafía: Capas gruesas a muy gruesas de color café claro-oscuro a negro, arenoso – arena limo arcillosa, humedad media-alta, presencia de grumos-terrones diferente tamaño, cantosbloques de rocas diferente tamaño aglomerados (gravas gruesas a medias) – baja a media permeabilidad, duros a firmes. Cg.</p> <p>Amenazas Potenciales: Antrópicas, obstáculos, cruces e interferencias (sistema de alcantarillado, eléctrico, comunicaciones, agua potable y vías). Zonas consolidada-semi consolidada y no consolidada (en proceso). Corte-talud materiales expuestos a erosividad y erodabilidad.</p>
SJM1-OYACOT O 0+100 a 6+390	<p>Geomorfología: Zona de llanura, zona baja a semiplana pendiente: 2 a 14°, rellenos volcánicos y cortes-taludes sub-verticales, mayor a 45° y contrapendiente. En general, zonas favorables para la implantación de obras de infraestructura.</p> <p>Estratigrafía: Secuencia estratigráfica alternada de capas/estratos gruesos a muy gruesas de color café amarillento claro a beige-blancuecino, arenoso – arena limo arcillosa, humedad media, presencia de grumos-terrones diferente tamaño, cantos-bloques de rocas diferente tamaño aglomerados (gravas gruesas a medias), no plásticos, no permeables, duros a firmes. Cg (cenizas+lapilli+material fragmentario+brechas tobáceas litificadas). Amenazas Potenciales: Antrópicas, obstáculos, cruces e interferencias (sistema de alcantarillado, eléctrico, comunicaciones, agua potable y vías). Cortes-taludes- en la vía sometido a procesos de erosión hídrica y eólica.</p>
(km)	Descripción Estratigráfica-Amenazas-Línea de Conducción

<p>SJM1- PVE 0+100 a 2+500</p>	<p>Geomorfología: Zona de llanura, zona baja semiplana 2° a 14°. Presencia de desniveles y montículos.</p> <p>Estratigrafía: Secuencia de capas medias a gruesas de color café amarillento claro a blanquecino, arenoso – arena limo arcillosa, humedad baja, presencia de grumosterrones diferente tamaño, cantos-bloques de rocas diferente tamaño, aspecto de aglomerados (gravas gruesas a medias), no plásticos, no permeables, duros a firmes. Cg. Cobertura vegetal ±0.35 m y/o ausencia de la misma.</p> <p>Amenazas Potenciales: Antrópicas, obstáculos, cruces e interferencias (sistema de alcantarillado, eléctrico, comunicaciones, agua potable y vías). Corte-talud subvertical expuesto a erosión eólica e hídrica con presencia potencial de micro-deslizamientos (gravedad).</p>
<p>SLCLLGB 0+00 a 5+175</p>	<p>Geomorfología: Zona de llanura, zona baja semiplana 2° a 14°, relleno volcánico, cortes –talud vía.</p> <p>Estratigrafía: Secuencia alternada de capas medias a gruesas de color café amarillento claro a blanquecino, arenoso – arena limo arcillosa, humedad baja, presencia de grumosterrones diferente tamaño, cantos-bloques de rocas diferente tamaño aglomerados (gravas gruesas a medias), no plásticos, no permeables, duros a firmes. Cg. Cobertura vegetal ±0.35 m y/o ausencia de la misma.</p> <p>Amenazas Potenciales: Antrópicas, obstáculos, cruces e interferencias (sistema de alcantarillado, eléctrico, comunicaciones, agua potable y vías). Talud subvertical expuesto a erosión eólica e hídrica.</p>
<p>Como <u>denominador común</u> el área de estudio está expuesta a amenaza sísmica y volcánica. Las Amenazas de carácter, intervención, antrópico-tecnológico se refiere a cortes, botaderos de escombros y evacuación de aguas servidas; cortes para la construcción de vías, taludes subverticales a verticales expuestos a agentes erosivos como agua y viento que desestabilizan el material ocasionando surcos paralelos a la pendiente con depósitos “al pie” de los taludes. Microdeslizamientos (gravedad). Como factores <u>desencadenantes-detonantes</u> se tiene fuertes precipitaciones, sismos, socavación de flujos y socavación antrópica. Clave: PTAPC: Planta de Agua Potable Calderon; SJM1: San José Moran 1; CV: Carretas; SLC: San Luis Calderon; LLGB: Llano</p> <p>Grande            Bajo,            PVE:            Plan            de            Vivienda            Ecuador.</p> <p>Elaboración: Ingeconsult, 2019.</p>	

Fuente: INGECONSULT, 2021

Los mapas y perfiles geológicos se incluyen en el Anexo III del Informe No. 5: Geología – Geotecnia, adjunto al presente Informe Principal.



#### 5.4 INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS

Se contó con la siguiente información bibliográfica, que cubren parte del área objeto del presente estudio (EPMAPS):

- EPMAPS, 2019. Estudios de Pre-Factibilidad y Diseños Definitivos Puembo Calderón (en ejecución).
- EPMAPS, 2018 (abril/agosto). Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado de la Zona Norte de la Parroquia de Calderón: Sector San Juan de Calderón Alto.
- EPMAPS, 2017. Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos Palugullo-Bellavista.

#### 5.5 ENSAYOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Para el estudio de la Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes Calderón (11 853km), se ejecutaron 4 calicatas (RCC) y 10 SPT (LTRC-SPT's) a lo largo de las líneas de conducción y 7 SPT's en el sitio donde se implantarán los tanques: Cuatro Esquinas, San José de Morán 2, Mariana de Jesús 2, Mariana de Jesús 1, Llano Grande Alto, Arenal 2 y Brisas del Norte.

La ubicación, en planta, de los ensayos se presenta en la siguiente figura 22.

Los resúmenes de los resultados de laboratorio se adjuntan en el resumen de resultados de laboratorio – calicatas. La tabla 19 resume los resultados de laboratorio de SPT – líneas de transmisión y la tabla 20 presenta los resultados de ensayos de laboratorio SPT – Tanques.

Los informes de los SPT y calicatas completas con sus correspondientes testimonios fotográficos, boletines de laboratorio y logs de perforación se incluyen en el anexo I y anexo II, respectivamente.

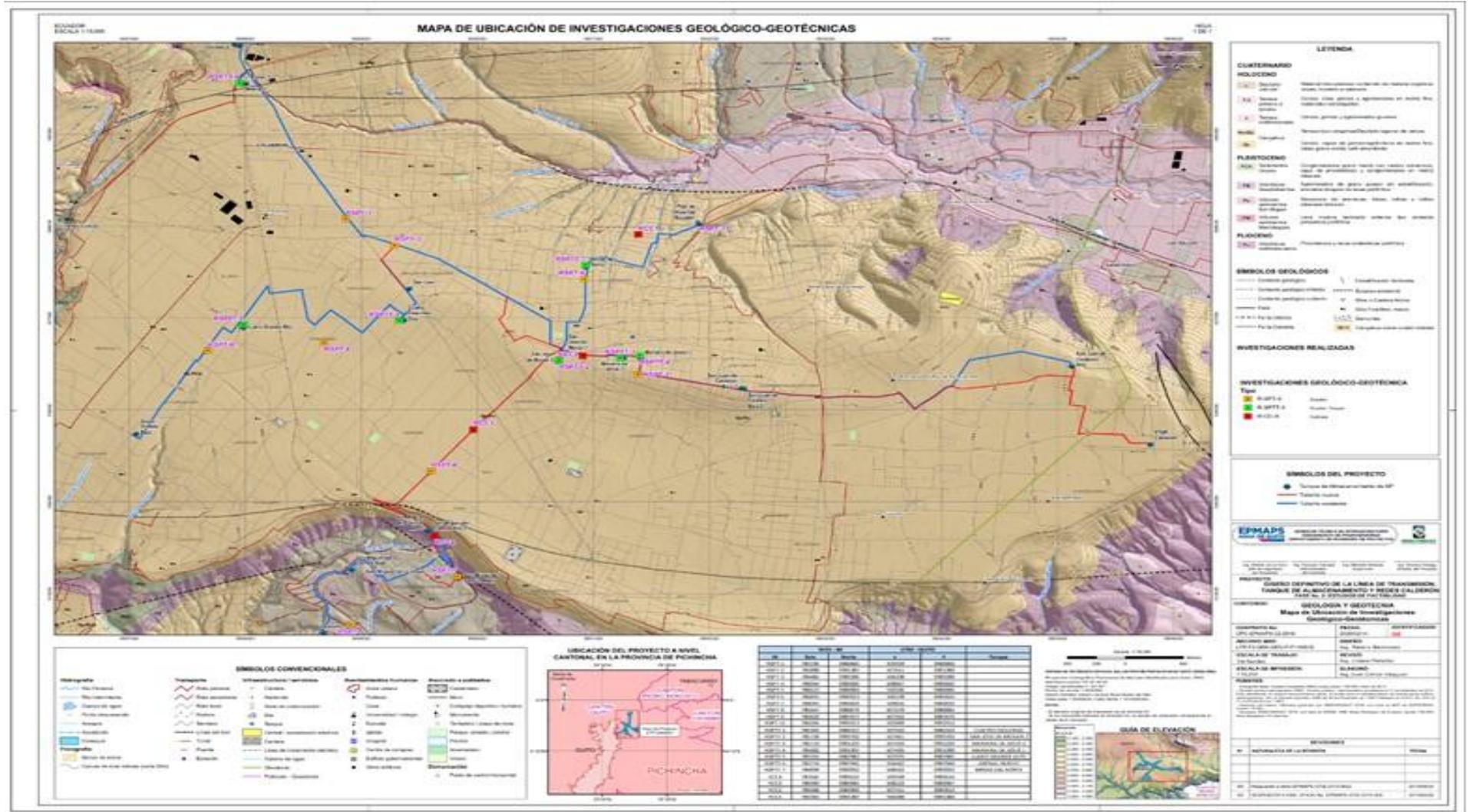


Figura 21 Mapa de Ubicación de investigaciones Geológico – Geotécnicas

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 19 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de Calicatas

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs	Triaxial		C. Proctor modificado		Densidad cono arena (g/cm3)
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		C (kg/cm2)	Ø (°)	w (opt) (%)	y <sub>max</sub> (sec) (g/cm3)	
RCC-1	2	0.50	1.20	Limo arenoso, con grumos, compacidad media.	ML	A-4	6.70	0	32	68	22	19	3						
	3	1.20	3.50	Arcilla limo arenosa, con grumos, compacidad dura.	CL-ML	A-4	11.2	0	35	65	23	19	4	2.65	0.62	20.00	16.23	1.70	1.59
RCC-2	2	1.00	2.20	Arena fina limosa, con pómez mm, compacidad media a densa.	SM	A-4	12.40	0	57	43	-	-	NP						
	3	2.20	3.50	Limo arenoso, compacidad muy dura.	ML	A-4	13.1	0	36	64	-	-	NP	2.65	0.45	14.00	14.48	1.69	1.61
RCC-3	2	0.20	1.00	Arena limosa, compacidad media a densa.	SM	A-4	7.90	1	50	49	-	-	NP						
	3	1.00	2.00	Arena limosa, compacidad media a densa.	SM	A-4	7.90	4	58	38	-	-	NP						
	4	2.00	3.50	Arena fina limosa, pómez milimétrica, compacidad media a densa.	SM	A-4	7.30	0.00	61.00	39.00	-	-	NP	2.61			16.47	1.78	1.67

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs	Triaxial		C. modificado		Proctor γmax (g/cm3)	Densidad cono arena (g/cm3)
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		C (kg/cm2)	Ø (°)	w (opt) (%)			
RCC-4	2	0.20	1.00	Arena limosa , con grumos duros terrosos , pómez, compacidad media.	SM	A-4	4.90	3.00	53.00	44.00	-	-	NP							
	3	1.00	1.80	Limo arenoso, compacidad media a dura.	ML	A-4	13.30	0.00	45.00	55.00	-	-	NP							
	4	1.80	3.50	Limo arenoso, compacidad media.	ML	A-4	12.60	0	40.00	60.00	22	20	2	2.55	0.28	22.00	16.71	1.63	1.53	

Clave: w: Humedad natural; LL, límite Líquido; LP: límite Plástico; IP: Índice de plasticidad; Gs: Gravedad específica; C: Cohesión; Ø: Fricción; wopt: Humedad óptima; γmax: Densidad seca máxima.

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 20 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de SPT – Líneas de Transmisión

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
RSPT-1	M-2	1.55	2.00	Arena limosa baja plasticidad	SM	A-4	13.40	0.00	56.00	44.00	17.00	15.00	2.00	

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
	M-4	3.55	4.00	Limo baja plasticidad	ML	A-4	14.50	0.00	34.00	66.00	20.00	17.00	3.00	2.62
RSPT-2	M-2	1.55	2.00	Limo baja plasticidad dura-firme	ML	A-4	13.90	0.00	38.00	62.00	23.00	21.00	2.00	
	M.4	3.55	4.00	Limo baja plasticidad dura grumos terrosos	ML	A-4	14.20	0.00	43.00	57.00	-	-	NP	2.69
RSPT-3	M-1	0.55	1.00	Arena fina limosa baja plasticidad	SM	A-4	12.50	1.00	55.00	44.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo arenoso baja plasticidad	ML	A-4	14.10	0.00	47.00	53.00	20.00	18.00	2.00	2.58
RSPT-4	M-2	1.55	2.00	Limo arenoso, con lentes de arena-pómez-gravilla	ML	A-4	7.60	1.00	49.00	50.00	-	-	NP	

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 21 Resumen de los Resultados de Laboratorio Ejecutados a Muestras Extraídas de SPT - Tanques

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
	M-4	3.55	4.00	Limo no plástico	ML	A-4	9.70	0.00	36.00	64.00	-	-	NP	2.61
RSPT-5	M-1	0.55	1.00	Arena fina limosa con gravilla angular suelta	SM	A-4	10.90	4.00	59.00	37.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo no plástico baja plasticidad	ML	A-4	18.20	5.00	40.00	55.00	-	-	NP	2.58
RSPT-6	M-2	1.55	2.00	Limo baja plasticidad grumos terrosos duros	ML	A-4	15.50	0.00	39.00	61.00	24.00	22.00	2.00	
	M-4	3.55	4.00	Limo baja plasticidad grumos terrosos duros	ML	A-4	21.40	0.00	32.00	68.00	28.00	25.00	3.00	2.57
RSPT-7	M-2	1.55	2.00	Limo baja plasticidad consistencia media	ML	A-4	15.50	0.00	37.00	63.00	24.00	21.00	3.00	

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
	M-4	3.55	4.00	Limo baja plasticidad,	ML	A-4	19.50	0.00	34.00	66.00	27.00	23.00	4.00	2.58
				grumos terrosos duros										
RSPT-8	M-2	1.55	2.00	Limo arenoso no plástico duro, lapilli	ML	A-4	6.40	0.00	43.00	57.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo baja plasticidad, duros	ML	A-4								2.64
	M-4	3.55	4.00	Areno limoso grumos terrosos duros	SM	A-2-4	5.10	18.00	54.00	28.00	-	-	NP	
RSPT-9	M-1	0.55	1.00	Arena fina limosa flojos	ML	A-4	17.40	0.00	40.00	60.00	21.00	20.00	1.00	
	M-3	2.55	3.00	Limo arenoso baja plasticidad	ML	A-4	19.00	0.00	42.00	58.00	21.00	18.00	3.00	2.63
RSPT-11	M-3	2.55	3.00	Arena fina limosa suelta	SM	A-4	12.40	4.00	50.00	46.00	-	-	NP	
	M-4	3.55	4.00	Limo arenoso baja plasticidad grumos duros	ML	A-4	10.70	2.00	47.00	51.00	-	-	NP	
	M-6	5.55	6.00	Limo arenoso baja plasticidad grumos duros	ML	A-4	10.70	1.00	44.00	55.00	23.00	21.00	2.00	2.65

Clave: w: Humedad natural; LL, límite Líquido; LP: límite Plástico; IP: Índice de plasticidad; Gs: Gravedad específica.

Código	Muestra No	Tramo (m)		Descripción litológica	SUCS	AASTHO	w %	GRANULOMÉTRICA (reten)			Límites Atterberg			Gs
		Inicio	Fin					GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
RSPTT-1	M-1	0.55	1.00	Arena fina limosa, pómez milimétrica,	SM	A-4	4.30	1.00	62.00	37.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo baja plasticidad consistencia muy dura	CL-ML	A-4	10.90	0.00	31.00	69.00	26.00	20.00	6.00	
	M-5	4.55	5.00	Limo baja plasticidad grumos terrosos duros	CL-ML	A-4	10.60	0.00	31.00	69.00	26.00	21.00	5.00	2.62
RSPTT-2	M-2	1.55	2.00	Arena fina limosa compacidad suelta	SM		12.40	0.00	47.00	53.00	-	-	NP	
	M-4	3.55	4.00	Arena limosa, pómez milimétrica, húmeda	SM	A-2-4	12.60	1.00	65.00	34.00	-	-	NP	
	M-7	6.55	7.00	Limo arenoso baja plasticidad grumos terrosos duros, muy duros	ML	A-4	14.30	0.00	37.00	63.00	-	-	NP	2.65
RSPTT-3	M-1	0.55	1.00	Arena limosa, pómez milimétrica, compacidad media	SM	A-2-4	5.20	2.00	66.00	32.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo arenoso, baja plasticidad, muy dura	ML	A-4	16.60	0.00	31.00	69.00	-	-	NP	
	M-4	3.55	4.00	Limo arenosos, baja plasticidad, grumos terrosos duros	ML						-	-	NP	

	M-5	4.55	5.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos duros, muy dura	ML												2.63
	M-6	5.55	6.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos duros, húmedo	ML	A-4	15.60	0.00	37.00	63.00	-	-	NP				
RSPTT-4	M-2	1.55	2.00	Limo no plástico, consistencia media, húmedo	ML	A-4	10.70	0.00	47.00	53.00	-	-	NP				
	M-4	3.55	4.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos duros	ML	A-4	16.70	0.00	28.00	72.00	24.00	21.00	3.00				
	M-6	5.55	6.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos, consistencia dura	ML	A-4	19.00	0.00	31.00	69.00	24.00	21.00	3.00	2.58			
RSPTT-5	M-2	1.55	2.00	Arena limosa, baja plasticidad, compacidad media	SM	A-4	11.40	0.00	51.00	49.00	17.00	15.00	2.00				
	M-4	3.55	4.00	Limo baja plasticidad, grumos terrosos duros, consistencia media	ML	A-4	15.40	0.00	36.00	64.00	23.00	20.00	3.00				
	M-6	5.55	6.00	Limo baja plasticidad, grumos terrosos duros, consistencia media	ML	A-4	16.00	0.00	44.00	56.00	-	-	NP	2.61			
RSPTT-6	M-2	1.55	2.00	Arena fina limosa, gravilla, compacidad suelta, húmeda	SM	A-2-4	7.00	1.00	85.00	14.00	-	-	NP				

	M-4	3.55	4.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos duros, lapilli	ML	A-4	16.20	0.00	49.00	51.00	-	-	NP	
	M-5	4.55	5.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos terrosos duros, húmedo	ML									2.62
	M-6	5.55	6.00	Limo baja plasticidad, grumos terrosos muy duros, húmedo	CL-ML	A-4	17.40	0.00	38.00	62.00	24.00	20.00	4.00	
RSPTT-7	M-1	0.55	1.00	Arena fina limosa, lapilli, compacidad suelta, húmeda	SM	A-2-4	6.00	2.00	67.00	31.00	-	-	NP	
	M-3	2.55	3.00	Limo arenoso, baja plasticidad, consistencia dura, humedad baja	ML	A-4	9.00	0.00	35.00	65.00	-	-	NP	
	M-5	4.55	5.00	Limo arenoso, baja plasticidad, grumos, consistencia muy dura	CL-ML	A-4	10.70	0.00	36.00	64.00	25.00	18.00	7.00	2.63
Clave: w: Humedad natural; LL, límite Líquido; LP: límite Plástico; IP: Índice de plasticidad; Gs: Gravedad específica.														

Fuente: INGECONSULT, 2021

En base a esos ensayos de campo y de laboratorio, en la siguiente Tabla se detallan las principales características de los suelos encontrados en la zona de desarrollo del proyecto.

**Tabla 22 Características Físicas y Mecánicas de los Suelos Ensayados**

Obras	Características geológico-geotécnicas
Línea de transmisión, LT	<p><b>Clasificación:</b> Los suelos ensayados corresponden a los volcanosedimentos Cangahua, Qc, y se hallan conformados por limos, limos arenosos, no plásticos y de baja plasticidad (ML) y arena fina a arena fina limosa, compacidad media a densa-firme (SM). Los suelos incluyen grumos <u>terrosos</u> –café amarillenta- duros a muy duros y estratos de material fragmentario: lapilli y arena fina gris clara a blanquecina. El material presenta una humedad (w%) entre 4.9% y 21.4%, un contenido de grava hasta el 18%, arenas entre 32% y 61%, finos entre 28% y 68%. Mayormente corresponden a materiales no plásticos, sin embargo, las muestras con algo de cohesión presentan límites líquidos (LL) menores al 28%, límites plásticos (LP) menor a 25% e índice de plasticidad (IP) menor a 4%. Con un <math>N_{spt30}</math> medio de 16, con un mínimo de 2 y un máximo de 55 golpes.</p>
	<p><b><sup>3</sup>Resistencia mecánica.</b> Las muestras por Triaxial, muestran ángulo de fricción (<math>\phi'</math>) variable entre 14° y 22° (40) y una cohesión (c') entre 0,28 kg/cm<sup>2</sup> y 0.62 kg/cm<sup>2</sup>. Al tratarse de materiales mayormente limo arenosos y areno limosos no plásticos o de baja plasticidad, se los trató como materiales no cohesivos, por lo que se ha calculado valores de DR (%), el ángulo de fricción (<math>\phi'</math>) y módulo de elasticidad, con diversas correlaciones empíricas a partir de los resultados SPT. Para cada ensayo se ha calculado estos parámetros y sus resultados se exponen en los numerales siguientes.</p>
	<p><b><sup>4</sup>Compactación Proctor.</b> Los resultados de compactación Proctor modificado, presentan densidades máximas secas entre 1.63 g/cm<sup>3</sup> y 1.78 g/cm<sup>3</sup>, y humedades óptimas (w%) entre 14.48% y 16.71%.</p>
Área de Tanques, TT	<p><b>Clasificación:</b> Los suelos ensayados corresponden a los volcanosedimentos Cangahua, Qc, y se hallan conformados por limos, limos arenosos, no plástica a baja plasticidad (ML) y arena fina a arena fina limosa, compacidad media a densa-firme (SM). Los suelos incluyen grumos <u>terrosos</u> –café amarillenta- duros a muy duros y estratos de material fragmentario: lapilli y arena fina gris clara a blanquecina y limo arcilloso (CL-ML). El material presenta una humedad (w%) entre 5.2% y 19.0%, un contenido de grava hasta el 4%, arenas entre 28% y 85%, finos entre 14% y 72%. Mayormente corresponden a materiales no plásticos, sin embargo, las muestras con algo de cohesión presentan</p>
	<p>LL menores al 26%, LP menor a 21% e índice de plasticidad (IP) menor a 7%. Con un <math>N_{spt30}</math> medio de 24, con un mínimo de 6 y un máximo de 58 golpes.</p>
	<p><b>Resistencia mecánica.</b> Al tratarse de materiales limo arenosos y areno limosos no plásticos o de baja plasticidad, se los trató como materiales no cohesivos, por lo que se ha calculado valores de DR (%), el ángulo de fricción (<math>\phi'</math>) y módulo de elasticidad, con diversas correlaciones empíricas a partir de los resultados SPT. Sus resultados se exponen en los numerales siguientes.</p>

Fuente: INGECONSULT, 2021

<sup>3</sup>Resultados de ensayos de factibilidad. <sup>4</sup> Ídem 16.

## 5.6 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En los siguientes numerales se resumen los resultados más relevantes respecto al cálculo de las cargas admisibles para la implantación de los tanques y los cálculos de estabilidad de los cortes de las zanjas., además se presenta una caracterización geotécnica de los materiales en base a los resultados de campo (geológico – geotécnicos).

### 5.6.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS

Se identificaron varias unidades geotécnicas, UG, pertenecientes a las formaciones geológicas aflorantes en el área del proyecto.

Para la caracterización de las UG, se contó con la siguiente información

- Calicatas superficiales, realizadas a lo largo de la línea de transmisión
- Sondeos mecánicos: línea de transmisión SPT's con profundidades entre 4 y 6 m; en la zona de los tanques SPT's con profundidades entre 6 y 8m.
- Resultados de ensayos de laboratorio
- Descripciones geológicas

En la tabla 23, se presenta un resumen de las UG definidas en el área del proyecto y su descripción estratigráfica, además, se resaltan las unidades UGO (integran a depósitos antrópicos) y la UG4 (incluyen los depósitos de cangahua), que son los materiales donde se implantarán las obras a lo largo de la línea de conducción.

**Tabla 23 Unidades Geotécnicas (UG) y Litoestratografía Definidas en el Área del Proyecto**

Unidad Geotécnica, (UG)	Descripción
UGO	<b>Depósitos Antrópicos (Ant).</b> Conformados por depósitos limo-arenosos y/o areno-limosos con escombros (material fragmentado) y material de relleno antropogénico. Se localizan en las zonas pobladas y semi-pobladas. (Reciente).
UG1	<b>Suelo.</b> Capa superficial. Cobertura vegetal espesor variable $\pm 0.50$ . 1.00m. Compuesto por limos arenosos colores claros gris café amarillento, raíces delgadas a gruesas, superficiales a profundas. (Reciente). Compacidad de media a suelta. (Reciente).
UG2	<b>Depósito Coluvial (c).</b> Superficial. Conformados por arena limosa gravosa y bloques aislados angulares, estratos-lentes de pómez, lapilli, líticos. Compacidad media a muy densa. (Reciente).
UG3	<b>Depósitos de Terrazas (niveles).</b> Compuesto por limo-arenoso y material fragmentario. Micro aglomerados en matriz de grano fino. Materiales retrabajados. Color café amarillento. Compacidad densa a muy densa. (Holocénico-Reciente).

<b>UG4</b>	<b>Cangahua (Q<sub>c</sub>).</b> Depósitos de caída. Compuesto por depósitos alternados. Arcilla limosa, color café amarillento, no plástico a baja plasticidad. Consistencia dura a muy dura. Limo-arenoso. Color café amarillento, secos. No plásticos-baja plasticidad. Consistencia dura a muy dura. Niveles de pómez-lapilli, color grisblanco, poco consolidado a suelto. (Pleistoceno-Holoceno).
<b>UG5</b>	<b>Formación Chiche (P<sub>ch</sub>).</b> Conformados por <b>aglomerados</b> de grano medio con cantos de roca volcánica de hasta 50 cm de diámetro, una capa de piroclásticos de aproximadamente 1m de espesor, nuevamente conglomerados con abundancia de cantos en matriz tobácea. >120m. La secuencia presenta estratificación sub-horizontal a poco inclinada, buzamiento <24°. (Pleistoceno).
<b>UG6</b>	<b>Volcano Sedimentos San Miguel (P<sub>s</sub>).</b> Secuencia de areniscas, tobas, lutitas y lutitas tobáceas blancas. <300m. Variable. (Plio-Pleistoceno)
<b>UG7</b>	<b>Volcánicos Guayllabamba (P<sub>B</sub>).</b> Conformada por un aglomerado grano grueso sin estratificación, con bloques grandes de lava porfirítica. >100m. Variable. (Pleistoceno).
<b>UG8</b>	<b>Volcánicos Indiferenciados (P<sub>v</sub>).</b> Piroclásticos y lavas andesíticas porfiríticas. (Plio-Pleistoceno).

Fuente: INGECONSULT, 2021

La línea de conducción será implantada en las unidades geotécnicas Ug0 (Antrópicos), Ug1 (suelos) y Ug4 (Cangahua, Qc).

## 5.6.2 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS MECÁNICOS

En la tabla 24, se presenta los resultados de los parámetros geomecánicos obtenidos a partir del SPT, por correlaciones empíricas y según la experiencia previa disponible (SPT ejecutados en la línea de transmisión) y en la tabla 25 se integra los resultados de los sondajes ejecutados en los tanques.

**Tabla 24 Resumen de Propiedades Mecánicas, Obtenidas a Partir del SPT, Línea de Transmisión**

Sector	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	DR (%)	φ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
			Inicio	Fin						
Geovanny Calles	RSPT-1	Arena fina limosa, menormente limo de baja plasticidad.	0.55	4.00	14	SM y ML	1.59	42.0	31	90
Madrid y Abdón Calderón	RSPT-2	Arena fina limosa y limo-baja plasticidad	0.55	2.55	8	SM	1.53	40.0	28	60
		Limo arenoso baja plasticidad a NP	2.55	4.00	31	ML	1.67	52.3	33	150

Sector	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	DR (%)	φ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
			Inicio	Fin						
C. Mantilla y Doral, esq.	RSPT-3	Arena fina limosa no plástica a limo arenoso de baja plasticidad	0.55	3.55	4	SM y ML	1.53	24.2	24	50
		Limo arenoso baja plasticidad	3.55	4.00	13	ML	1.59	36.5	31	90
Calle Cacha	RSPT-4	Limo arenoso, lentes de arenagrava	0.55	2.55	8	ML	1.53	28.5	25	50
		Limo no plástico	2.55	4.00	23	ML	1.59	47.8	32	140
Palomeque y 4 de Octubre-Oyacoto	RSPT-5	Arena fina limosa con gravilla - limo no plástico	0.55	3.55	9	SM y ML	1.53	37.9	28	65
		Arena fina limosa	3.55	4.00	28	SM	1.61	52.5	33	160
Las Viñas	RSPT-6	Limo baja plasticidad	0.55	1.55	7	ML	1.53	41.9	27	60
		Limo baja plasticidad	1.55	4.00	22	ML	1.61	51.2	33	130
S.M. del Común/C. Manujo Tío	RSPT-7	Limo baja plasticidad	0.55	2.55	11	ML	1.56	44.8	30	80
		Limo baja plasticidad	3.55	4.00	26	ML	1.61	52.3	33	150
De Los Pinos	RSPT-8	Limo arenoso no plástico con lapilli y areno limoso no plástico	0.55	4.00	23	ML y SM	1.60	59.3	34	140
Sector	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	DR (%)	φ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
Calixto Muso	RSPT-9	Arena fina limosa y limo arenoso de baja plasticidad	0.55	4.00	5	ML	1.53	27.5	25	50
		Arena fina limosa con gravas y limo arenosa con pómez	0.55	3.55	5	SM y ML	1.53	29.1	25	50
Plan Vivienda Ecuador	RSPT-11	Limo arenoso baja plasticidad y no plástico	3.55	6.00	10	ML	1.53	31.0	29	75

Fuente: INGECONSULT, 2021

Tabla 25 Resumen de Propiedades Mecánicas, Obtenidas a Partir del SPT

Tanque	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad	DR	$\phi$	E	qu	Su
			Inicio	Fin			(T/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
Cuatro esquinas	RSPTT-1	Relleno y Limos arenosos, arcilla limosa con arena entre 2.55 y 5.55m.	0.00	2.55	13	SM, CL-ML* a (2.555.55m)	1.59	37.9	30.7	85	0.98**	0.49**
		Arcilla limosa con arena	5.55	6.00	33	CL-ML*	1.67	5.3	32.6	190	2.63**	1.31**
San José de Morán 2	RSPTT-2	Relleno y arenas	0.00	3.55	9	SM	1.53	39.4	28.3	70		
		Limo arenoso	3.55	7.55	23	ML y SM	1.61	43.7	31.6	135		
		Limo arenoso	7.55	8.00	32	ML	1.67	45.86	31.9	185		
Mariana de Jesús 2	RSPTT-3	Relleno	0.00	1.00	11	SM	1.56	51.7	29.8	80		
		Arena limosa	1.00	2.00	26	SM	1.61	61.9	34.3	150		
		Limo arenoso	2.00	3.00	33	ML	1.67	61.1	34.2	190		
		Limo arenoso	3.00	6.00	50	ML	1.7	64.4	34.7	275		
	RSPTT-4	Relleno arenoso	0.00	3.55	13	SM y ML	1.56	46.5	30.9	85		
Tanque	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad	DR	$\phi$	E	qu	Su
			Inicio	Fin			(T/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
Mariana de Jesús 1		Limo arenoso	3.55	4.55	32	ML	1.67	55.5	33.3	180		
		Limo arenoso	4.55	6.00	55	ML	1.7	65.2	34.8	300		
Llano Grande Alto	RSPTT-5	Relleno y arenas	0.00	4.55	10	SM y ML	1.53	42.4	30.6	85		
		Limos arenosos	4.55	6.00	20	ML	1.59	40.7	31.1	120		
Arenal Nuevo	RSPTT-6	Relleno y arenas	0.00	2.55	9	SM	1.53	37.8	28.4	70		
		Arena limosa	2.55	3.55	16	SM	1.56	43.98	31.6	100		

Tanque	SPT	Materiales	Tramo		SPT N(30)	SUCS	Densidad	DR	$\phi$	E	qu	Su
			Inicio	Fin			(T/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
		Limo arenoso y arcilla limosa con arena entre 5.55 y 6.00m.	3.55	6.00	33	ML y CL, CL-ML* a (5.55 - 6.00m)	1.67	52.9	32.9	190	2.55**	1.275**
Brisas del Norte	RSPTT-7	Relleno y arenas	0.00	2.55	7	SM	1.53	33.5	26.8	60		
		Limo arenoso	2.55	3.55	27	ML	1.61	56.01	33.4	160		
		Limo arenoso, arcilla limosa con arena entre 4.55 y 5.00m.	3.55	6.00	49	ML y CL-ML* a (4.55 - 5.00m)	1.7	67.7	35.1	300	4.78**	2.43**

\*Muestras dentro de una clasificación límite CL-ML con un IP entre 4 y 7, LL entre 25 y 26, contenido de arena entre 31 y 38%,

\*\* Valores de compresión simple y resistencia al corte no drenado para materiales arcillosos con limos y arenas

**Nota:** Los materiales CL-ML citados presentan un comportamiento de materiales cohesivos de muy baja plasticidad, con contenido importante de arena; cabe indicar que la muestra se extrajo de un pequeño tramo y la descripción del nivel completo depende de la experiencia del técnico que realizó la descripción manual - visual en campo.

**Fuente:** INGECONSULT, 2021

## 5.7 CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS EN LOS TANQUES

### 5.7.1 Carga admisible del terreno

Los valores de  $q_{adm}$  y asentamientos se calcularon en base a los ensayos SPT.

Se ejecutó un SPT por tanque, alcanzando profundidades entre 6.00 y 8.00m, por lo que, en la determinación de la  $q_{adm}$  del terreno se adopta la hipótesis que el material bajo los 6.00 y 8.00m de cada SPT tendrá características similares al número de golpes y al tipo de material determinado en el último tramo.

Durante la construcción, se verificará que, bajo la profundidad máxima alcanzada por los SPT realizados en factibilidad en cada tanque, la compacidad del terreno no sea menor a la considerada en el cálculo y en caso contrario, se debe recalculan los valores de  $q_{adm}$  y asentamientos y adoptar el tipo de cimentación más adecuada conforme a las condiciones reales que presente el terreno.

Cabe indicar que los sondeos ejecutados en los tanques Llano Grande Alto (RSPTT-5) y Arenal (RSPTT-6), se realizaron fuera de los predios, por lo que se “asume” que el terreno en el sitio de implantación de los tanques tendrá al menos las características determinadas en estos sondeos. Esta hipótesis se adopta debido a la falta de estudios de campo, por lo que es necesario verificar la compacidad de los materiales mediante la ejecución de nuevos ensayos SPT en la etapa de construcción, conforme lo exige la normativa nacional.

La  $q_{adm}$  del terreno donde se implantará los tanques Cuatro Esquinas, Mariana de Jesús 2, Llano Grande, Arena Nuevo a la profundidad de cimentación es suficiente para soportar la carga que transmitirán las estructuras; mientras que, los tanques San José de Morán 2, Mariana de Jesús 1 y Brisas del Norte a la profundidad de cimentación, presentan  $q_{adm}$  próxima a la carga que transmitirán los tanques al terreno, por lo que se recomienda en estos casos un mejoramiento de suelo. Los valores de las cargas admisibles ( $q_{adm}$ ), a la cota de cimentación calculada para cada tanque se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 26 Carga Admisible, Losas**

Tanque	SPT No	Tramo		SPT N(30)	Carga tanque	Carga admisible	Carga admisible	Sobrecarga de tierras	Carga adm. Neta	Prof Cimentación (m)	Soporta
		Inicio	Fin		qv	qadm	qadm	qo	qadm+qo		
					(T/m <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		
Cuatro esquinas	RSPTT-1	0.00	5.00	13	10.5	1.1	11.3	4.3	15.5	2.7	SI
		5.00	6.00	33	10.5	2.9	29.0	4.3	33.3		SI
San José de Morán 2	RSPTT-2	0.00	3.00	9	11	0.8	7.9	3.9	11.8	2.55	SI*
		3.00	7.00	23	11	2.0	19.8	3.9	23.7		SI
		7.00	8.00	32	11	2.8	28.2	3.9	32.1		SI
Mariana de Jesús 2	RSPTT-3	0.00	1.00	11	12.1	1.0	9.7	3.1	12.8	1.94	SI*
		1.00	2.00	26	12.1	2.3	22.9	3.1	26.0		SI
		2.00	3.00	33	12.1	2.9	29.0	3.1	32.1		SI
		3.00	6.00	50	12.1	4.4	44.1	3.1	47.2		SI
Mariana de Jesús 1	RSPTT-4	0.00	3.00	12	9.7	1.0	10.2	0.0	10.2	0	SI*
		3.00	4.00	32	9.7	2.8	28.3	0.0	28.3		SI
		4.00	6.00	55	9.7	4.8	48.2	0.0	48.2		SI
Tanque	SPT No	Tramo		SPT N(30)	Carga tanque	Carga admisible	Carga admisible	Sobrecarga de tierras	Carga adm. Neta	Prof Cimentación (m)	Soporta
		Inicio	Fin		qv	qadm	qadm	qo	qadm+qo		
					(T/m <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		
Llano Grande Alto	RSPTT-5	0.00	4.00	10	11.1	0.9	8.8	5.4	14.2	3.5	SI
		4.00	6.00	20	11.1	1.7	17.2	5.4	22.6		SI
Arenal Nuevo	RSPTT-6	0.00	2.00	9	12.4	0.8	7.9	3.4	11.4	2.25	NO
		2.00	3.00	16	12.4	1.4	14.1	3.4	17.5		SI
		3.00	6.00	33	12.4	2.9	29.1	3.4	32.5		SI
Brisas del Norte	RSPTT-7	0.00	2.00	7	8	0.6	6.2	2.8	8.9	1.8	SI*
		2.00	3.00	27	8	2.4	23.9	2.8	26.6		SI

Tanque	SPT No	Tramo		SPT N(30)	Carga tanque	Carga admisible	Carga admisible	Sobrecarga de tierras	Carga adm. Neta	Prof Cimentación	Soporta
		Inicio	Fin		qv	qadm	qadm	qo	qadm+qo		
		(m)	(m)	(T/m <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )	(m)	
		3.00	6.00	49	8	4.3	43.3	2.8	46.1		SI

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 5.7.2 Asientos y mejoramiento del suelo

Los asientos del terreno calculados en los sitios de cimentación de los tanques se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 27 Resultados de Tensiones, Asientos, Tanques

Tanques	Dimensiones		Canto losa	Prof. Plano cimentación	Resultante de tensiones	Módulo de Young	Asientos	
	Largo	Ancho					Esquina	Centro
	(m)	(m)					(m)	(m)
Brisas del Norte	11.70	9.80	0.30	1.80	Losa parcialmente compensada	255.00	1.09	2.19
Arenal Nuevo	29.80	15.80	0.30	2.25	Losa parcialmente compensada	172.00	5.41	10.82
Llano Grande Alto	17.50	12.30	0.30	3.50	Losa parcialmente compensada	113.00	3.64	7.28
Mariana de Jesús 1	26.50	9.80	0.30	0.00	Losa parcialmente compensada	173.00	4.15	8.30
Mariana de Jesús 2	25.20	17.30	0.30	1.94	Losa parcialmente compensada	252.00	3.76	7.52
San José Morán 2	25.65	18.00	0.30	2.55	Losa parcialmente compensada	139.00	5.36	10.72
Cuatro Esquinas	27.25	21.80	0.30	2.70	Losa parcialmente compensada	117	6.34	12.69

Fuente: INGECONSULT, 2021

Para limitar los asientos al valor máximo permitido, se propone colocar un material de mejoramiento con espesores variables entre 1.00 y 2.50m, que deberá cumplir al menos las siguientes condiciones:

- Material de mejoramiento sub-base clase 3, en conformidad a la NEVI-12
- Granulométricamente, debe estar en el rango indicado a continuación:

**Tabla 28 Porcentaje que pasa el material de mejoramiento Tipo Sub base 3**

TAMIZ		SUBBASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.
3"	76.2 mm		100
2"	50.4 mm		-
1 ½"	38,1 mm		-
Nº 4	4.75 mm	30	70
Nº 40	0.425 mm		-
Nº 200	0.075 mm	0	20

Fuente: NEVI-12

- El agregado que pase el tamiz N°40 deberá carecer de plasticidad o tener un LL menor de 25 y un IP menor a 6.
- Lo ideal es un suelo granular con menos de un 5% de limo o arcilla.
- Si se coloca en el mejoramiento, un relleno compactado de suelos sin cohesión, libremente drenante, la densidad del suelo exigida a de ser equivalente al 70% de la densidad relativa (DR), se puede fijar una DR más alta para reducir más los asentamientos, conforme los solicite el Ingeniero geotécnico en obra.
- Una vez que se cuente con el material a colocar como mejoramiento, se debe realizar ensayos de compactación Proctor Modificado; y al momento de la compactación del material en obra se debe alcanzar al menos el 95% de la densidad máxima seca alcanzada en el ensayo Proctor de referencia.
- El espesor de las capas después de compactadas, serán de hasta 15cm de espesor. El procedimiento de compactación se debe realizar en base a las recomendaciones establecidas en la NEVI-12.

Con estos condicionantes, para reducir los asentamientos que están fuera del rango máximo permisible, en el presente estudio, se consideró un relleno granular, tipo subbase clase 3, con un SPT -  $N_{(30)}$ , representativo de 51, una DR del 70%, una fricción entre 40 y 41° y un módulo elástico (E) de 540 kg/cm<sup>2</sup>, en todo caso, *el material de mejoramiento al momento de la construcción debe presentar parámetros no menores a los utilizados en el cálculo.*

En la tabla 33, se presentan los resultados de los asentamientos colocando un material de mejoramiento tipo subbase clase 3. Los espesores de mejoramiento bajo el plano de cimentación se encuentran entre 1.00 y 2.50m, con lo que se logra en todos los casos un asiento menor al asiento máximo admisible de 50mm.

Tabla 29 Resultante de Tensiones, Asiento, Tanques

Tanques	Dimensiones		Canto losa (m)	Prof. Plano cimenta. (m)	Mejoramiento		Resultante de tensiones	Módulo de Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Asientos	
	Largo	Ancho			Tipo	Espesor (m)			Esquina (cm)	Centro (cm)
	(m)	(m)								
Brisas del Norte	11.70	9.80	0.30	1.80	No	0.50	Losa parcialmente compensada	255.00	1.09	2.19
Arenal Nuevo	29.80	15.80	0.30	2.25	Sub base clase 3	2.00	Losa parcialmente compensada	377.00	2.47	4.94
Llano Grande Alto	17.50	12.30	0.30	3.50	Sub base clase 3	1.00	Losa parcialmente compensada	288.00	1.43	2.86
Marian de Jesús 1	26.50	9.80	0.30	0.00	Sub base clase 3	2.00	Losa parcialmente compensada	324.00	2.22	4.43
Marian de Jesús 2	25.20	17.30	0.30	1.94	Sub base clase 3	2.00	Losa parcialmente compensada	408.00	2.32	4.65
San José Morán 2	25.65	18.00	0.30	2.55	Sub base clase 3	2.50	Losa parcialmente compensada	330.00	2.26	4.52
Cuatro Esquinas	27.25	21.80	0.30	2.70	Sub base clase 3	1.50	Losa parcialmente compensada	324	2.29	4.59

Fuente: INGECONSULT, 2021

Para evitar la filtración de los materiales pasantes del tamiz No 200, hacia el mejoramiento, evitando la socavación y erosión del suelo circundante a la cimentación, se recomienda colocar entre el suelo y mejoramiento un geotextil no tejido, con drenajes en la base del relleno; estos drenajes pueden ser de tubos PVC ranurados, recubiertos por un geotextil no tejido, debidamente adheridos.

## 5.8 CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

### 5.8.1 ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA ZANJA

Para el estudio de estabilidad de la zanja, se definen varios tramos en las líneas de conducción de agua, conforme se presenta en la figura 23. (Tramo I en rojo, Tramo II en amarillo, Tramo III en morado, Tramo IV en celeste y Tramo V en café).

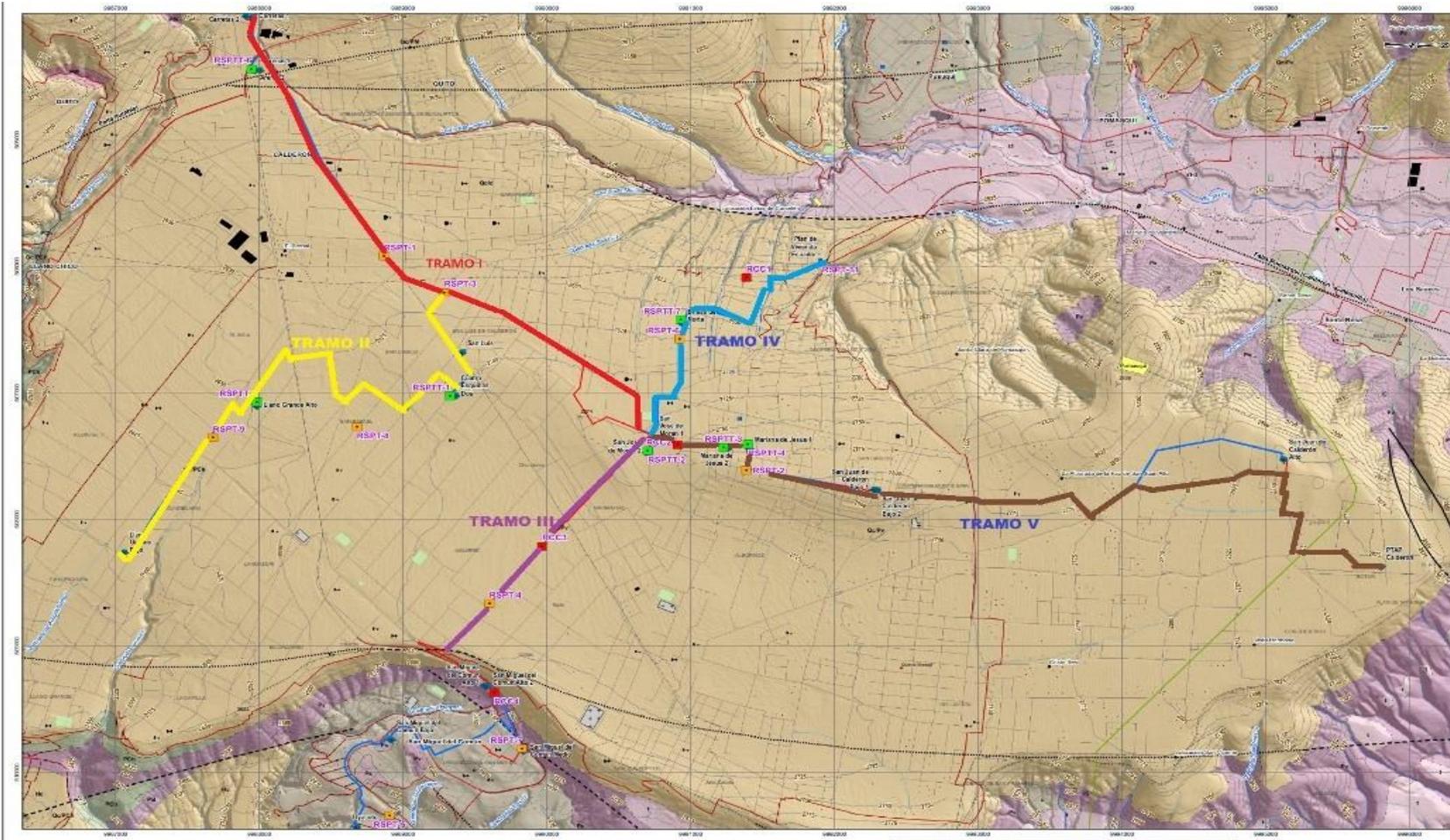


Figura 22 Tramos de las Líneas de Conducción para el Estudio de Estabilidad de las Zanjas

Fuente: INGECONSULT, 2021

Para la obtención de los parámetros de resistencia, se utilizó los resultados presentados en la tabla 30.

**Tabla 30 Parámetros de Resistencia Medios de cada Tramo de Zanja**

Tramo	Profundidad (m)		Densidad	DR	$\phi$	E
	Inicio	Fin	(T/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Tramo I	0.00	4.00	1.56 +/- 0.03	36.9 +/- 7.7	29.1 +/- 3.1	80 +/- 20
	4.00	6.00	1.67	52.9	32.9	190
Tramo II	0.00	4.00	1.56 +/- 0.04	41.8 +/- 13.2	30 +/- 3.7	90 +/- 37.2
	4.00	6.00	1.63 +/- 0.06	46.8 +/- 8.7	31.8 +/- 1.1	155 +/- 49.5
Tramo III	0.00	3.00	1.53 +/- 0.0	34 +/- 7.7	26.7 +/- 2.3	60 +/- 14.1
	3.00	8.00	1.62 +/- 0.04	45.8 +/- 2.1	31.9 +/- 0.3	153 +/- 27.5
Tramo IV	0.00	6.00	1.53 +/- 0.0	33.9 +/- 5.6	26.9 +/- 1.9	61.3 +/- 10.3
Tramo V	0.00	3.00	1.55 +/- 0.02	44.4 +/- 5.8	29.15 +/- 1.5	73.75 +/- 11.1
	3.00	8.00	1.67 +/- 0.04	54.9 +/- 10.0	33.3 +/- 1.5	215 +/- 69.6

DR: Densidad relativa,  $\phi$ : Fricción efectiva, E: Módulo elástico.

Fuente: INGECONSULT, 2021

De estos resultados se puede indicar que los valores de desviación altos son debido a la variabilidad de las condiciones de compacidad del terreno, además, es conveniente indicar que siempre se trabajó del lado de la seguridad, por lo que los valores con magnitudes elevada no fueron considerados.

Para el análisis de estabilidad se consideró el sismo como la condición más desfavorable durante la excavación de la zanja. Se adoptó un valor de Z de 0.40g, un Fa de 1.2, con lo que resulta un  $k_h = 0.288$  y  $K_v = 0.14$ , en conformidad a la NEC-2015. Se consideró un factor de seguridad mínimo para una condición temporal o de corta duración de 1.00 en condiciones pseudo estáticas.

El estudio de estabilidad se lo realizó empleando el programa "Slide 5.014" de la casa "Rocscience". Los cálculos efectuados tienen como objetivo principal determinar, primeramente, la necesidad o no de entibamiento durante la excavación de la zanja para garantizar la seguridad desde el punto de vista de la estabilidad.

En el análisis de estabilidad y en los parámetros empleados se consideraron los siguientes criterios:

- Las superficies de rotura supuestas han sido circulares.
- No se ha supuesto la existencia de un nivel freático.

- En la mayoría de los casos se considera que bajo los 4.00m, se dispone materiales con características similares a los tramos superiores y no menores; en razón que la mayoría de sondeos alcanzan los 4.00m.
- El terreno modelizado se ha considerado formado por materiales tipo ML y SM y menormente suelos clasificados en condiciones límites tipo CL-ML.
- Se trabaja con los resultados de los SPT y los resultados de laboratorio entregados por INGECONSULT.

En la figura 24 y en la figura 25, se presenta a manera de ejemplo, la salida gráfica de los cálculos realizados mediante el programa “Slide 6.009” de la casa “Rocscience”, de los que se obtienen los siguientes resultados:

- Para todos los casos se ha considerado una relación de corte 1H:4V,
- En todos los casos el FS, para excavaciones de zanja de hasta 2.00m, se encuentra entre 1.1 y 1.26, por lo su estabilidad durante la excavación en condición psuedo estática está garantizada.
- En todos los casos el FS, para excavaciones de zanja de hasta 4.00m, se encuentra entre 0.73 y 0.89, por lo que es inestable durante la excavación.

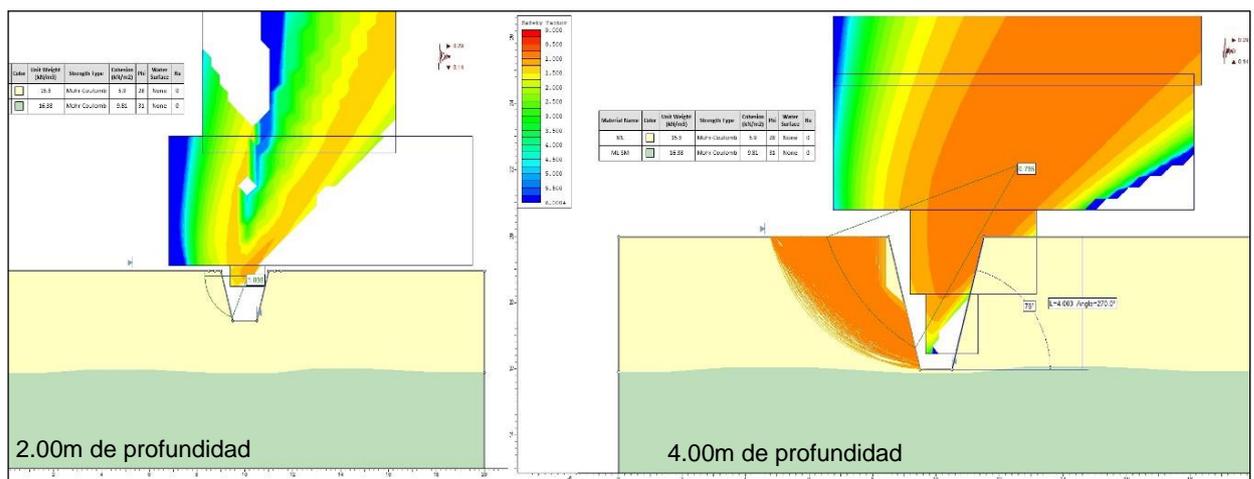


Figura 23 Resolución Gráfica de las Superficies de Rotura con Factor de Seguridad Mínimo Tramo I FS = 1.1 y FS = 0.8

**Nota:** Resolución gráfica de las superficies de rotura con factor de seguridad mínimo Tramo I (FS = 1.1 y FS = 0.8 para zanja de 2.00 y 4.00m de excavación respectivamente), con consideración de sismo. Modelización realizada mediante el programa “Slide 6.009” de la casa “Rocscience”.

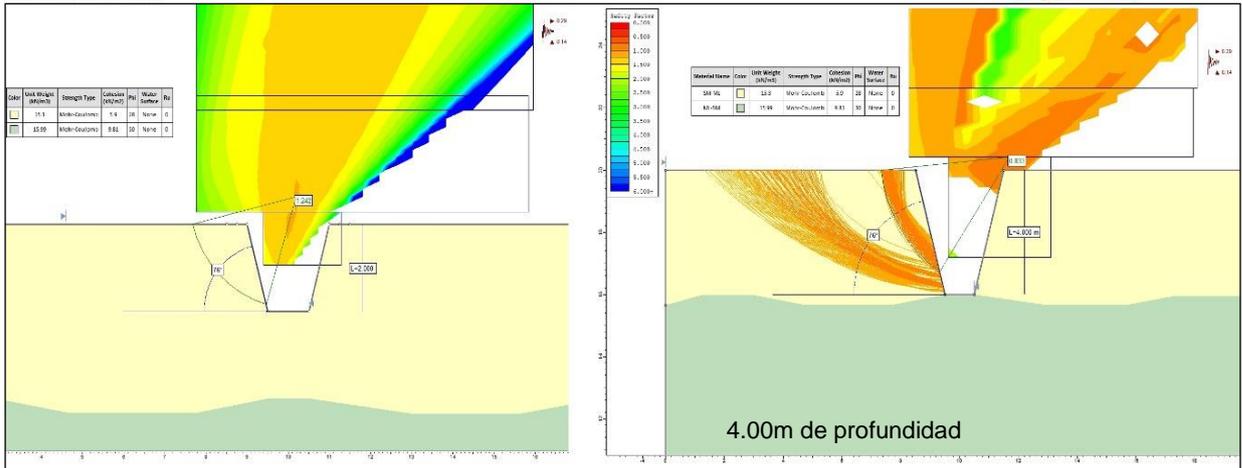


Figura 24 Resolución gráfica de las superficies de rotura con factor de seguridad mínimo Tramo II (FS = 1.24 y FS = 0.83)

**Nota:** Resolución gráfica de las superficies de rotura con factor de seguridad mínimo Tramo II (FS = 1.24 y FS = 0.83 para zanja de 2.00 y 4.00m de excavación respectivamente), con consideración de sismo. Modelización realizada mediante el programa "Slide 6.009" de la casa "Rocscience".

Para la excavación de las zanjas se recomienda:

- Se determina la altura de corte sin sustentación lateral provisional de hasta 2.00m, durante la fase constructiva. Para profundidades mayores es necesario entibamiento continuo para reducir la inestabilidad y riesgo
- El tiempo de exposición del corte de la zanja será el que tome excavar, instalar la tubería y rellenar, sin considerar demoras por cortes de tuberías, por fallos mecánicos, factores antrópicos, etc; en este sentido, si durante el proceso constructivo, las excavaciones llevan expuestas a la acción del medio ambiente durante tiempos prolongados, se recomienda incorporar un entibado discontinuo, para precautelar la seguridad de los obreros dentro de la zona de trabajo.
- Para los cortes de las zanjas, se recomienda taludes inclinados, con pendientes con una relación 1H:4V, caso contrario, para cortes más inclinados se requerirá de sistemas de entibamiento continuo para mantener la estabilidad durante la construcción.
- Los cortes de las zanjas en general deben protegerse, durante el período de construcción, del humedecimiento de las caras de los taludes para evitar su desmoronamiento y erosión, ya sea con la colocación de plásticos, que impermeabilicen las caras de las paredes durante su exposición.
- Se recomienda tener un especial cuidado en las instalaciones y conexiones de las tuberías.

Para una adecuada instalación de la tubería, se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se debe preparar la base de la zanja, retirando las rocas o fragmentos duros de la base y de sus bordes.
- La base de la trinchera debe estar debidamente compactada y nivelada,

- Si en el fondo de la trinchera se presentan objetos duros que pueden penetrar la capa protectora de la tubería, se recomienda colocar una capa de arena con espesor entre 10 y 20cm, o materiales tipo SM (tipo “subrasante”), que deberán estar debidamente compactados al 95% del ensayo Proctor de referencia. Sobre este material se asentará la tubería.
- Alrededor de la tubería se debe colocar un material debidamente compactado al 95% del proctor de referencia y se debe alcanzar como mínimo el máximo entre el diámetro y medio de la tubería o 50cm sobre la tubería,
- El ancho de la base de la zanja debe ser mayor al diámetro exterior de la tubería, a una distancia que permita su instalación y la compactación apropiada del material. Para tuberías con diámetros de 800mm se recomienda un ancho de zanja en la base de 1.60m y para tuberías de 300mm un ancho de 1.10m, este ancho está en función del equipo de compactación a utilizar, por lo que esta dimensión puede también ser considerada por el especialista geotécnico en obra.

En la siguiente figura se presenta una sección tipo del perfil descrito:

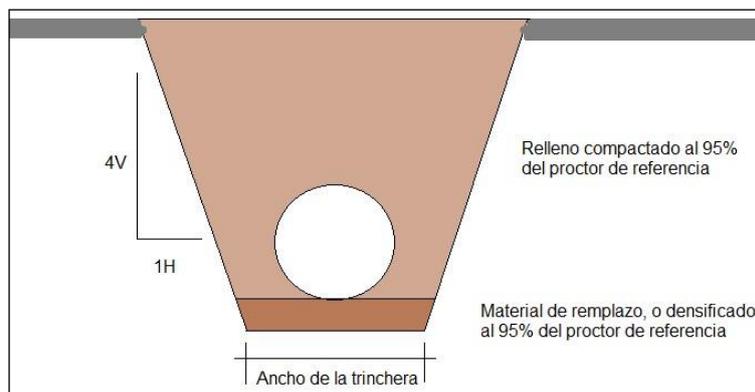


Figura 25 Sección Tipo de la Zanja Propuesta

## 5.9 FUENTE DE MATERIALES

### 5.9.1 Sitios de fuentes de materiales

Los materiales para aprovechamiento, en el área de estudio, se circunscriben a: El Quinche, Pifo, Limite Nayón-Tumbaco, Puenbo, Limite Calderón-Guayllabamba, San Antonio de Pichincha y Pintag. En la tabla abajo se lista las áreas dedicadas a extracción de materiales, canteras. De estas áreas mineras se puede obtener los materiales para la construcción de las diferentes obras del proyecto.

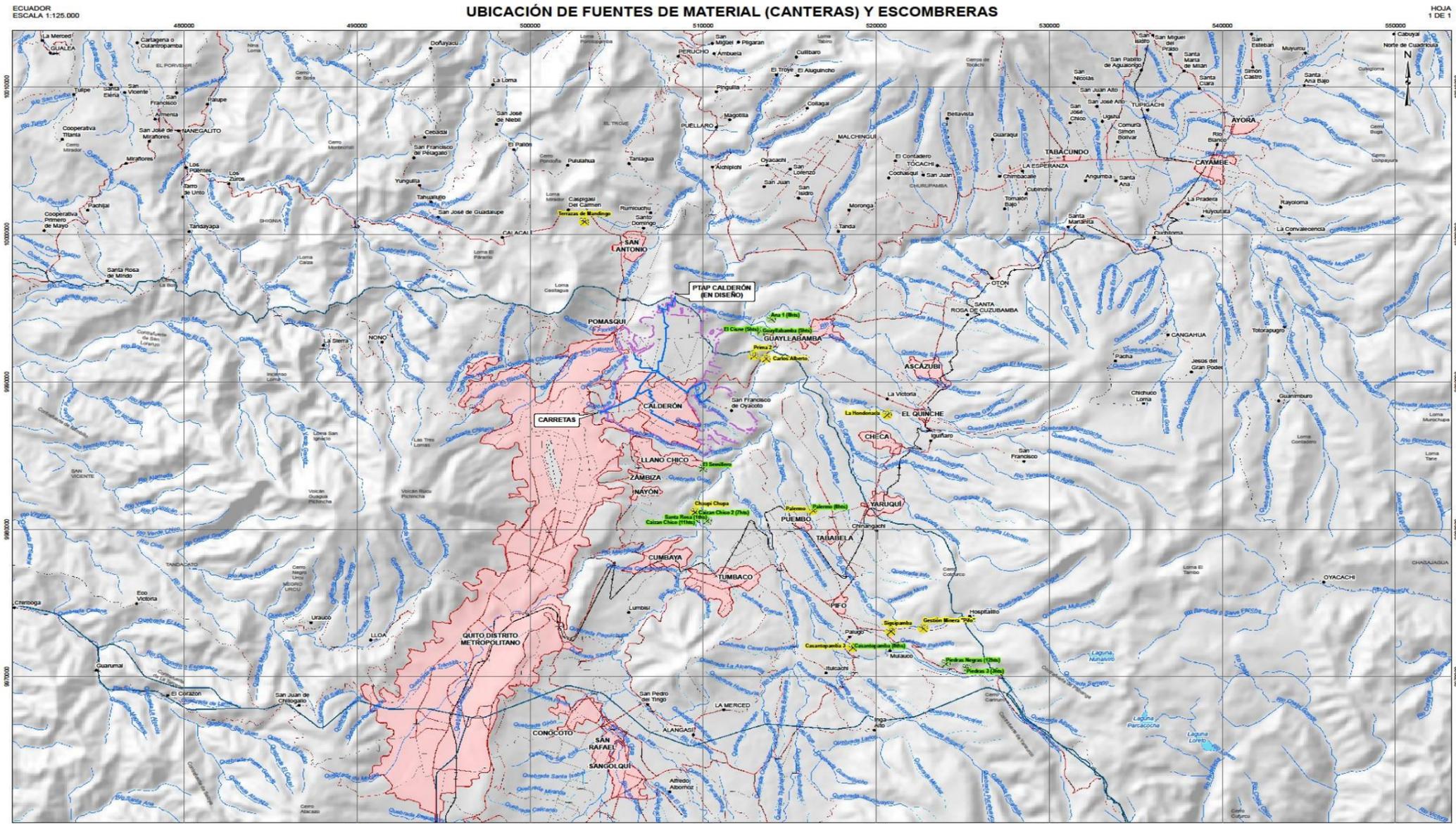
Tabla 31 Ubicación de las Fuentes de los Materiales

SECTOR	X (TMQ)	Y (TMQ)	MATERIAL	SITUACION	NOMBRE
El Quinche	520621	9987803	Cascajo	Explotación	La Hondonada
Pifo	520823	9973107	Flujos lavas	Explotación	Sigsipamba
	518623	9972006	Arena, ripio, polvo,	Explotación-	Casantopamba 3

Limite Nayón - Tumbaco	509524	9981203	Terrazas aluviales	Explotación	Chaupi Chupa
Limite CalderónGuayllabamba	512922	9991802	Aglomerados/ aluviales	Explotación	Prima 2
	513622	9991602	Aglomerados/ aluviales	Explotación	Carlos Alberto
San Antonio	503139	10000900	Volcánicos	Explotación	Terrazas de Mandingo
Pintag	515745	9953195	Volcánicos	Explotación	Volcán Canal Pata 1
	515934	9953001	Volcánicos	Explotación	La Sana Envida 1
	517812	9951207	Volcánicos	Explotación	Transmacosa

Fuente: INGECONSULT, 2021

En el Volumen 05: Geología – Geotecnia, adjunto al presente Informe Principal de Diseño Definitivo se presenta una descripción completa de cada uno de estos sitios de las canteras y de las características físicas más relevantes del material que puede ser obtenido en cada sitio.



**LEYENDA FUENTES DE MATERIALES**

Canteras

SECTOR	ESTR.	INSTR.	ESTADO	COMENTARIOS
El Quinche	52021	997963	Casca, lapilli	La Honda 2
	52023	9973107	Lava andesítica básica	Deposición Gestión Mirra 2019
	52722	9973307		
Río	51823	9972006	Arena gruesa, fina, arena fina (pavó), sub-basos, baso, crítica 1	Deposición cierre Casantopamba 3
	50924	9981203	Terrazas aluviales y aluviales actuales	Chual Chupa
Límite Nayón-Tumbaco	51632	9981304		Piñero
	51202	9991002	Aglomerados y terrazas aluviales	Piñero 2
Límite Calderón-Guayllabamba	51302	9991002		Carlos Alberto
	503139	10000000	Materiales proclásticos	Deposición Terrazas de Mandingo
Pírag	51742	9953195		Vulcan Canal Rata 1
	51593	9953271		Piedra Piza
	51523	9953300		Bunguza
	51534	9953017		Tenera 1
	51534	9953001		La Sana Divisa 1
517812	9951207		Transmascosa	

**FUENTES DE MATERIALES Escomerbreras**

SECTOR	ESTR.	INSTR.	ESTADO
Río	54022	9970908	Cierre
	52522	9970908	ROS 3 (Info)
	51823	9972006	Deposición (Info)
Límite Nayón-Tumbaco	509724	9960903	Cerrado
	50924	9960703	Cerrado
Pírag	510224	9960903	Cerrado
	515322	9961304	Cerrado
Límite Calderón-Guayllabamba	513022	9964301	Info
	513322	9963401	Info
Monte de Guán	513322	9963501	Activa
	509676	9964148	Activa

**SÍMBOLOS DEL PROYECTO SISTEMA CALDERÓN**

— Sistema Calderón

**EPMAPS** DIRECCIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURA SUBSECTOR DE PREVENCIÓN DE DESASTRES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROYECTOS

Ing. Alfredo de La Cruz Jefe de Ingeniería de Proyectos  
Ing. Gonzalo Canavial Administrador del Contrato  
Ing. Michelle Almeida Supervisor  
Ing. Fernando Jara Director del Proyecto

**PROYECTO:** DISEÑO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN FASE No. 2: ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

**CONTENIDO:** GEOLOGÍA Y GEOTECNIA  
Ubicación de fuentes de material (canteras) y escombreras

CONTRATO No: OPC-EPMAPS-02-2016  
FECHA: 2019/06/10  
IDENTIFICADOR: G4

ARCHIVO MKD: LTR-F2-GEN-GEN-P-1300-A  
DISEÑO: Ing. Ramiro Bermúdez

ESCALA DE TRABAJO: Ver Fuentes  
REVISÓ: Ing. Oscar Larrea

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:300,000  
ELABORÓ: Ing. Verónica Carrera M.

**FUENTES:**  
- Cartografía Base: Instituto Geográfico Militar. Datos nacional escala 1:250,000, enero de 2013.  
- División geográfica administrativa: IREC. División geográfica administrativa actualizada al 31 de diciembre de 2010.  
- Datos de elevación: Instituto Geográfico Militar. Datos nacional escala 1:250,000, enero de 2013.  
- Modelo Digital de Elevación: Mapas Topográficos, IREC. DEM del Ecuador, versión de 100x100m, 2005.  
- Ubicación de canteras: Elaborado por INGECONSULT, con base en información de ARCOM, Casapá Mirra, 2018.  
- Ubicación de escombreras: INGECONSULT, junio de 2018.

Nº	NATURALEZA DE LA REVISIÓN	FECHA
AD	INFORME INICIAL	2019/06/10

**SÍMBOLOS CONVENCIONALES**

Hidrografía	Fisiografía	Transporte	Infraestructura / servicios
Río Perenne	Arena	Ruta primaria	Oleoducto - poliducto
Río Intermitente	Arena y tierra	Ruta secundaria	Asentamientos humanos
Lago o laguna	Área de deslave	Ruta local	Zona urbana
Área inundada	Nieve / hielo	Rodera	Poblado
Ciénaga		Sendero	Otros símbolos
		Línea del tren	Límite del área de estudio
		Puente	



Escala 1:125,000

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (SIRES-DMQ):  
Proyección Cartográfica Transversa de Mercator modificada para Quito -TMO.  
Meridiano central 78°30' 00"W.  
Origen de latitudes 0° 00' 00".  
Factor de escala 1,000,000.  
Datum WGS84. Datum Vertical Nivel Medio del Mar.  
Falso Este = 500,000m; Falso Norte = 10'000,000m.

**NOTAS:**  
- El tamaño original de impresión es en formato A1.  
- Si se encuentra impreso en formato A3, la escala de impresión corresponde al doble de lo indicado.

**GUÍA DE ELEVACIÓN**

Elevación (s.n.d.m.)
2.100 - 2.200
2.200 - 2.300
2.300 - 2.400
2.400 - 2.500
2.500 - 2.600
2.600 - 2.700
2.700 - 2.800
2.800 - 2.900
2.900 - 3.000
3.000 - 3.100
3.100 - 3.200
3.200 - 4.800

Figura 26 Ubicación de Fuentes de Materiales

Fuente: Varias, INGECONSULT, 2021

## 5.10 ESCOMBRERAS

Respecto de los sitios para la disposición final o temporal de los materiales producto de la excavación (corte-relleno) en zanja abierta de la línea de conducción e implementación de las obras civiles de la LTTRC, plataformas de diferentes dimensiones, etc., se pueden ocupar los siguientes sitios.

El desalojo mecánico de material es igual a 12.060 m<sup>3</sup>. Los desechos –escombros- no deben ser arrojados a los cauces naturales ni a media ladera, según la normativa municipal y nacional.

En la siguiente tabla se indican los sitios destinados como potenciales escombreras:

Tabla 32 Ubicación de los Posibles Sitios Para Escombreras

SECTOR	X (TMQ)	Y (TMQ)	ESTADO	NOMBRE	Volumen sobrante m <sup>3</sup>
Pifo	*524022	9970908	Cierre	Piedras Negras (12hts)	12 060m <sup>3</sup> *alternativa
	*510224	9980603	Cerrado	Santa Rosa (1ths)	
Puembo	+516322	9981304	S/información	Palermo (8hts)	
	+509976	9984148	En operación	<sup>4</sup> El Semillero	
	*513322	9993401	S/información	Guayllabamba (5hts)	
	+513322	9993501	S/información	El Cisne (5hts)	

Fuente: INGECONSULT, 2021

La escombrera “El Semillero” se localiza en la parroquia de Llano Chico - Zámiza, Comuna de San José de Cocotog, barrio San Miguel, coordenadas: 509976E; 9984148N, 2333 msnm, a una distancia ±10 km del proyecto; al momento se halla en operación manejada por EMGIRS. El tiempo de vida útil está considerado hasta el año 2020. Diariamente recibe alrededor de 1 600.000 m<sup>3</sup> de materiales que corresponden a las actividades de excavación, construcción y movimientos de tierra entre otros.



Figura 27 Escombrera “El Semillero”, Sitio de Acumulación / Disposición de material

<sup>4</sup> [www.elcomercio.com/actualidad/Escombrera-El-semillero-Volquetas-Materiales-Cocotog.html](http://www.elcomercio.com/actualidad/Escombrera-El-semillero-Volquetas-Materiales-Cocotog.html)

## 6 DISEÑO HIDRÁULICO

### 6.1 OBJETIVOS

El objetivo principal es realizar el diseño de los componentes requeridos para cumplir con los objetivos del proyecto, que involucran los siguientes componentes:

- Evaluación y diseño de refuerzo de las líneas de transmisión, estudio de flujo permanente, periodo extendido y transientes hidráulicos.
- Interconexión entre las tuberías existentes y las tuberías de refuerzo proyectadas
- Estructuras de control de caudal, presión y nivel de agua de los tanques.
- Tanques de reserva
- Válvulas principales de seccionamiento o corte
- Válvulas de admisión y expulsión de aire (Ventosas)
- Válvulas de drenaje o purga, y obras de entrega a los cauces naturales o redes de alcantarillado
- Verificar el correcto funcionamiento hidráulico de las redes principales de distribución para la demanda máxima (2050) y diseñar las zonas de expansión y los posibles refuerzos, si fuere necesario

### 6.2 METODOLOGÍA

Para realizar la evaluación hidráulica se utilizó el software HAMMER V8i, el cual es un software comercial<sup>5</sup>, que permite realizar una modelación numérica para flujo permanente, periodo extendido y transientes hidráulicos en el sistema de distribución de agua potable.

Como datos se utilizó:

- Topografía escala 1:1000
- Trazado de la tubería existente, nueva y de refuerzo
- Diseños realizados en la fase de factibilidad

### 6.3 NORMAS

- Además de las Normas de diseño de la Empresa EMAAP-Q, se aplicaron las siguientes normas y manuales, aplicables, de la American Water Works Association (AWWA):
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- Manual M51 de la AWWA: Air-Valves: Air-Release, Air/Vacuum and Combination.
- Manual M11 de la AWWA Steel Pipe—A Guide for Design and Installation.
- Manual C200 de la AWWA Steel Water Pipe Manufacturing Standard.
- Manual C208 de la AWWA Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe

<sup>5</sup> HAMMER V8i Bajo Usuario: 1005209434

- Fittings
- Manual C604 de la AWWA Installation of Buried Steel Water Pipe.
- Norma co 10.7 – 601 código ecuatoriano de la construcción. C.e.c. normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.
- Norma 01-AP-EMAAPQ-2008, Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EPMAAP

#### 6.4 BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO

En la tabla 33 se muestran los parámetros de diseño obtenidos de las normas EPMAPS.

Tabla 33 Parámetros de Diseño

Parámetro	Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable EPMAPS
Población de diseño (p)	La población de diseño fue determinada en la prefactibilidad y se presenta en la sección <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..</b>
Periodo de diseño	30 años
Dotación de agua potable	Dotación de agua potable (bruta: dbruta y neta: dneta) $dbruta = dneta / (1 - \%p)$ En caso de que el volumen de consumo doméstico sea mayor que el 85% del total, es aceptable que el cálculo de la demanda de agua se realice únicamente a partir de la dotación neta domestica agregándole a esta el porcentaje que tenga en cuenta los otros usos agrupados.
Caudal medio diario (Qmd)	$Qmd (l/s) = p * dbruta / 86400$
Factores de variación de la demanda	$k1 = 1,25$ para ciudad y $k1 = 1,4$ para parroquias (cuando no existan datos) Factores de consumo máximo horario (k2), La norma recomienda: "puede calcularse, para el caso de ampliaciones de sistema de agua potable, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal medio diario, Qmd, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio" $k2 = QMD / QMH$ De los datos obtenidos en la prefactibilidad se determinó un valor de 1.58 Factores de compensación (k3) $k3 = V / \text{volumen diario de demanda}$
Caudal máximo diario (QMD)	Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas en el transcurso de un año. $QMD = Qmd * k1$
Porcentaje de perdidas físicas (%p)	Para la definición del porcentaje de pérdidas físicas actuales, la EMAAP-Q ofrecerá la información por zonas obtenida de los estudios de sectorización de la red de distribución.
Caudal máximo horario (QMH)	Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año sin tener en cuanto el caudal de incendio.

Parámetro	Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable EPMAPS
Hidrantes	Presión requerida en los hidrantes (pH min) Ph min (zonas residenciales de baja densidad) = 10 m.c.a Ph min (zonas comerciales e industriales o zonas residenciales con edificios multifamiliares) = 15 m.c.a. Hidrantes que sirven áreas con radio de acción entre 150 y 200 m.
Requerimiento de volumen de almacenamiento en plantas de tratamiento (V)	Tiempo de detención mínimo = 20 min. $V = k_3 * (\text{volumen diario de demanda media al año horizonte de diseño})$ Borde libre mínimo de 0,30 m
Presión permisible	Presión dinámica mínima (Pmin) con el caudal de diseño Pmin (en la ciudad) = 15 m.c.a. Pmin (en las parroquias rurales) = 10 m.c.a. Presión estática máxima (Pmax) Pmax = 60 m.c.a.
Velocidad permisible (v)	$v_{min} = 0,45 \text{ m/s}$ $v_{max} = 3,0 \text{ m/s}$ (tuberías matrices de distribución) $v_{max} = 4,0 \text{ m/s}$ (conducciones y líneas de transmisión con recubrimiento de mortero o concreto centrifugado) $v_{max} = 6,0 \text{ m/s}$ (conducciones y líneas de transmisión en conductos plásticos ò recubrimiento epòxico)

Fuente: INGECONSULT, 2021

La normativa que ha sido considerada como base para el diseño hidráulico, así como la determinación de tamaños de zanja, profundidades mínimas sobre la tubería, etc. Se presenta en el Volumen correspondiente al Diseño Hidráulico.

Para las líneas de transmisión, tanto tramos donde se instalan nueva tubería, como aquellos donde se requieren refuerzos se ha seleccionado como material al Acero A36. Los espesores requeridos han sido definidos en base a las envolventes de presiones dinámicas o a las presiones estáticas que correspondan a los escenarios más críticos de operación. De esta manera se garantiza la estabilidad de las líneas y se garantiza el servicio con seguridad en la zona de estudio.

## 6.5 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN SERVIDA DEL SISTEMA CALDERÓN

El período de diseño de acuerdo a las normas de la EPMAPS es de 30 años, consecuentemente el análisis se ha elaborado hasta el año 2050.

La proyección oficial de la EPMAPS del Sistema Calderón que incluye a las parroquias de San Antonio y Calacalí indica que la población servida actualmente (2019) por el sistema es 254 383 habitantes; para el año 2025 la población alcanzará 315 457 habitantes. La población final al año 2050 llegará a 478 334 habitantes en Calderón, 43 450 en San Antonio y 5 708 en Calacalí, más detalles se presentan en los acápite siguientes (ver tabla 38).

### 6.5.1 Áreas de crecimiento futuro y población por sectores

Para la distribución espacial fue indispensable actualizar las zonas de servicio, analizando las áreas de expansión urbana que se han desarrollado durante los últimos años en la parroquia Calderón y las zonas futuras que podrían presentarse.

### 6.5.2 Áreas de crecimiento urbano

Las áreas de expansión fueron identificadas con la ayuda de las ortofotos, confirmadas y ajustadas luego de los recorridos de campo, que sirvieron para verificar el estado de desarrollo de las obras de infraestructura y la potencialidad de desarrollo del área. Así como la información georreferenciada del Plan de Uso del Suelo (PUOS) del Distrito Metropolitano de Quito.

El punto de partida es la información proporcionada la EPMAPS, así como la sectorización aprobada durante la etapa de Prefactibilidad.

En la Figura 30 se presenta la sectorización del área de servicio considerada en el proyecto.

**Tabla 34 Proyección de la población servida del sistema Calderón hasta el año 2050**

Tanque	Área de servicio (ha)	POBLACIÓN (hab)								
		2010	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Arenal 1	275	11480	16976	19275	22890	26136	28974	31396	33364	34819
Arenal 2	108	3839	5677	6446	7655	8740	9689	10499	11157	11644
Brisas del Norte	93	2500	3696	4197	4984	5691	6309	6836	7265	7581
Carretas 1	267	11683	17276	19616	23295	26598	29487	31951	33954	35435
Carretas 2										
Cuatro Esquinas 2	116	3074	4545	5161	6128	6997	7757	8406	8933	9322
Llano Grande Alto	249	4515	6676	7580	9001	10278	11394	12347	13120	13693
Llano Grande Bajo	344	3748	5542	6293	7473	8533	9459	10250	10892	11368
Mariana de Jesús 1	822	32480	48027	54533	64760	73944	81974	88825	94392	98509
Mariana de Jesús 2	18	1491	2204	2503	2972	3394	3762	4077	4332	4521
Plan de Vivienda Ecuador	100	574	849	964	1144	1307	1448	1570	1668	1741
San José de Moran 1	16	26396	39031	44318	52629	60093	66618	72187	76711	80056
San José de Moran 2	369									
San Juan de Calderón Alto	690	10628	15715	17843	21190	24195	26822	29064	30886	32233
San Juan de Calderón Bajo 1	251	3867	5718	6493	7711	8804	9760	10576	11239	11729
San Juan de Calderón Bajo 2										
San Luis 1	253	36483	53946	61254	72741	83057	92076	99772	106026	110649
San Miguel del Común Alto	68	1827	2702	3068	3644	4160	4612	4998	5311	5542
San Miguel del Común Medio	32	785	1161	1319	1566	1787	1982	2148	2282	2382
San Miguel del Común Bajo	124	1001	1480	1680	1995	2278	2526	2737	2908	3035
Oyacoto	382	1384	2047	2324	2760	3151	3493	3785	4022	4198

Tanque	Área de servicio (ha)	POBLACIÓN (hab)								
		2010	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Tanque PTAP - Calderón	31	206	305	346	411	469	520	564	599	625
San Antonio		15747	19773	21800	25363	28247	31457	35033	39015	43450
Calacalí		2920	3358	3565	3924	4290	4657	5018	5368	5708
<b>TOTAL, SISTEMA CALDERÓN</b>		<b>176628</b>	<b>256704</b>	<b>290578</b>	<b>344236</b>	<b>392149</b>	<b>434776</b>	<b>472039</b>	<b>503444</b>	<b>528240</b>

Fuente: INGECONSULT, 2021

En la figura 29 se presenta la proyección de la población servida en Calderón.

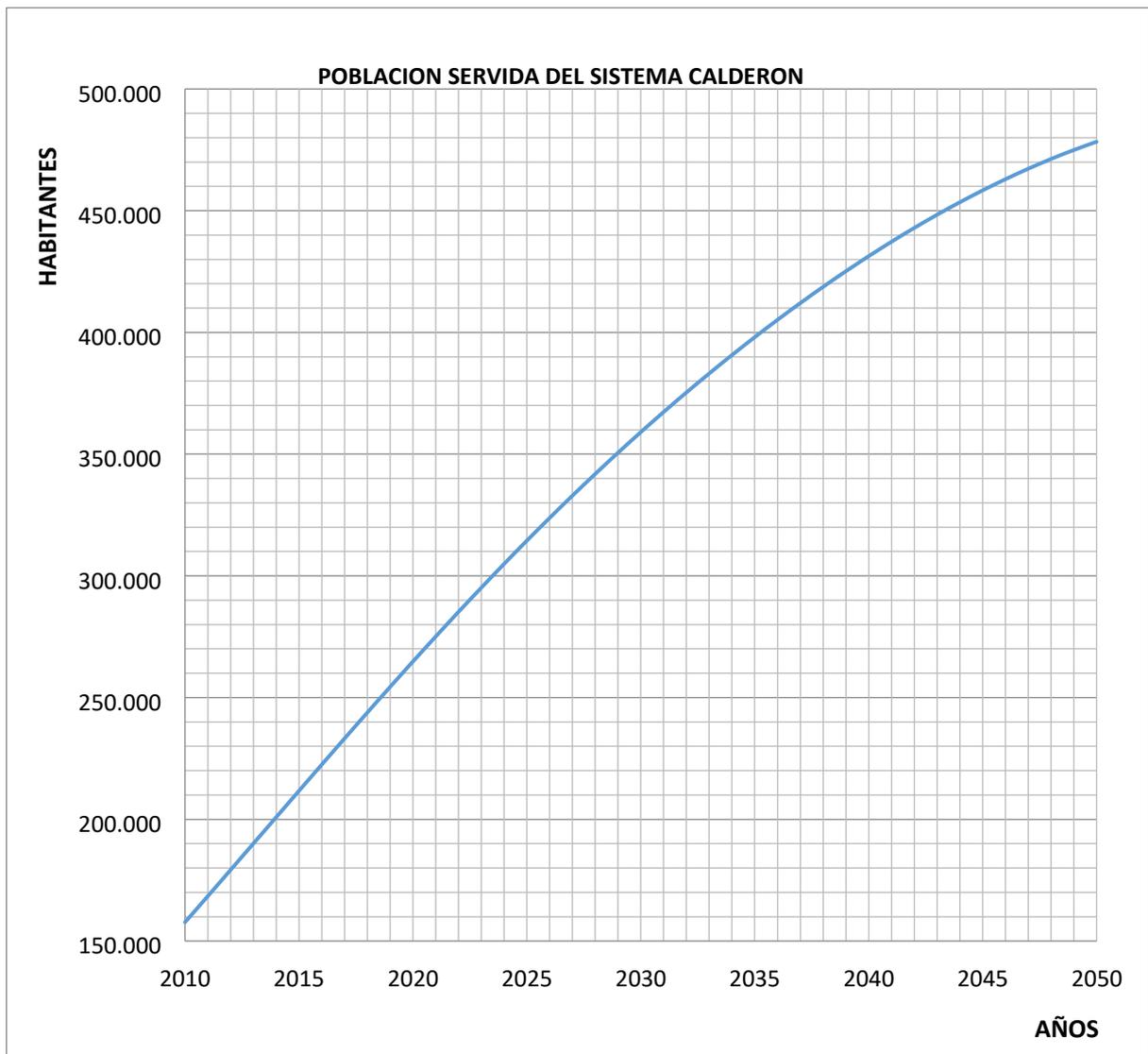
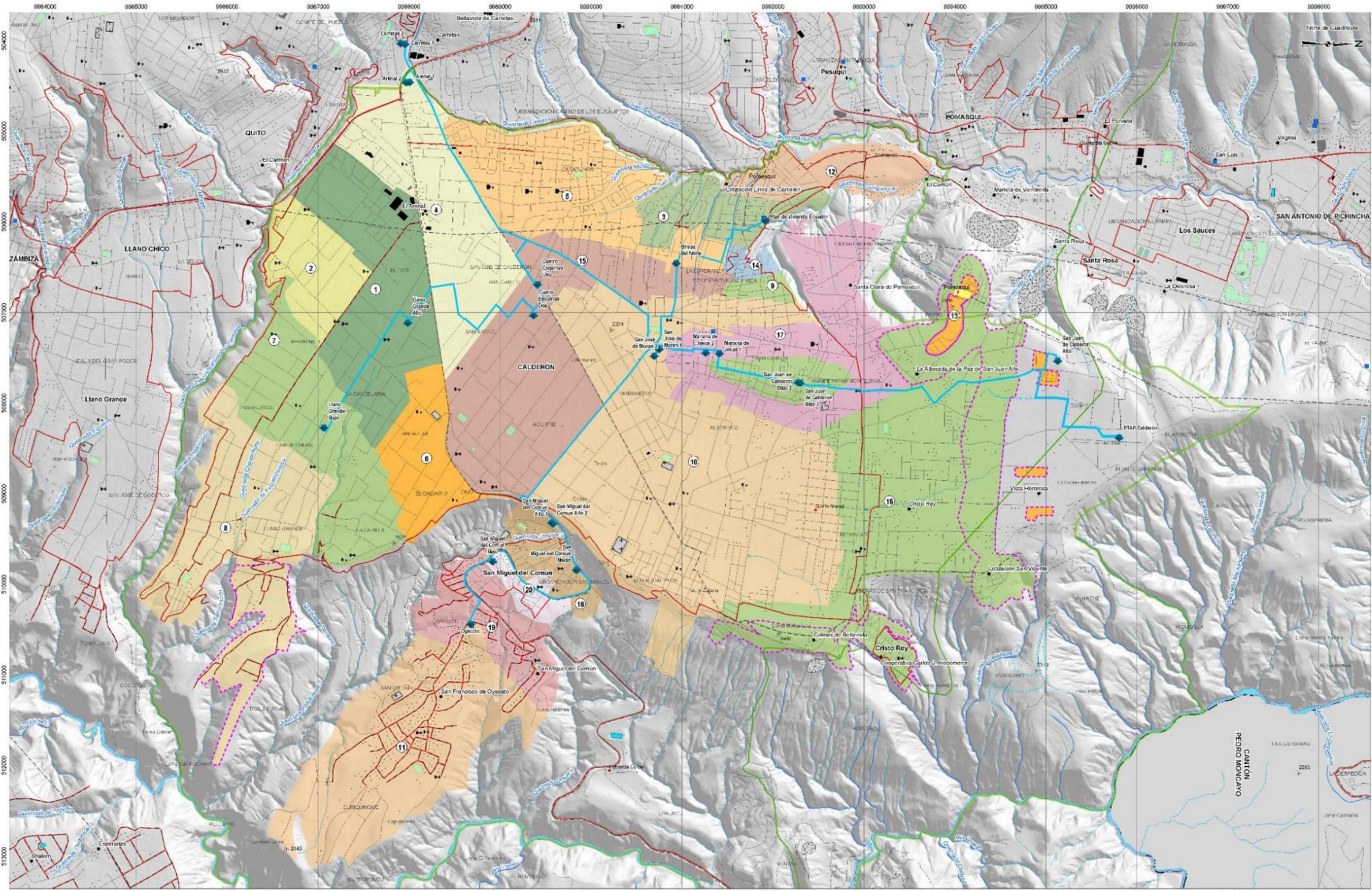


Figura 28 Crecimiento De La Población Servida En La Parroquia Calderón  
Fuente: INGECONSULT, 2021



**LEYENDA**

- Área del Proyecto - Calderón (Carapá)
- ALTERNATIVA 1
- Estudios de Prefactibilidad
- Zonas de Expansión de Servicio
- Área de Servicio por Tanque
- Tanque de Almacenamiento
  - 1, Arenal 1
  - 2, Arenal 2
  - 3, Brisas del Norte
  - 4, Carretas
  - 5, Cuatro Esquinas Uno
  - 6, Cuatro Esquinas Dos
  - 7, Llano Grande Alto
  - 8, Llano Grande Bajo
  - 9, Mariana de Jesús 1
  - 10, Mariana de Jesús 2
  - 11, Oyacoto
  - 12, Plan de Vivienda Ecuador
  - 13, PTAP Calderón
  - 14, San José de Moran 1
  - 15, San José de Moran 2
  - 16, San Juan de Calderón Alto
  - 17, San Juan de Calderón Bajo 1 y 2
  - 18, San Miguel del Común Alto 1 y 2
  - 19, San Miguel del Común Bajo
  - 20, San Miguel del Común Medio

Orden	Tanque de Almacenamiento	Sector	Sub
1	Arenal 1	El Arenal	1
2	Arenal 2	El Arenal	2
3	Brisas del Norte	Brisas	1
4	Carretas	Carretas	1
5	Cuatro Esquinas Uno	Cuatro Esquinas Uno	1
6	Cuatro Esquinas Dos	Cuatro Esquinas Dos	1
7	Llano Grande Alto	Llano Grande Alto	1
8	Llano Grande Bajo	Llano Grande Bajo	1
9	Mariana de Jesús 1	Mariana de Jesús	1
10	Mariana de Jesús 2	Mariana de Jesús	2
11	Oyacoto	Oyacoto	1
12	Plan de Vivienda Ecuador	Leucor	1
13	PTAP Calderón	PTAP Calderón	1
14	San José de Moran 1	San José de Moran	1
15	San José de Moran 2	San José de Moran	2
16	San Juan de Calderón Alto	San Juan de Calderón Alto	1
17	San Juan de Calderón Bajo 1 y 2	San Juan de Calderón Bajo	1
18	San Miguel del Común Alto 1 y 2	Oyacoto	1
19	San Miguel del Común Bajo	Oyacoto	2
20	San Miguel del Común Medio	Oyacoto	3

Figura 29 Sectores de Distribución

Fuente: INGECONSULT, 2021

**EPMAPS** GERENCIA TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS

Ing. Alfredo de la Cruz  
Jefe de Ingeniería de Proyectos

Ing. Óscar Canabal  
Administrador del Contrato

Ing. Mehdi Gajdar  
Gerente de Proyecto

**PROYECTO:** DISEÑO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERÓN  
**FASE No. 1: ESTUDIOS DE P**

**CONTENIDO:** OBRAS CIVILES HIDR  
Diagnóstico - Propuesta  
Sectores de Servicio (A)

**CONTRATO No:** CPC-EPMAPS-02-2018  
**FECHA:** 2019/03/2

**ARCHIVO MXD:** DISEÑO

## 6.6 DEMANDA MEDIA Y MÁXIMA DIARIA DE AGUA POTABLE

### 6.6.1 DEMANDA MEDIA DIARIA

La demanda media diaria fue calculada con una pérdida bruta inicial del 30%, valor que se irá reduciendo hasta el 20% al final del período de diseño.

La tabla 35 resume los parámetros de pérdidas, dotación bruta y neta adoptados para el cálculo de las demandas medias diarias.

**Tabla 35 Parámetros para el Cálculo de la Dotación Media Diaria (l/s)**

SECTOR	DOTACION (l/hab/d)									
	PARAMETRO	2,010	2,017	2,020	2,025	2,030	2,035	2,040	2,045	2,050
CIUDAD	DOT. NETA	123.93	123.93	123.93	122.90	126.96	131.10	136.28	138.69	141.13
	DOT. BRUTA	163.06	163.06	163.06	159.61	162.77	168.08	170.35	173.36	176.41
	PERDIDAS	24.00%	24.00%	24.00%	23.00%	22.00%	22.00%	20.00%	20.00%	20.00%
PARROQUIAS	DOT. NETA	123.93	123.93	123.93	122.90	126.96	131.10	136.28	138.69	141.13
	DOT. BRUTA	177.04	172.12	167.47	166.08	167.05	168.08	170.35	173.36	176.41
	PERDIDAS	30.00%	28.00%	26.00%	26.00%	24.00%	22.00%	20.00%	20.00%	20.00%

Fuente: EPMAPS, 2021

Los resultados que se indican en la tabla señalan que el sistema de agua potable Calderón requerirá en promedio 661 l/s al inicio del proyecto (2025) y 1077 l/s en el año 2050. Esta demanda media se verá incrementada por las demandas de las parroquias San Antonio y Calacalí, que alcanza 100 L/s en el año 2050, capacidad nominal de la conducción existente.

**Tabla 36 Proyección de la Demanda Media Diaria (l/s)**

Sector de servicio	2019	2020	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
Arenal 1	37	37	44	51	53	56	62	67	71
Arenal 2	12	12	15	17	18	19	21	22	24
Brisas	8	8	10	11	12	12	13	15	15
Carretas	38	38	45	51	54	57	63	68	72
Cuatro Esquinas 1	117	119	140	161	168	179	197	213	226
Cuatro Esquinas 2	10	10	12	14	14	15	17	18	19
Mariana de Jesús 1	104	106	124	143	149	159	175	189	201
Mariana de Jesús 2	5	5	6	7	7	7	8	9	9
Ecuador	2	2	2	3	3	3	3	3	4
Llano Grande Alto	15	15	17	20	21	22	24	26	28
Llano Grande Bajo	12	12	14	16	17	18	20	22	23
Morán 1 y 2	85	86	101	116	121	130	142	154	163
San Miguel -Oyacoto	15	15	18	21	22	23	26	28	29

Sector de servicio	2019	2020	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
San Juan de Calderón Alto	34	35	41	47	49	52	57	62	66
San Juan de Calderón Bajo	12	13	15	17	18	19	21	23	24
Tanque PTAP Calderón	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total, Calderón	507	513	604	694	726	774	850	920	977
San Antonio	42	42	49	55	57	61	69	78	89
Calacalí	7	7	8	8	9	9	10	11	12
DEMANDA MEDIA TOTAL	556	562	661	757	791	845	929	1009	1077
OFERTA BELLAVISTA	556	562	11	107	0	0	0	0	0
OFERTA CALDERON	0	0	650	650	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300
DEFICIT CON PROYECTO (l/s)	0	0	0	0	509	455	371	291	223
SUPERÁVIT (%)	0%	0%	0%	0%	64%	54%	40%	29%	21%

Fuente: EPMAPS, 2021

## 6.6.2 Datos de Macro – Medidores

Para determinar la variación de la demanda diaria máxima y máxima horaria se analizaron los datos de los macromedidores ubicados a la salida de los tanques de cabeza de las tres líneas de transmisión que alimentan a la parroquia.

En la tabla 37 se presentan los resultados del procesamiento de los caudales adquiridos cada 5 minutos durante los años 2016 y 2018 en la salida de los tanques Collaloma Bajo, El Carmen y Ponceano. Luego del análisis se decidió descartar la estadística del año 2016 debido a la inconsistencia de los valores entregados, ocasionado por la suspensión del servicio hacia el tanque Arenal Viejo por la rotura del ramal de interconexión con la línea El Carmen.

**Tabla 37 Caudales Medidos en los Tanques Iniciales de Líneas de Transmisión**

TANQUE	AÑO	Q medio anual	Q máx. diario	Q máx. horario	K1 DIARIO	K2 HORARIO	FALLA MEDIDA (DIAS)	MAX TIEMPO DE FALLA (DIAS)
TANQUE COLLALOMA	2018	329	379	524	1.15	1.59	9	4
TANQUE EL CARMEN	2016	206	250	282	1.21	1.37	24	19

TANQUE	AÑO	Q medio anual	Q máx. diario	Q máx. horario	K1 DIARIO	K2 HORARIO	FALLA MEDIDA (DIAS)	MAX TIEMPO DE FALLA (DIAS)
TANQUE EL CARMEN	2018	135	160	160	1.18	1.19	1	1
TANQUE PONCEANO	2018	100	119	121	1.20	1.21	1	1

Fuente: EPMAPS, 2021; procesamiento INGECONSULT

Los cálculos indican que el coeficiente de variación K1 para valorar de la demanda máxima diaria de las tres líneas de transmisión es 1.17. Basados en las normas vigentes, se adopta un valor de  $K1 = 1.21$ . La norma específica un valor de 1.15 para ciudad y 1.4 para parroquias en el caso de que no existan datos.

En el presente estudio existen datos, los cuales arrojan un valor cercano a 1.20, sin embargo, los datos son dispersos y debido a que la capacidad total de la PTAP Calderón es de 1300 l/s, se adopta un valor de  $K1 = 1.21$ .

### 6.6.3 DEMANDA MÁXIMA DIARIA DE AGUA POTABLE

La demanda máxima diaria del sistema de agua potable de Calderón alcanza 797.56L/s en el año 2025 y 1300 l/s en el 2050. Los caudales demandados por San Antonio y Calacalí son: 64,7 l/s en el año 2025 y 115 l/s en el año 2050.

La tabla 42 resume los parámetros adoptados para el cálculo de las demandas máximas diarias.

**Tabla 42: Parámetros para el cálculo de la dotación máxima diaria**

SECTOR	PARAMETRO	2010	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CALDERÓN	DOT. NETA	123.93	123.93	123.93	122.9	126.96	131.1	136.28	138.69	141.13
	DOT. BRUTA	203.6	197.94	192.59	190.99	192.11	193.29	195.9	199.36	202.87
	PERDIDAS	30.00%	28.00%	26.00%	26.00%	24.00%	22.00%	20.00%	20.00%	20.00%
	FACTOR	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21

Fuente: EPMAPS, 2021

### 6.7 OFERTA DE AGUA POTABLE

En el año 2025 se espera el ingreso de 650 l/s de aguas tratada desde la PTAP de Calderón; mientras que en el año 2030 se completará la dotación de 1.300 l/s de agua tratada hacia Calderón y San Antonio.

Los cálculos de proyección de demanda mostrados indican que el caudal ofertado en el año 2025 por la PTAP Calderón no será suficiente para suplir totalmente la

demanda, requiriéndose 150 l/s adicionales desde la PTAP de Bellavista (sistema actual) o desde la nueva planta de tratamiento Calderón (previando el ingreso de capacidad total empiece a operar antes). En caso que se decida el suministro desde la PTAP Bellavista, la línea de transmisión El Carmen alimentará los tanques SL, CE, LLGA, LLGB. De acuerdo al análisis preliminar presentado, existen tres escenarios de operación:

- Operación del sistema de distribución de Calderón hasta el año 2024 con 656 l/s suministrados desde Planta de Tratamiento Bellavista. A partir de este año existe un déficit de 0,02 m<sup>3</sup>/s, lo que equivaldría a que se afecte a una población aproximada de 9388 hab., esto significa 2934 hogares que se verían afectados con racionamiento, considerando 3,2 hab. por hogar.
- Operación del sistema Calderón desde el año 2025, hasta el año 2030, con 650 l/s que ingresan desde la Planta de Tratamiento Calderón y 150 l/s desde la Planta de Tratamiento Bellavista a través de las líneas existentes.
- Operación del sistema hasta el año 2050, con un caudal de 1300 l/s que se entrega desde la Planta de Tratamiento Calderón.

Para cubrir este déficit en el año 2025, se considera el ingreso de 650l/s de agua tratada desde la PTAP Calderón y 650l/s adicionales que ingresarán en el año 2030, completando 1.300 l/s que cubrirá la demanda del sistema hasta 2050.

## 6.8 CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de demanda máxima diaria fueron calculados a partir de los parámetros de diseño. Considerando la proyección de población hasta el año 2050 y la sectorización descrita previamente, los caudales estimados son presentados en la Tabla 38:

**Tabla 38 Caudales Máximos Diarios del Sistema Calderón**

Tanque	Caudal Máximo Diario (l/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Arenal 1	30.05	35.38	40.64	45.33	49.78	53.84	57.17
Arenal 2	30.05	35.38	40.64	45.33	49.78	53.84	57.17
Brisas del Norte	9.81	11.55	13.26	14.79	16.25	17.57	18.66
Carretas 1	22.91	26.99	30.99	34.57	37.97	41.06	43.6
Carretas 2	22.91	26.99	30.99	34.57	37.97	41.06	43.6
Cuatro Esquinas 2	12.06	14.2	16.31	18.19	19.98	21.6	22.94
Llano Grande Alto	17.71	20.85	23.95	26.72	29.34	31.73	33.7
Llano Grande Bajo	14.7	17.31	19.89	22.18	24.36	26.34	27.98

Tanque	Caudal Máximo Diario (l/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mariana de Jesús 1	66.63	78.46	90.12	100.52	110.39	119.38	126.78
Mariana de Jesús 2	66.63	78.46	90.12	100.52	110.39	119.38	126.78
Plan de Vivienda Ecuador	2.25	2.65	3.05	3.4	3.73	4.03	4.28
San José de Moran 1	51.77	60.97	70.02	78.1	85.77	92.76	98.51
San José de Moran 2	51.77	60.97	70.02	78.1	85.77	92.76	98.51
San Juan de Calderón Alto	41.69	49.09	56.38	62.89	69.07	74.7	79.33
San Juan de Calderón Bajo 1	7.58	8.93	10.26	11.44	12.57	13.59	14.43
San Juan de Calderón Bajo 2	7.58	8.93	10.26	11.44	12.57	13.59	14.43
San Luis 1	143.11	168.53	193.56	215.9	237.1	256.42	272.31
San Miguel del Común Alto	7.17	8.44	9.69	10.81	11.88	12.84	13.64
San Miguel del Común Medio	3.08	3.63	4.16	4.65	5.1	5.52	5.86
San Miguel del Común Bajo	3.92	4.62	5.31	5.92	6.5	7.03	7.47
Oyacoto	5.43	6.39	7.34	8.19	8.99	9.73	10.33
Tanque PTAP - Calderón	0.81	0.95	1.09	1.22	1.34	1.45	1.54
San Antonio	50.93	58.76	65.83	73.76	83.25	94.36	106.93
Calacalí	8.33	9.09	10	10.92	11.93	12.98	14.05
<b>DEMANDA MÁXIMA DIARIA</b>	<b>678.87</b>	<b>797.56</b>	<b>913.87</b>	<b>1019.46</b>	<b>1121.78</b>	<b>1217.56</b>	<b>1300</b>

Fuente: EPMAPS, 2021

## 6.9 AMPLIACIÓN DE TANQUES DE RESERVA

Según la norma de la EPMAPS el volumen de regulación debe corresponder al producto del volumen diario de la demanda media al final del período de diseño, por el coeficiente de compensación obtenido de la curva de variación horaria de la demanda y dejar un borde libre con el fin de permitir la ventilación del tanque, recomendándose un borde de 0,30 m como mínimo. En la tabla 44, se propone el incremento de una celda en los tanques existentes, donde se dispone del espacio para su ejecución.

**Tabla 39 Requerimientos de volumen en Tanques de Reserva en el año 2025**

Sector Servicio	Área (Ha)	Población Año 2025	Volumen existente 2019 (m <sup>3</sup> )	Volumen a incrementarse	Observación
Arenal	382,82	30545	1000	2000	Se elimina un tanque existente (A2) 1 celda nueva

Sector Servicio	Área (Ha)	Población Año 2025	Volumen existente 2019 (m <sup>3</sup> )	Volumen a incrementarse	Observación
Brisas	93.47	4984	250	250	1 celda adicional
Carretas	266.64	23295	1375	875	1 celda adicional
San Luis	253.45	72741	1000		
Cuatro Esquinas 2	116.49	6128	2500	2500	1 celda adicional
Mariana de Jesús 1	821.63	64760	750	875	1 celda adicional
Mariana de Jesús 2	18.11	2972	2000	2000	1 celda adicional
Ecuador	100.04	1144	250		
Llano Grande Alto	249.29	9001	875	875	1 celda adicional
Llano Grande Bajo	343.66	7473	875		
Morán	385.01	52629	3000	2000	1 celda adicional
San Miguel -Oyacoto	606.07	9472	500		
San Juan de Calderón Alto	689.56	21190	2000		
San Juan de Calderón Bajo	250.93	7711	1500		
Tanque PTAP Calderón	30.92	411	0		
<b>Total, Calderón</b>	<b>4608.12</b>	<b>314457</b>	<b>18.875</b>	<b>11375</b>	

Fuente: INGECONSULT, 2021

Se presenta a continuación el cálculo hidráulico de las nuevas celdas diseñadas como parte del desarrollo del proyecto integral Calderón previsto por la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) que proporcionará un servicio eficiente de agua a través de calidad, cantidad y continuidad. El volumen requerido para la distribución de agua potable se realiza a través de la proyección de población al año 2050 y se establece necesario la ampliación a los siguientes sectores:

- Llano Grande Alto
- San José de Morán 2
- Carretas 2
- Arenal 2
- Cuatro Esquinas
- Mariana de Jesús 1
- Mariana de Jesús 2
- Brisas del Norte

En el diseño de los tanques se han considerado los siguientes aspectos:

### 6.9.1 Volumen

Volumen determinado conforme al requerimiento hidráulico y disponibilidad física en los predios existentes.

### 6.9.2 Tuberías de entrada

Tubería de acero. Las tuberías que alimentan los módulos, tendrá instalada su respectiva válvula de corte para aislarlos, en caso de mantenimiento y el diámetro permitirán en forma independiente admitir el caudal máximo diario, respetando los límites de velocidad mencionados en las bases de diseño.

### 6.9.3 Tuberías de salida para suministro a la red

Se localizará en la parte inferior del tanque independiente de la tubería de entrada.

La tubería transportará el caudal máximo horario. Para que la tubería se conecte al tanque se utiliza pasamuros. Las tuberías de salida estarán dotadas con su respectiva válvula de mariposa su unión de desmonte tipo rígida.

Ventosa de salida.

Para determinar el diámetro de la tubería de ventilación de aire (ver Figura 31) se adopta la siguiente expresión:

$$D_v = \frac{D_t}{12} * F_s$$

Donde:

$D_v$ , diámetro tubería de ventilación.

$D_t$ , diámetro tubería de salida.

$F_s$ , factor de seguridad, se adopta 2 .

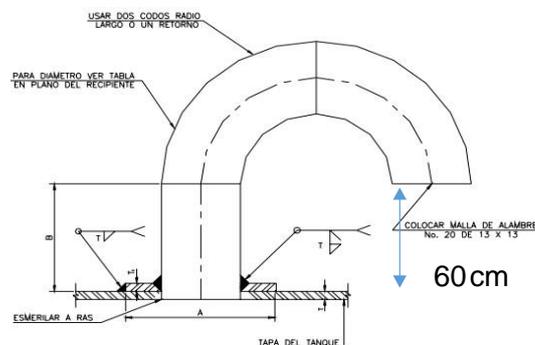


Figura 30 Configuración De Ventilación De Tubería

Fuente: INGECONSULT, 2021

#### 6.9.4 Tubería de desagüe y lavado

Se determina el caudal de desagüe (caudal de un orificio)

$$Q = A * Cd * \sqrt{2 * g * H}$$

Donde;

A, área de tubería

Cd, Coeficiente de descarga (desagua a través de una tubería<sup>6</sup>)

$$Cd = \pm 1 / \left[ 0,0431 * \left( \frac{L}{D} \right) + 1,62 \right]^{1/2}$$

H, Altura máxima para desagüe (recomendado para desagüe un H=1m)

Por recomendaciones y efectos de lavado del tanque, se debe vaciar a partir de una altura no mayor a 1,0 m y de presentarse niveles mayores, el tanque debe liberar la cantidad de agua hasta una altura de h = 1,0 m por las tuberías de salida a la red de distribución.

#### 6.9.5 Tubería de rebose

Los tanques de almacenamiento deben tener un sistema de rebose para evacuar el exceso de caudal dentro de la celda. El vertedero de rebose se calcula con el caudal máximo de entrada al módulo, el cual trasmite a una cámara de independiente y se evacua a través de una tubería. La cresta del vertedero de rebose se encuentra a nivel de la lámina de agua para que el tanque cumpla con la capacidad de diseño y asegurar el nivel máximo esperado.

#### CAUDAL EN UN VERTEDERO RECTANGULAR

$$Q = \frac{2}{3} * Cd * \sqrt{2g} * L * H^{1,5}$$

Cd= 0.6.

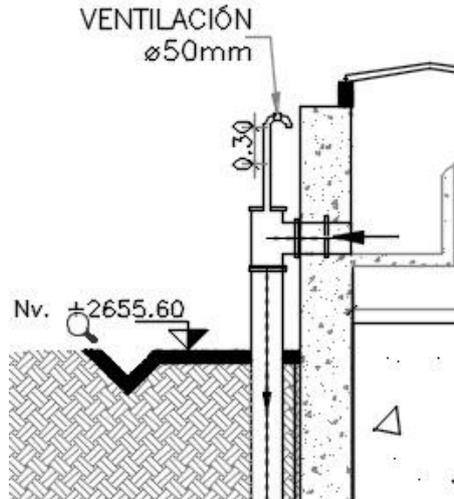
L, longitud del vertedero

H, lámina de agua sobre cresta del vertedero

$$L = \frac{Q}{\left[ \frac{2}{3} * Cd * \sqrt{2g} * H^{1,5} \right]}$$

En las tuberías de rebose o desborde se coloca una ventilación de tuberías de Ø50 mm con una altura entre lámina de agua y parte superior de ventilación mínimo de 30 cm, como se muestra en la Figura 32.

<sup>6</sup> (Villón, 2000)

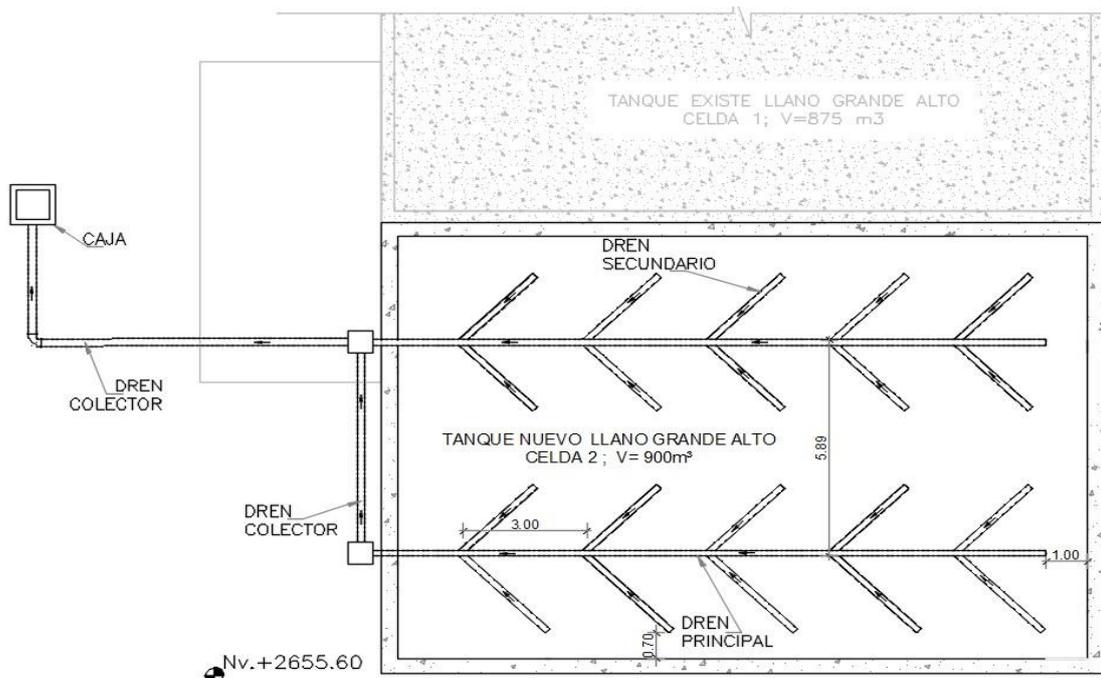


**Figura 31 Ventilación en Tubería de Desborde Llano Grande Alto, Vista en Corte**  
 Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.9.6 Diseño del subdrenaje

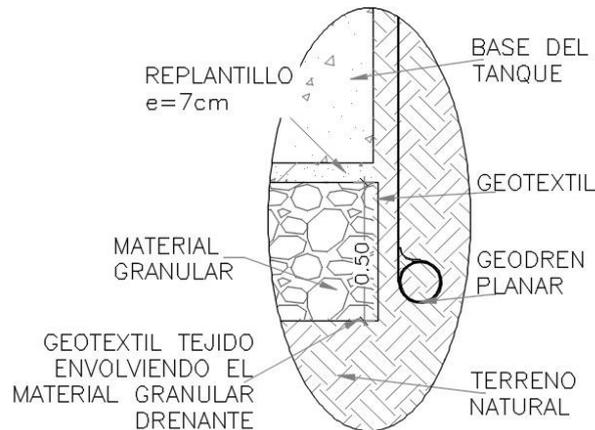
El sistema de subdrenaje se ha diseñado para recolectar agua por posibles fugas que se puedan presentar a través de la placa de fondo y/o paredes del tanque. Se ha proyectado un drenaje tipo “espina de pescado” con zanjas poco profundas.

La configuración del subdrenaje se muestra en Figura 33, donde se presenta dos espinas de pescado situadas en paralelo al largo del módulo y con tuberías secundarias con una inclinación de 45° respecto a la horizontal. Esta configuración se diseñó para determinar de manera eficiente el lugar donde puede presentarse fugas.

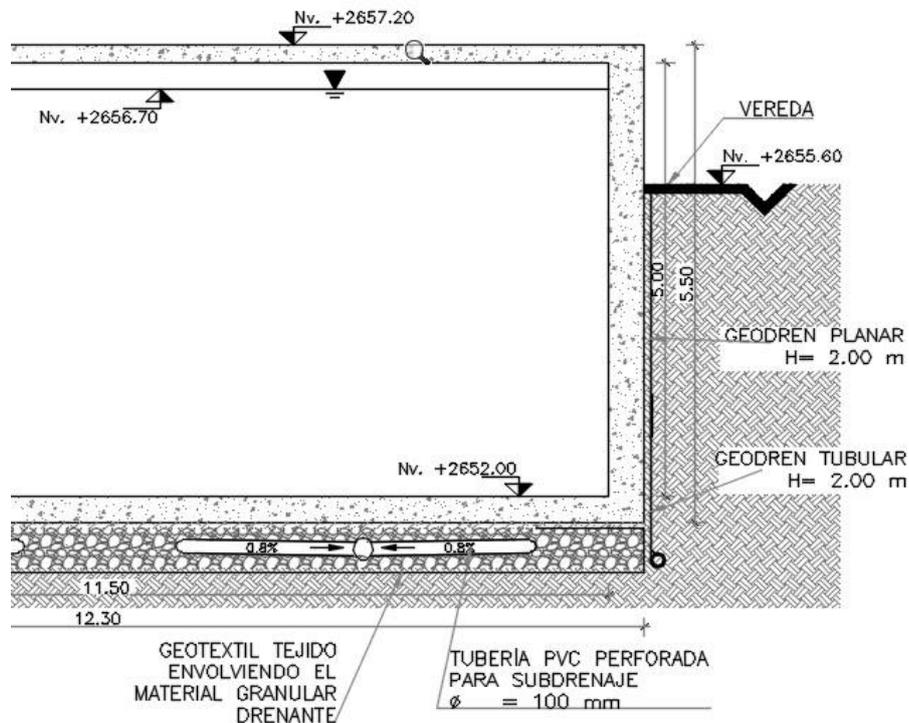


**Figura 32 Configuración de Subdrenaje Llano Grande Alto, vista en planta**  
 Fuente: INGECONSULT, 2021

El diseño considera para la implantación de tubería de subdrenaje, colocar una capa de material granular bien gradado para filtro con altura de 50 cm bajo la placa de fondo del tanque y en el fondo del dren se coloca geotextil tejido para evitar infiltración del agua recolectada. En la capa granular se coloca los drenes de tubería PVC perforada para subdrenaje de diámetro entre 150mm a 200" a una altura de 0.12 m de la parte inferior del tanque y con pendientes descritas en la Tabla 34. Después de realizar la compactación del material granular se colocará un replantillo de hormigón simple de una altura de 0.07 m, se muestra en Figura 34 y Figura 35



**Figura 33 Descripción De Las Capas Del Subdrenaje**  
 Fuente: INGECONSULT, 2021



**Figura 34 Tubería De Subdrenaje Llano Grande Alto Vista En Corte**  
 Fuente: INGECONSULT, 2021

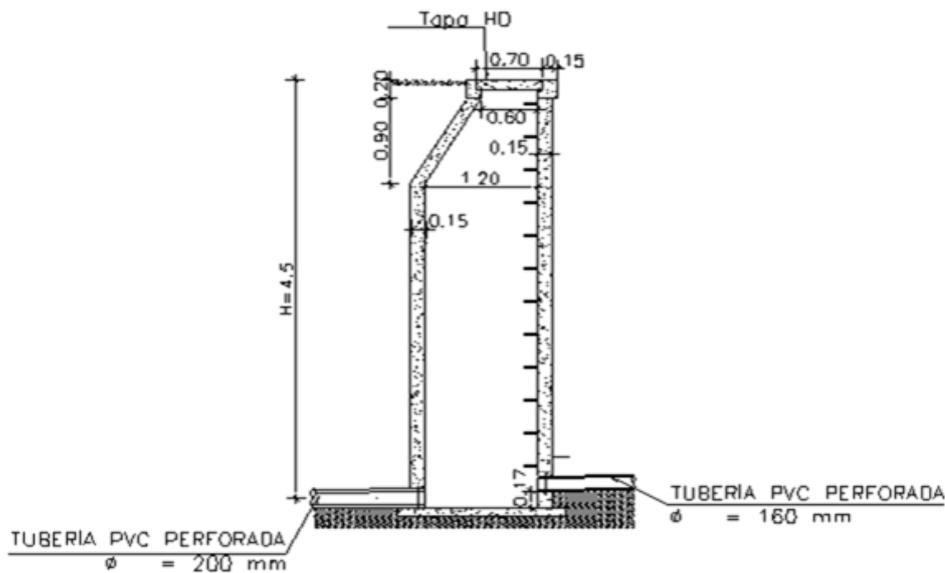
### 6.9.7 Pozo recolector de agua de subdrenaje

Para la recolección de agua de subdrenaje se ha proyectado un pozo de caída TIPO I, con saltos menores a 0,75m y diámetros hidráulicos de sección menor a 0,90m en Tabla 40 valores típicos de dimensiones de estructura del pozo de las Normas Alcantarillado EMAAP-Q.

**Tabla 40 Dimensiones De Pozo Recolector**

DIMENSIONES			
Cámara de caída	Dº Entrada	Diámetro del pozo	Altura de caída máxima
Tipo I(a)	< 0.90 m	1.20	0.50
Tipo I(b)		1.50	0.60
Tipo I(b)		1.80	0.75

Fuente: INGECONSULT, 2021



**Figura 35 Pozo de Subdrenaje Llano Grande Alto, vista en corte**

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.9.8 Ventilación en losa superior de tanque

Los tanques de almacenamiento deben proveerse de un sistema de ventilación equivalente o mayor al área de salida para suministro, está diseñada con una curvatura hacia abajo (denominada ventilación cuello de cisne) y protegida con malla de acero inoxidable con huecos de  $\varnothing \frac{1}{4}$ " y separados de la cubierta mínimo 30cm.

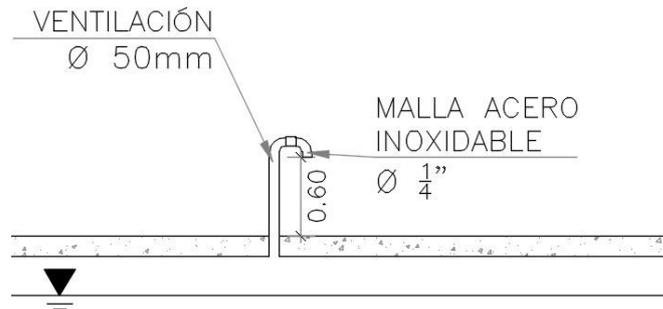


Figura 36 Ventilaciones Del Tanque Llano Grande Alto, Vista En Corte  
Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.9.9 Número de ventilaciones en cubierta

Se asume una velocidad de salida de aire para evitar ruido de  $V = 5 \text{ m/seg}$  y mediante la aplicación de continuidad se determina el área mínima requerida cuando ingrese el caudal máximo.

$$Q_{\text{ventilación}} = V * A = QmxD$$

Para estar por el lado de la seguridad y evitar posible contaminación auditiva, en los tanques de forma general se coloca un número mayor de tuberías que las determinadas mediante la ecuación de continuidad.

### 6.9.10 Boca de acceso con escalera vertical con protección de seguridad

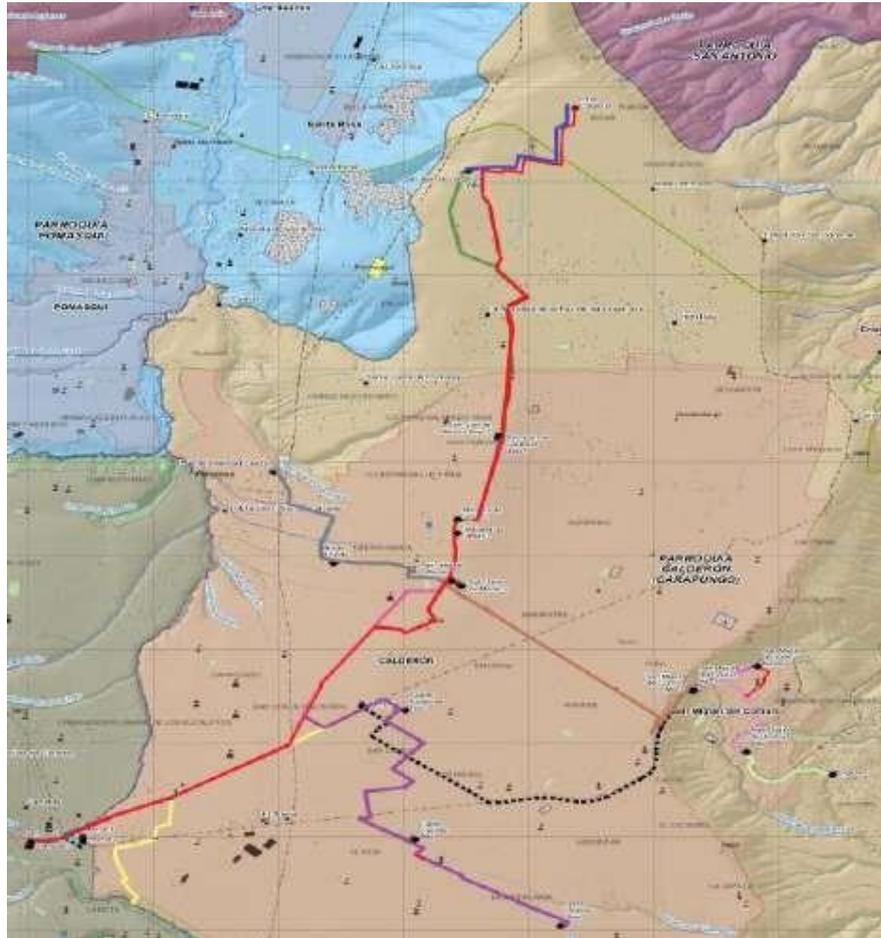
Cada tanque dispone de dos (2) bocas de acceso de 1,20m x 1,20m con escaleras fijas verticales para mantenimiento del módulo, el diseño contempla una protección perimetral mediante aros metálicos, para seguridad del usuario. Según la normativa las dimensiones son: ancho de 0,5m, distancia entre peldaños 0,3m y como la altura es mayor a de 4m se colocó una protección circulante (aros de protección) separados 0,80 entre sí.

## 6.10 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

### 6.10.1 Trazado de la línea de conducción

Debido al cambio del abastecimiento e inversión del flujo del agua potable al sistema, se requiere reforzar las conducciones existentes de tal manera que puedan cubrir las demandas de agua. Adicionalmente es necesario diseñar las partes del sistema donde no existe tubería (derivación hacia SMCA).

Toda la tubería nueva y de refuerzo, será de acero; e inicia con un diámetro de 800 mm desde la PTAP y termina su refuerzo un poco antes de la derivación a San José de Morán con un diámetro de 300 mm, desde este punto se prolonga la derivación hacia SMCA, con un diámetro de 150 mm. La implantación se puede observar en la siguiente figura:



Para el trazado de los refuerzos y tubería nueva de la línea de transmisión se considera:

- Limitar al mínimo el número de inflexiones del alineamiento de la tubería, tanto en vertical como en planta.
- Limitar las inflexiones a ángulos, de preferencia, menores a 45 grados.
- Evitar interferencias, como instalaciones sanitarias existentes, postes.
- Disminuir la afectación a la vía existente, interrupciones de tráfico, reposición de pavimento etc.
- Limitar la profundidad de excavación de zanja.
- Limitar la profundidad de excavación de zanja. Una excavación profunda incrementa su complejidad y costo. En el caso del presente proyecto, ubicado en una zona consolidada, la profundidad está gobernada por las instalaciones existentes. La profundidad máxima de zanja se encuentra en 4.20 m.

En la siguiente figura se presenta la implantación sobre la fotografía Google de las líneas de transmisión consideradas en el proyecto: líneas nuevas y líneas de refuerzo, así como también las líneas existentes



**Figura 37** Implantación de la línea de transmisión PTAP Calderón - Carretas

## 6.10.2 LÍNEA PRINCIPAL PTAP CALDERÓN- CARRETAS

Es la columna vertebral del proyecto, se proyecta en dirección Norte-Sur, iniciando en la nueva PTAP y termina en el tanque Carretas 2. En la siguiente figura se presenta el desarrollo de esta línea sobre la fotografía Google.

De esta línea principal se derivan y se alimenta el sistema completo de Calderón. Tiene una longitud de 13 km. La tubería inicia con un diámetro de 800 mm que se extiende más allá del desvío hacia San Juan de Calderón Alto, donde se encuentra con la tubería existente y disminuye su diámetro a 600 mm. A lo largo de su trayectoria el diámetro continúa reduciéndose, conforme a al requerimiento hidráulico, y termina el refuerzo en la abscisa 8+243, con un diámetro de 300 mm, donde se interconecta con la tubería existente de H.D. de 500 mm, el cual luego aumenta a 600 mm. hasta llegar a los tanques Carretas.

La línea se implanta por las calles existentes, paralelo a la tubería actual, exceptuando en:

- a) El tramo inicial, desde la PTAP a San Juan de Calderón Alto, donde no existe tubería. En este sector la tubería se implanta por los linderos de los predios existentes, minimizando las afectaciones, y por las calles que se están abriendo como fruto del desarrollo urbanístico actual.
- b) En el tramo entre Mariana de Jesús 2 y San José de Moran, sobre la tubería existente ya existen construcciones de casas, por lo que la tubería se implanta en una de las calles paralelas.
- c) Luego de la derivación a San José de Morán, el refuerzo se lo implanta por calles alternas (calles Cantabria y José Andrango para evitar inconvenientes durante la construcción, en dos de las calles más conflictivas en el tránsito vehicular: la calle de los Geranios y Carlos Mantilla).

En la Tabla 41 se detalla el resumen de la línea principal, y en la Figura 39 se muestra la implantación sobre la planimetría y el perfil hidráulico de la línea principal.

Tabla 41 Descripción de la Línea Principal

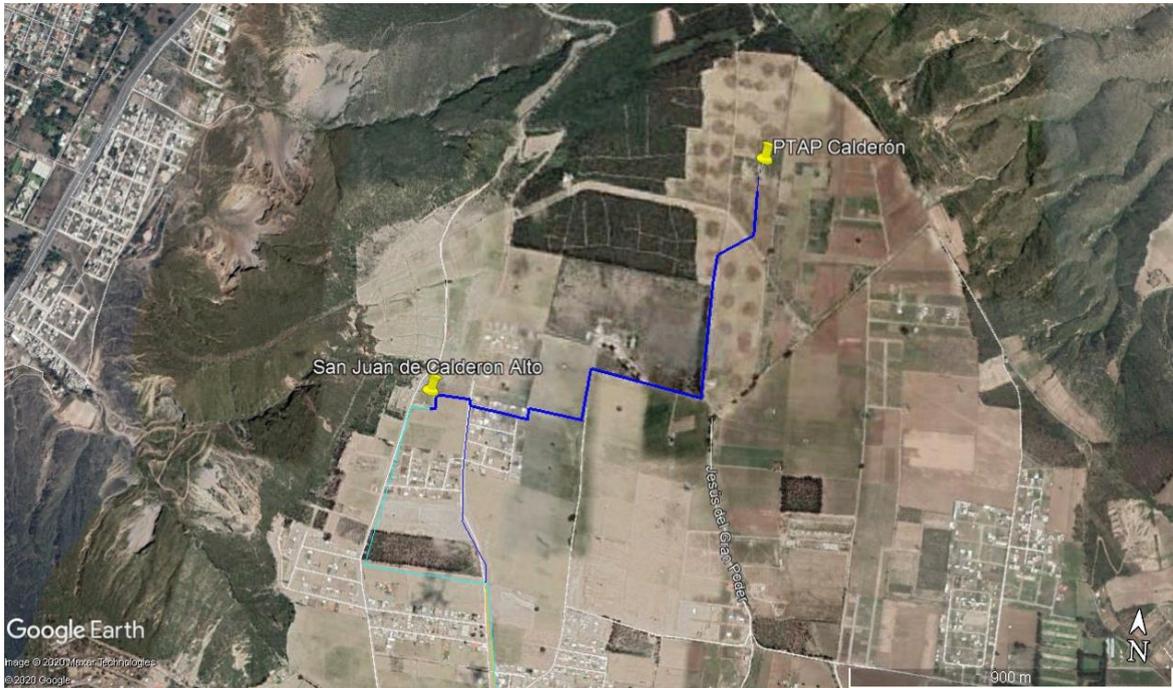
TRAMO	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	TIPO TUBERIA	DIAMETRO (mm)		Notas
				EXISTENTE (HIERRO DÚCTIL)	NUEVA/ REFUERZO (ACERO)	
1	0+000	1+946.25	NUEVA	-	800	Comprende el tramo entre el PTAP Calderón y cota 1+946.25 donde empieza la tubería existente junto con la tubería de Refuerzo
2	1+946.25	4+537.71	EXISTENTE + REFUERZO	300	800	Tramo comprendido entre el comienzo de la Tubería Existente hasta el Tanque San Juan de Calderón Bajo
3	4+537.71	5+606.77	EXISTENTE + REFUERZO	300	600	Tramo entre el Tanque San Juan de Calderón Bajo y Tanque Mariana de Jesús 1
4	5+606.77	5+755.79	EXISTENTE + REFUERZO	450	500	Tramo entre el Tanque Mariana de Jesús 1 y Tanque Mariana de Jesús 2
5	5+755.79	6+327.42	EXISTENTE + REFUERZO	450	450	Línea entre Tanque Mariana de Jesús 2 y la derivación al sistema San José de Morán
6	6+327.42	7+319.76	EXISTENTE + REFUERZO	450 500	300	Tramo comprendido entre la derivación al sistema San José de Morán y fin de la tubería de refuerzo
7	7+319.76	8+445.26	EXISTENTE	500	-	Tramo comprendido entre el fin de la tubería de refuerzo y la derivación de la línea principal al Tanque San Luis 1
8	8+445.26	10+793.26	EXISTENTE	500	-	Tramo comprendido entre la derivación de la línea principal al Tanque San Luis 1 y la derivación a los Tanques Arenal
9	10+793.26	11+095.38	EXISTENTE	600	-	Tramo comprendido entre la derivación de la línea principal a los Tanques Arenal y la derivación a los Tanques Carretas

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.10.3 LÍNEA PTAP CALDERÓN- SAN JUAN DE CALDERÓN ALTO

Esta línea se plantea expresa para el tanque de San Juan de Calderón Alto, se implanta en forma paralela a la tubería nueva que alimenta la línea principal. La salida principal del PTAP Calderón se realiza por la calle "Jesús del Gran Poder" En el km 1+628.07 se separan las tuberías provenientes del PTAP Calderón, una con dirección a San Juan de Calderón Alto y el otro con dirección a Carretas por la vía "24 de junio".

Dicha línea consta de una tubería de acero de 500 mm de diámetro, con una longitud de 2 km, en la Figura 39, se muestra la implantación de dicha línea.



**Figura 38 Implantación sobre la fotografía Google de la Línea de transmisión PTAP Calderón - SJCA**

Considerando las nuevas vías que se han abierto en los últimos meses, para el diseño definitivo, se ha modificado el trazado propuesto en la Fase de Factibilidad. El trazado de la línea de transmisión entre la PTAP Calderón y el tanque SJCA colocado sobre la fotografía Google se presenta en la siguiente Figura 40.



**Figura 39 Trazado de la línea de transmisión entre la PTAP Calderón y el tanque SJCA**

### 6.10.4 LÍNEA SAN JOSÉ DE MORÁN-BRISAS DEL NORTE-PLAN DE VIVIENDA ECUADOR

La línea empieza desde el tanque San José de Morán por la calle “De Los fundadores” gira en la calle “Carlos Mantilla” por aproximadamente 120 metros, y continua por la calle “las Viñas” (ver Figura 41) y continua por calles secundarias hasta finalmente llegar a la calle “Eloy Alfaro” hasta llegar al tanque Plan de Vivienda Ecuador.



Figura 40 Línea existente San José Morán – Plan de Vivienda Ecuador

En la Tabla 42 se describe dicha línea:

Tabla 42 Descripción De La Línea San José De Moran-Plan De Vivienda Ecuador

LINEA SECUNDARIA SAN JOSÉ DE MORÁN 2 A PLAN DE VIVIENDA ECUADOR						
TRAMO	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	TIPO TUBERIA	DIAMETRO (mm)		Notas
				EXISTENTE (PVC)	NUEVA/ REFUERZO	
1	0+000	1+210.12	EXISTENTE	200	-	Comprende el tramo entre el Tanque San José de Morán 2 hasta el Tanque Brisas del Norte

2	1+210.12	2+612.98	EXISTENTE	150	-	Comprende el tramo entre tanque Brisas del Norte hasta el Tanque Plan de Vivienda Ecuador
---	----------	----------	-----------	-----	---	---

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.10.5 LÍNEA SAN JOSÉ DE MORÁN-SAN MIGUEL DEL COMÚN ALTO

La línea inicia en la tubería de conducción PTAP Calderón antes de ingresar a los tanques San José de Morán (ver Figura 42), en la calle “De los Fundadores”, sigue por la “Avenida Cacha” y continúa por la misma hasta llegar a la carretera “Panamericana Norte”, aproximadamente a 435 metros se encuentra el Tanque San Miguel del Común Alto.

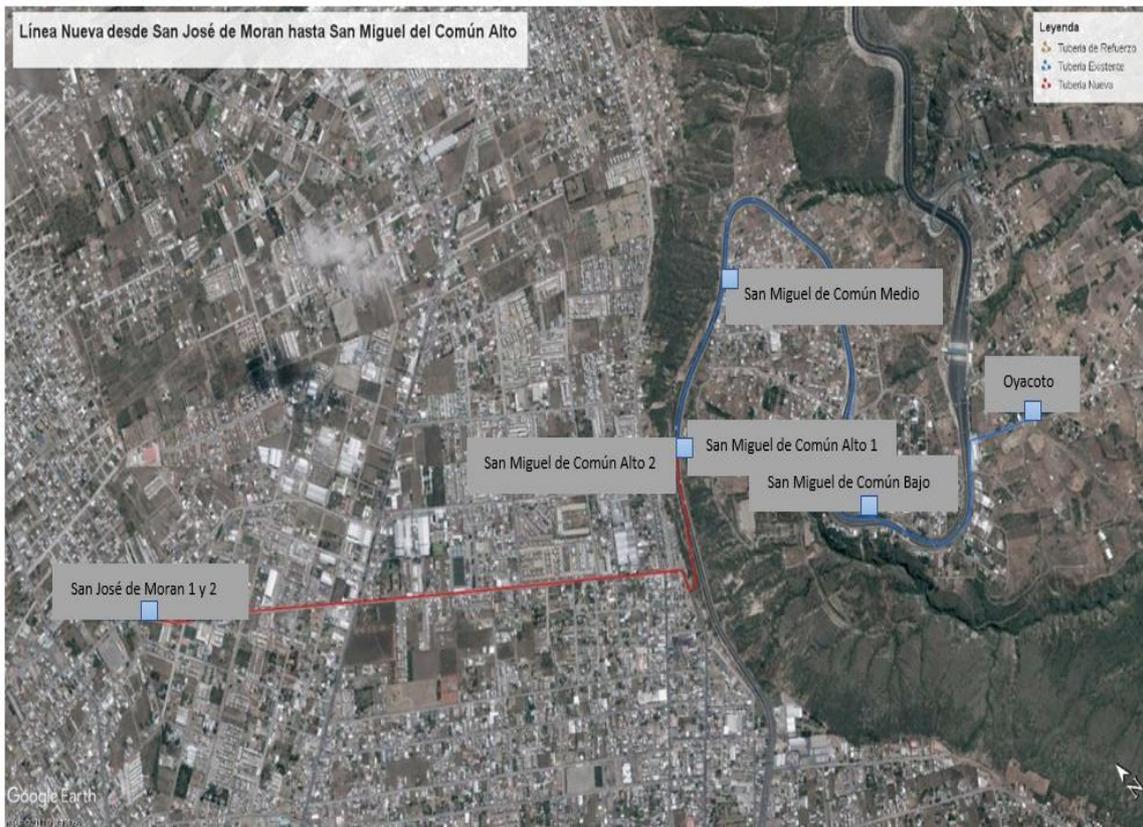


Figura 41 Implantación sobre la fotografía Google de la línea Nueva desde San José de Moran hasta San Miguel del Común Alto

Fuente: Google Earth

En la Tabla 43 se describe dicha línea:

**Tabla 43 Descripción de la línea San José de Moran-Plan San Miguel del Común**

LINEA SECUNDARIA SAN JOSÉ DE MORÁN 2 A SAN MIGUEL DEL COMÚN ALTO 1 Y 2						
TRAMO	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	TIPO TUBERIA	DIAMETRO (mm)		Notas
				EXISTENTE	NUEVA/ REFUERZO (ACERO)	
1	0+000.00	2+791.68	NUEVA	-	150	Comprende el tramo entre el Tanque San José de Morán 2 hasta los Tanques San Miguel del Común Alto, por la calle "Cacha" hasta llegar a la Panamericana.

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.10.6 DERIVACIÓN HACIA SAN LUIS/ LLANO GRANDE

En la abscisa 8+285 de la línea principal (PTAP Calderón – Carretas), comienza la línea secundaria hacia el Tanque Llano Grande Bajo (ver Figura 43). Inicia por la calle “Doral”, gira en la avenida “Giovanni Calles Lascano” hasta llegar a la calle “la Concordia”, donde se encuentra el Tanque Cuatro Esquinas No. 2. A continuación, la línea de conducción pasará por diferentes vías secundarias hasta llegar al Tanque Llano Grande Alto, las cuales son: calle N6b, calle de los Cipreses, calle Los Pinos, calle San Alfonso, calle Oe8l, la cual cruzando la carretera Panamericana Norte, encontraremos el Tanque Llano Grande Alto.



**Figura 42 Implantación sobre la fotografía Google de la línea Nueva desde 4 Esquinas 2 Llano hasta Llano Grande Alto**

Fuente: Google Earth

La línea a Llano grande Bajo (ver *Figura 43*), inicia en Llano Grande Alto se continua por la calle “N3d” hasta la avenida “Calixto Muzo”, la misma que llega hasta el Tanque Llano Grande Bajo.



**Figura 43: Implantación sobre la fotografía Google de la línea desde Llano Grande Alto hasta Llano Grande Bajo**

Fuente: Google Earth

En la Tabla 44 se describe dicha línea:

**Tabla 44 Descripción De La Línea A Llano Grande**

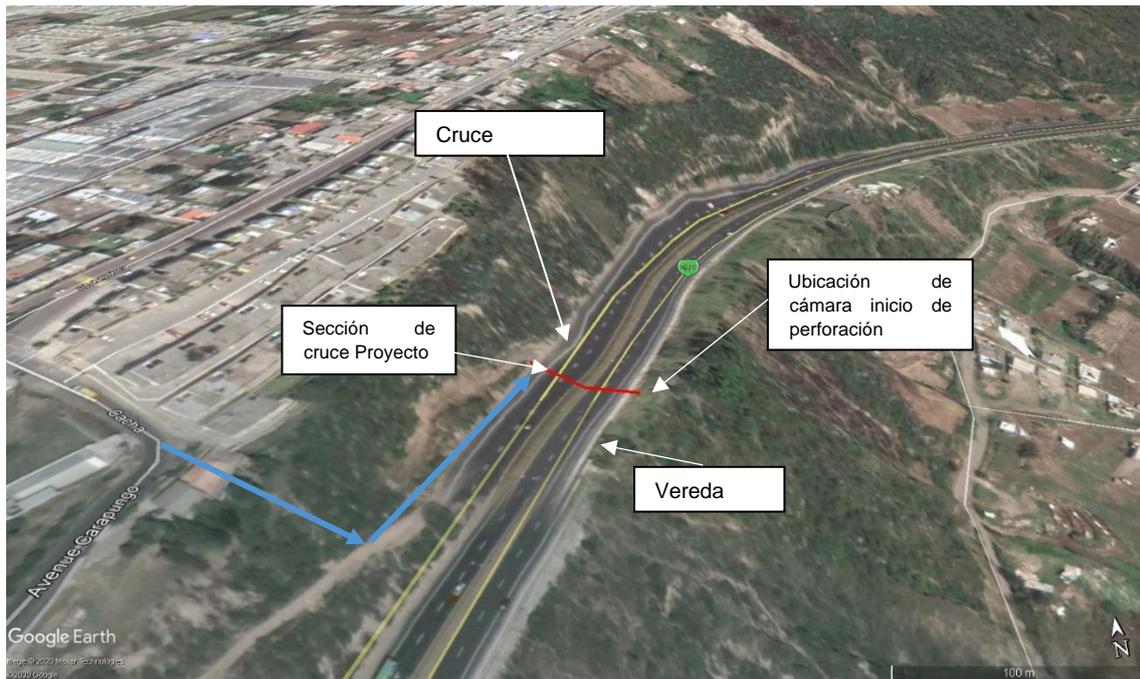
LINEA SECUNDARIA PTAP CALDERÓN A TANQUE CARRETAS 2 - ABS 8+285 A LLANO GRANDE						
TRAMO	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	TIPO TUBERIA	DIAMETRO (mm)		Notas
				EXISTENTE (HD/PVC)	NUEVA/ REFUERZO (ACERO)	
1	0+000.00	0+600.77	EXISTENTE + REFUERZO	350 HD	250	Comprende el tramo entre la abscisa 8+285.51 de la Línea Principal y el tanque San Luis 1
2	0+600.77	0+981.42	EXISTENTE	300 HD	-	Comprende el tramo entre el Tanque San Luis 1 y el Tanque Cuatro Esquinas No.2
3	0+981.42	3+310.64	EXISTENTE	300 HD	-	Comprende el tramo entre el Tanque 4 Esquinas No.2 y el Tanque Llano Grande Alto

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.10.7 Cruce de la Panamericana

La línea que baja desde San José de Morán hasta San Miguel de Común Alto (150 mm) cruza la Panamericana Norte. El proyecto prevé un cruce con perforación horizontal, de tal manera que no se afecte el tráfico en esta importante vía.

El cruce se inicia en la pequeña vía carrozable al pie del talud existente que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 44: Implantación sobre la fotografía Google de la sección de cruce bajo la Panamericana de la línea que baja desde SJM hacia SMCA**  
Fuente: Google Earth

El cruce se realizará paralelo al cruce existente de la línea de agua potable que viene desde San José de Morán hacia los tanques San Miguel de Común Alto y otros.

Existe disponibilidad de área para la implantación de la cámara de inicio de perforación en la zona lateral este de la Panamericana, quedando la cámara de salida de la perforación al pie del talud, bajo la vía secundaria. El cruce del proyecto entonces se ubicará paralelo al existente, hacia aguas abajo del mismo, debiéndose mantener una profundidad mínima de perforación de 4 m, para no interferir con las 2 tuberías de agua existentes que se desarrollan desde el cruce existente hacia el predio San Miguel de Común Alto.

### 6.10.8 Variante Línea a Llano Grande Alto

De acuerdo a las visitas técnicas e información proporcionada por personal de operación del sistema Calderón, se constató que actualmente el tanque ubicado en el predio Llano Grande Alto -LLGA- no recibe el caudal desde los tanques ubicados en

el predio Cuatro Esquinas, pues éstos alimentan exclusivamente a la red de distribución. Actualmente el tanque LLGA es alimentado desde la línea principal “El Carmen”. La derivación parte desde la calle “Las Lomas”, como se presenta en la siguiente figura:



Figura 45 Implantación del trazado línea LLGA (en rojo la tubería propuesta que actualmente se usa para red, en azul la tubería que actualmente se usa para alimentar a LLGA)

## 6.11 ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC) DE CAUDAL, PRESIÓN Y NIVEL DE TANQUES

Del catastro de los tanques se concluye que la configuración de las válvulas y tuberías del proyecto debe ser corregido para garantizar la fiabilidad del sistema durante la operación. Por otra parte, se debe pensar en la necesidad de garantizar el abastecimiento de agua durante la construcción, dejando los trabajos de empate de las tuberías para períodos cortos que se ejecutarán simultáneamente en varios sitios, puesto que será indispensable suspender el trabajo de las conducciones existentes y programar suspensiones del servicio de agua potable. Para esto, se han diseñado estructuras de control de caudal, presión y nivel de tanque conformadas por dos (2) ramales de igual capacidad, sistema en el que un ramal opera y el otro es de reserva, pudiendo operar los dos ramales al mismo tiempo en casos de contingencia.

La construcción de estructuras de control (EDC) listas para entrar en operación facilitará y simplificará los trabajos de interconexión. En los tanques en los que se vaya a añadir celdas adicionales la nueva celda y la EDC deberán estar habilitadas en los hitos (del cronograma) que señale el contrato de construcción, el tiempo que durará la interconexión de la línea de transmisión con el nuevo tanque deberá ser el menor posible. Al terminar las interconexiones las nuevas celdas de los tanques operarán con la EDC integrada al sistema de control y se podrá acometer las reparaciones de las celdas antiguas, el cambio de las válvulas que se encuentran en mal estado y los trabajos de cambio, reparación y pintado de tuberías.

Para definir si amerita o no la construcción de EDC en los tanques se han aplicado los siguientes criterios:

- Agrandar las estructuras existentes, de tal forma de aprovechar la infraestructura existente y contar con los elementos de control existentes.
- No interrumpir la operación de los existentes. La ubicación de las nuevas EDC's deberán permitir la operación de la infraestructura existente durante su construcción
- Disponibilidad de espacio para instalar las válvulas de control, instrumentación, tableros eléctricos, de control, etc.
- Los tanques que han sido implantados en diferentes ubicaciones y que alimentan conjuntamente a sectores comunes, dispondrán de EDC independientes equipadas con dos (redundancia 100 %) válvulas de regulación de caudales gemelas (SJM, SL, CU2).
- Los tanques construidos en la misma ubicación y que alimentan conjuntamente a sectores comunes, serán servidas por una sola EDC equipada con dos (redundancia 100 %) válvulas (A, MJ1).

Cada estructura de control está conformada por dos (2) ramales de igual capacidad, cada uno con los siguientes componentes (ver Figura 46).

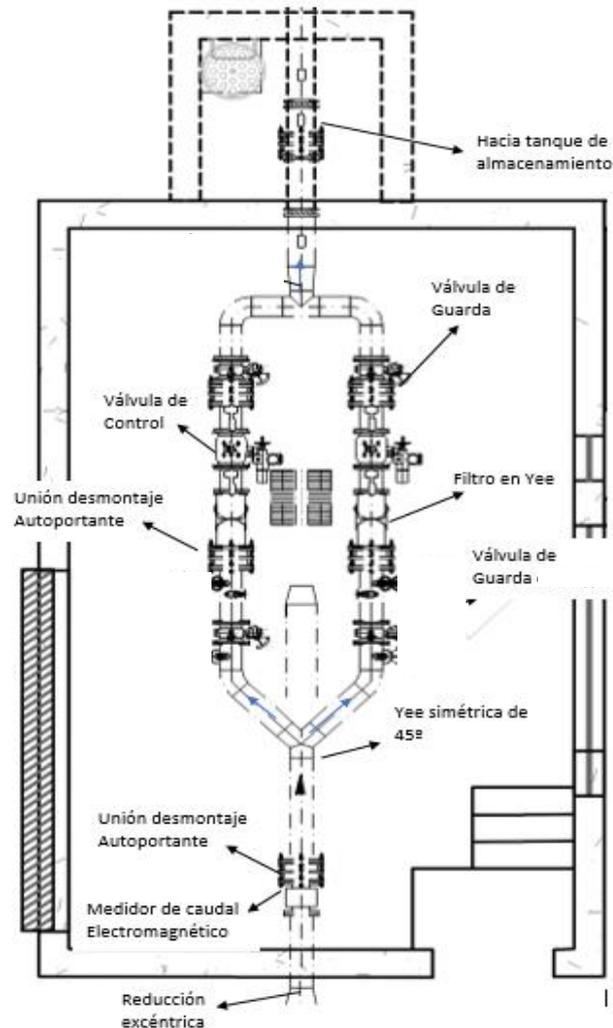


Figura 46 Configuración tipo de una Estructura de Control Vista en Planta

- Un (1) medidor de caudal electromagnético.

- Una (1) válvula de control (VCF), de caudal, presión y nivel de tanque.
- Dos (2) Medidores de presión (manómetros) uno aguas arriba y otras aguas abajo de la VCF
- Dos (2) válvulas de guarda tipo mariposa, instaladas aguas arriba y otras aguas abajo de la VCF.
- Un (1) filtro en línea localizado aguas arriba de la VCF.
- Una tubería de interconexión de los dos ramales de la EDC, con su respectiva válvula de corte tipo mariposa.

Las estructuras de control (EDC) dispondrán de un sistema de subdrenaje similar al diseñado para la ampliación de los tanques.

Cada estructura de control dispondrá de un espacio adecuado para los tableros de control y banco de baterías y accesos adecuados.

Aplicando los criterios mencionados el proyecto presenta el diseño de 18 EDC para los correspondientes 18 predios en los que se ubican los tanques de almacenamiento de agua potable que dan el servicio a la zona de estudio.

En el caso de los tanques de El Arenal, ubicados a diferente nivel se demolerá el tanque que actualmente está deshabilitado y se construirá uno con la misma cota del que está operativo y con la capacidad requerida determinada en la sección con una sola EDC.

Cada EDC dispondrá de un sistema redundante de ingreso y regulación de caudales. Cada ramal estará equipado con la válvula reguladora de caudal tipo paso anular con actuador eléctrico, acompañada por dos válvulas de guardia manuales, tipo mariposa, especificación AWWA C504, que servirán para el mantenimiento de los accesorios de cada ramal. Para el control del caudal se instalará en cada ramal un medidor electromagnético de flujo que enviará la señal al PLC local del sistema de control creando un lazo de control para mantener los caudales que el SCADA solicite. Los niveles máximos y mínimos se establecen conforme a la siguiente tabla.

**Tabla 45: Nivel mínimo de operación para considerar el volumen inactivo**

TANQUES	Diámetro de salida (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Fr	S/D	S (m)	Nivel Mínimo de Operación (msnm)	Nivel Máximo de Operación (msnm)
Arenal 1	0.45	77.87	0.49	0.23	1.50	0.675	2689.87	2692.92
Arenal 2	0.45	77.87	0.49	0.23	1.50	0.675	2690.08	2692.92
Brisas	0.25	25.41	0.52	0.33	1.16	0.290	2655.54	2657.63
Carretas 1	0.35	59.39	0.62	0.33	1.17	0.408	2726.73	2728.77
Carretas 2	0.35	59.39	0.62	0.33	1.17	0.408	2725.45	2728.77
Cuatro Esquinas No 2	0.50	201.07	1.02	0.46	1.42	0.712	2685.71	2689.52
Llano Grande Alto	0.30	45.9	0.65	0.38	1.26	0.377	2648.21	2651.73
Llano Grande Bajo	0.35	38.11	0.40	0.21	1.50	0.525	2602.68	2606.27

TANQUES	Diámetro de salida (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Fr	S/D	S (m)	Nivel Mínimo de Operación (msnm)	Nivel Máximo de Operación (msnm)
Mariana de Jesús 1	0.35	86.34	0.90	0.48	1.47	0.514	2763.70	2766.85
Mariana de Jesús 1A	0.35	86.34	0.90	0.48			2763.70	2766.85
Mariana de Jesús 2	0.60	172.68	0.61	0.25	1.00	0.602	2762.90	2766.85
Oyacoto	0.15	14.07	0.80	0.66	1.81	0.272	2406.95	2409.33
Plan de Vivienda Ecuador	0.20	14.07	0.45	0.32	1.14	0.228	2565.39	2567.83
SJM1	0.30	134.18	1.90	1.11	2.71	0.814	2725.60	2728.53
SJM2	0.60	134.18	0.47	0.20	1.50	0.900	2724.84	2728.49
SJCA	0.35	108.05	1.12	0.61	1.71	0.599	2849.06	2851.98
San Juan de Calderón Bajo 1	0.20	19.66	0.63	0.45	1.39	0.279	2810.24	2812.72
San Juan de Calderón Bajo 2	0.40	19.66	0.16	0.08	1.50	0.600	2808.76	2812.93
San Luis	0.35	19.66	0.20	0.11	1.50	0.525	2686.34	2689.5
San Miguel del Común Alto	0.15	9.29	0.53	0.43	1.37	0.205	2614.55	2617.32
San Miguel del Común Alto 2	0.15	9.29	0.53	0.43	1.37	0.21	2614.43	2617.32
San Miguel del Común Bajo	0.15	10.17	0.58	0.47	1.45	0.217	2487.42	2489.9
San Miguel del Común Medio	0.15	7.98	0.45	0.37	1.24	0.187	2571.79	2574.19

Elaboración: INGECONSULT, 2021

Todas las tuberías de los ramales de las EDC serán de acero y cumplirán la especificación AWWA C-200 o similar. Dispondrán de juntas rígidas de desmontaje para las principales válvulas y uniones bridadas.

La obra civil tipo para cada EDC se presenta en la siguiente figura. En su interior se ha previsto un espacio exclusivo para la instalación de las válvulas en un nivel inferior, aproximadamente 1,60m bajo el nivel del suelo, y una zona de acceso vehicular, ligeramente más alta, implantada al nivel de la vía de acceso, que permitirá el ingreso del balde de una camioneta de una tonelada de capacidad para el almacenamiento temporal y montaje de las válvulas, tuberías y accesorios, que serán manipuladas mediante un pórtico grúa manual que cubrirá toda el área de la cámara.

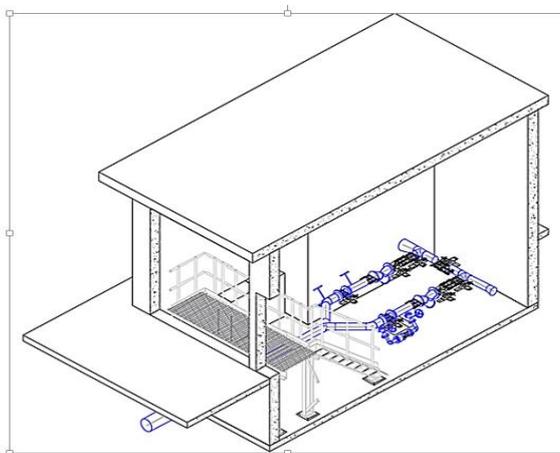


Figura 47 Configuración tipo de una Estructura de Control Vista en Planta

## 6.12 MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

La modelación hidráulica del sistema, permite evaluar hidráulicamente los diferentes escenarios que se pueden presentar durante la vida útil del proyecto. Esto permite garantizar que el diseño cumple con los objetivos del proyecto.

Adicionalmente al diseño del sistema de agua potable, el modelo final, también permitirá durante la operación: resolver problemas que ocurran durante la operación, proponer cambios en la operación, prepararse para eventos de racionalización o emergentes e inclusive se puede utilizar para entrenar a los operadores.

### 6.12.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- CAUDALES

Para la modelación se utilizaron las demandas obtenidas en el estudio de demandas futuras. Para poder realizar el modelo se discretizó en cuatro tipos de caudales:

□ **Q1: Caudales Regulados por la válvula de ingreso (FCV)** Es el caudal de ingreso a los tanques regulados por una válvula de control de flujo (FCV). Este caudal corresponde al caudal máximo diario constante, que requiere el tanque que es abastecido para satisfacer la demanda del sector y tanques servidos.

□ **Q2: Caudales que ingresan al tanque.** Se refiere al caudal neto que ingresa a cada tanque. En el caso de los sectores con más de un tanque, debido a que las longitudes y el trazado de las tuberías difieren entre tanques, los caudales que ingresan a cada tanque difieren un poco.

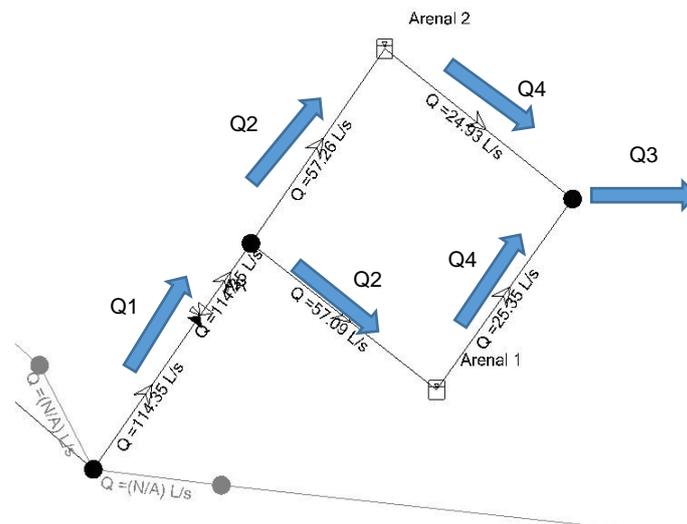


Figura 48 Esquematización De La Salida A Redes De Los Tanques: Arenal 1 Y 2  
Fuente: INGECONSULT, 2021

□ **Q3: Caudales de demanda del Sector:** Corresponde al caudal de demanda total servido por sector. Este caudal es variable y se lo simula, para

el periodo extendido (EPS Extended Period Simulation), conforme a la curva de modelación de cada sector (Cada sector está servido al menos de un tanque. Dicho caudal se lo coloca en un nodo el cual se abastece desde todos los tanques del sector. Con dicha modelación los niveles en los tanques se vinculan.

□ **Q4: Caudales que salen del tanque.** Corresponde al caudal de demanda de cada tanque, existen sectores con más de un tanque. En dichos casos el nudo de demanda se une a la salida de los tanques. Las tuberías de salidas de los tanques permiten velocidades bajas de tal forma que se minimicen las pérdidas. Esto resulta en que el caudal de salida de cada tanque dependa en su mayoría (ya que las pérdidas no se eliminan por completo) de la altura del tanque.

En la tabla 47, se muestran los caudales descritos para el caso del sector Arenal; el caudal de ingreso corresponde al caudal de la FCV, y se divide la diferencia entre los caudales de ingreso al tanque y los de salida.

**Ingreso a tanques:** El llenado de los tanques se lo realiza por encima, para esto se coloca la altura de ingreso de los tanques conforme a los diseños geométricos de tanque.

**Geometría de los tanques:** Las dimensiones, área y volumen de los tanques se extrajo de los diseños de los tanques.

**Volumen útil de los tanques:** Para determinar el volumen de los tanques se estimó el cálculo de la sumergencia mínima que garantice una operación a presión, eliminando la introducción de aire y/o la presencia de vórtices o remolinos que podrían llegar a afectar el normal funcionamiento de la conducción. En la literatura técnica se proponen las siguientes ecuaciones para estimar una sumergencia mínima<sup>7</sup>:

$$S/D=1.5 \text{ para } F<0.25$$

$$S/S=2 * F + 0.5 \text{ para } F > 0.25$$

Donde;

S = Sumergencia mínima ver Figura 34, medida desde el eje de la tubería (m).

D = Diámetro de la tubería (m).

F = Número de Froude

---

<sup>7</sup> Dam Hydraulics D. L. Vischer W. H. Hager VAW, ETH, Zurich, Suiza

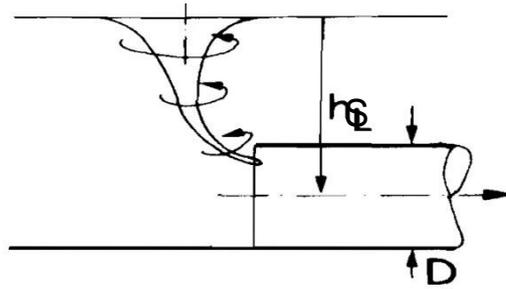


Figura 49 Definición De Sumergencia Mínima

En la Tabla 47, se muestran los resultados del nivel mínimo de operación para considerar el volumen inactivo.

Tabla 46 Nivel Mínimo de Operación para considerar El Volumen Inactivo

TANQUES	Diámetro de salida (m)	Q <sub>MAX</sub> 2050					Nivel Mínimo de Operación (msnm)	Nivel Máximo de Operación (msnm)
		Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Fr	S/D	S (m)		
Arenal 1	0.25	80.94	1.65	1.05	2.61	0.65	2695.90	2699.65
Arenal 2	0.45	236.69	1.49	0.71	1.92	0.86	2696.31	2699.65
Brisas	0.15	25.41	1.44	1.19	2.87	0.43	2660.58	2662.80
Carretas 1	0.30	14.53	0.21	0.12	1.50	0.45	2730.75	2735.10
Carretas 2	0.35	104.25	1.08	0.58	1.67	0.58	2730.93	2735.10
Cuatro Esquinas No 2	0.60	364.74	1.29	0.53	1.56	0.94	2694.54	2697.35
Llano Grande Alto	0.30	45.90	0.65	0.38	1.26	0.38	2652.68	2656.70
Llano Grande Bajo	0.30	38.11	0.54	0.31	1.13	0.34	2605.64	2609.65
Mariana de Jesús 1	0.30	80.47	1.14	0.66	1.83	0.55	2767.85	2770.90
Mariana de Jesús 2	0.60	425.83	1.51	0.62	1.74	1.05	2768.65	2770.90
Oyacoto	0.15	14.07	0.80	0.66	1.81	0.27	2407.42	2410.67
Plan de Vivienda Ecuador	0.15	5.84	0.33	0.27	1.04	0.16	2572.31	2575.05
San José de Morán 1	0.30	104.42	1.48	0.86	2.22	0.67	2736.97	2740.45
San José de Morán 2	0.60	372.77	1.32	0.54	1.59	0.95	2737.55	2740.45
San Juan de Calderón Alto	0.35	266.62	2.77	1.50	3.49	1.22	2849.57	2853.20
San Juan de Calderón Bajo 1	0.20	52.25	1.66	1.19	2.88	0.58	2809.78	2812.15
San Juan de Calderón Bajo 2	0.40	91.57	0.73	0.37	1.24	0.49	2809.89	2812.15
San Luis	0.35	37.41	0.39	0.21	1.50	0.53	2693.88	2697.35
San Miguel del Común Alto	0.15	18.58	1.05	0.87	2.23	0.34	2619.49	2621.90
San Miguel del Común Bajo	0.15	10.17	0.58	0.47	1.45	0.22	2480.37	2483.62
San Miguel del Común Medio	0.15	7.98	0.45	0.37	1.24	0.19	2570.34	2573.60

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### Válvulas de Control (FCV)

Los datos de coeficientes de descarga, diámetros y curvas de cierre de las válvulas fueron obtenidos de catálogos de fabricantes.

#### *Reservorios*

La PTAP Calderón, y los tanques que sirven de cabecera para alimentar el sistema Calderón fueron modelados como reservorios para garantizar el nivel constante en los tanques.

#### *Tuberías*

Los diámetros de las tuberías nuevas fueron seleccionados en base a los resultados de la modelación numérica. Los trazados se han definido en función de la disponibilidad de espacio. Los coeficientes de rugosidad absoluta utilizados consideran el material y revestimiento interno.

#### *Nomenclatura*

La nomenclatura, así como detalles de selecciones y perfiles utilizados en el modelo se muestra en el volumen correspondiente al Diseño Hidráulico – Modelación numérica.

## 6.13 FLUJO PERMANENTE

Los sistemas actuales ya fueron revisados durante las etapas anteriores, en el presente informe se hace énfasis únicamente al escenario de diseño: tanques abastecidos desde la nueva PTAP Calderón.

Se evalúan dos escenarios:

- Escenario 1: Demanda al inicio del proyecto año 2025
- Escenario 2: Demanda al final del periodo de diseño: 2050

Se han incluido en la simulación el efecto de los accesorios y válvulas de regulación de caudales con sus respectivos coeficientes de pérdida.

Como resultados principales se muestran en la Tabla 48 referente a las condiciones de las válvulas de control de flujo. Las tablas de resultados de todas las válvulas, nudos y tuberías se encuentran en el Informe de Diseño Hidráulico y Planos correspondientes. Los tanques están diseñados para absorber la variabilidad diaria en la demanda. Considerando una operación normal, no se espera reboses ni vaciados.

Los controles de niveles permitirán detectar operaciones extraordinarias o casos de emergencia y deberán:

- Cerrar el ingreso de agua al tanque, en caso que se supere el nivel máximo.
- Cerrar la válvula de salida del tanque en caso de el nivel sea menor que el mínimo permitido.
- En caso de que el sensor de velocidad aguas abajo del tanque registre una velocidad mayor a 5 m/s, se cerrará la válvula de salida.

Tabla 47 Condiciones de operación de las válvulas de control de flujo

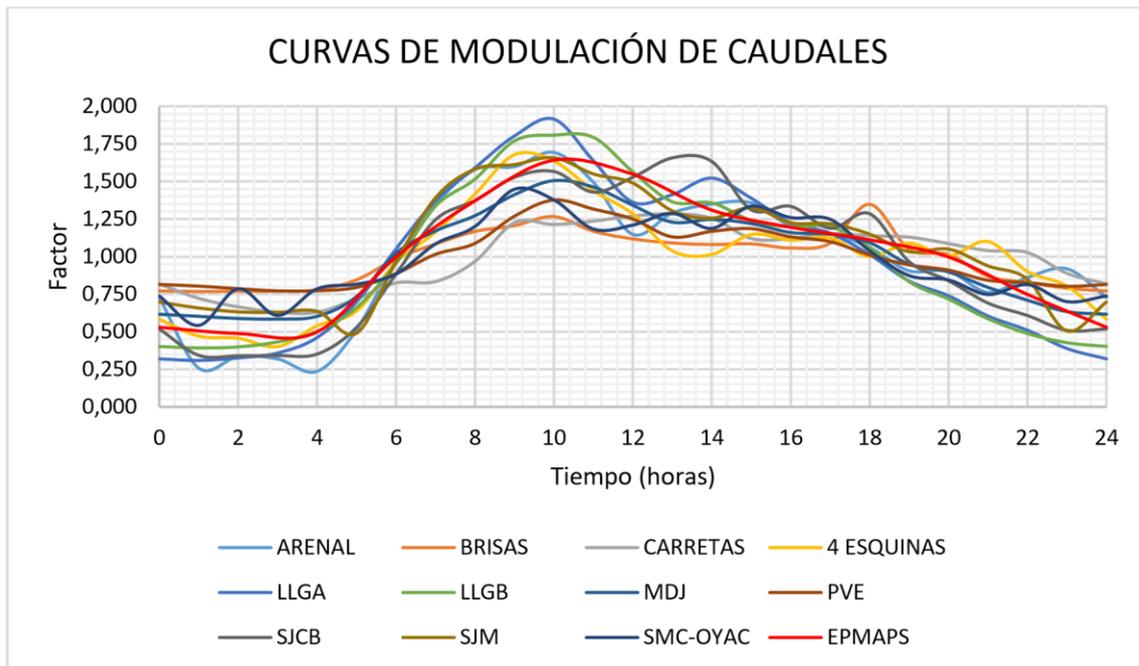
Control de Flujo														
ID	Cantidad	Cota (msnm)	D (mm) de la tubería en la que va instalada	Pd (presión máxima de diseño mca)	QMIN (apertura 40%)					QMAX (apertura 60%)				
					Qmin (l/s)	P1(mca)	P2(mca)	DP(mca)	$\sigma_{-1}$	Qmx (l/s)	P1(mca)	P2 (mca)	DP(mca)	$\sigma_{-1}$
A	2	2689.22	250.00	220.8	70.77	133.64	3.12	130.52	0.08	114.35	64.11	3.16	60.95	0.17
Br	2	2655.11	150.00	74.8	14.2	70.38	2.15	68.23	0.13	22.94	67.81	2.18	65.63	0.14
Cr	2	2724.87	250.00	185.1	53.97	98.08	3.38	94.7	0.11	87.21	28.58	3.61	24.97	0.42
Cu-E2	2	2684.77	300.00	225.2	129.53	132.33	3.69	128.64	0.08	209.3	53.83	3.98	49.85	0.22
LLGA	2	2647.83	200.00	41.9	38.17	37.63	3.66	33.97	0.31	61.68	33.85	3.9	29.95	0.36
LLGB	2	2602.34	150.00	50.5	17.31	46.68	3.65	43.03	0.25	27.98	45.02	3.77	41.25	0.26
MJ1	2	2763.15	200.00	146.9	78.46	83.32	3.25	80.07	0.13	126.78	50.57	3.43	47.14	0.22
MJ2	2	2761.85	250.00	148.2	78.46	83.95	4.34	79.61	0.14	126.78	50.17	5.32	44.85	0.27
Oya	2	2406.68	100.00	85.5	6.39	80.88	2.43	78.45	0.12	10.33	79.27	2.45	76.82	0.12
PVE	2	2565.23	100.00	94.9	2.65	91.06	2.48	88.58	0.11	4.28	90.67	2.48	88.19	0.11
SJCA	2	2847.84	250.00	62.2	116.95	18.88	3.2	15.68	0.65	200.3	16.66	3.57	13.09	0.81
SJCB	2	2809.66	250.00	100.3	17.87	43.04	2.57	40.47	0.24	28.87	19.73	2.63	17.1	0.56
SJM1	2	2724.93	250.00	185.1	60.97	118.32	2.95	115.37	0.09	98.51	80.75	3	77.75	0.13
SJM2	2	2723.89	250.00	186.1	75.17	119.22	3.51	115.71	0.09	121.45	81.44	3.57	77.87	0.14
SL	2	2685.81	300.00	224.2	91.37	137.52	3.11	134.41	0.08	147.62	68.84	3.14	65.7	0.15
SMCA	2	2614.21	150.00	295.8	23.09	196.28	2.75	193.53	0.05	37.3	109.86	2.86	107	0.09
SMCB	2	2487.20	100.00	89.4	11.02	82.95	2.58	80.37	0.12	17.8	78.77	2.69	76.08	0.13
SMCM	2	2571.60	150.00	47.6	14.65	40.7	2.58	38.12	0.25	23.66	35.13	2.82	32.31	0.30

Tanques que No son alimentados directamente de la línea principal, por lo que sus presiones son menores

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 6.13.1 PERIODO EXTENDIDO

La simulación en tiempo extendido permite ver cómo reacciona el sistema con la variación de demanda y si tienen la capacidad de proveer niveles aceptables de servicio durante un periodo de tiempo. Para la presente modelación se usó una semana como periodo de análisis. Al tener un periodo extendido lo suficientemente largo, permite evaluar el sistema de tal forma que las condiciones iniciales no sean relevantes (nivel de inicio del tanque, por ejemplo). En la Figura 51 se muestran los valores de las curvas de modulación de demanda de los tanques.



**Figura 50 Curva de Modulación de Caudales**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

Como resultado principal de la modelación de flujo permanente se tienen los diámetros y longitudes de los refuerzos, así como las presiones dinámicas de diseño (sin contar transientes).

**Tabla 48 Ramales De Refuerzo**

Descripción	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Espesor (mm)
Línea Nueva Planta Tratamiento Calderón hasta San Juan de Calderón Alto	acero	500	1724.7	8.74
Línea Nueva desde la Planta Tratamiento Calderón hasta el Inicio de la Tubería de Refuerzo	acero	800	2612.6	8.74
Refuerzo desde la unión de la Tubería Nueva con la Existente hasta Marianas de Jesús 1	acero	600	3242.8	8.74
Refuerzo entre Mariana de Jesús 1 y Mariana de Jesús 2	acero	500	156.5	8.74

Descripción	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Espesor (mm)
Refuerzo entre Mariana de Jesús 2 y San José de Moran	acero	450	585.9	8.74
Refuerzo desde la Línea Principal hasta San Luis 1	acero	400	687.8	8.74
Tramo nuevo en línea SMCM-SMCB	acero	200	541.9	8.74
Línea Nueva desde Der- Línea Principal en San José de Moran hasta San Miguel del Común Alto	acero	150	3814.6	8.74

Fuente: INGECONSULT, 2021

Adicionalmente se obtienen los rangos de operación de las válvulas de control de flujo.

Los resultados de todas las válvulas se muestran en los anexos digitales.

Para el periodo extendido se utilizó el escenario de diseño, el sistema siendo abastecido desde la PTAP. En la figura 35 se muestran los resultados de porcentaje de volúmenes de los tanques, se observan que los tanques tienen la capacidad suficiente.

**Figura 51** Resultados De Porcentajes De Llenado De Tanques (Simulación En Tiempo Extendido: 7Días)  
Fuente: INGECONSULT, 2021

## 6.14 MODELACIÓN HIDRÁULICA CON FLUJO NO PERMANENTE

El análisis con flujo no permanente, o transitorio, permite definir el comportamiento de la línea de transmisión en presencia de cambios violentos o bruscos de las características del flujo en el tiempo. Estos cambios pueden ser generados por la operación de los equipos de regulación o por eventos no previstos o catastróficos como roturas de la tubería.

El análisis de transitorios en la red de distribución principal para la parroquia Calderón permitirá conocer fundamentalmente si los tiempos de cierre o apertura de válvulas principales producen sobrepresiones mayores a las admisibles para la tubería cuando esta transporta el caudal de diseño máximo de diseño, y la evolución de la onda a lo largo de los diferentes ramales.

- **ESCENARIOS ADOPTADOS PARA LA SIMULACIÓN NUMÉRICA CON FLUJO NO PERMANENTE**

Dentro del presente estudio de flujo no permanente, se toma en consideración el efecto atenuante de la onda de sobrepresión que producen los diferentes ramales de derivación, que conjuntamente con los tanques de reserva actúan como sistemas de chimeneas de equilibrio que reducen el efecto de golpe de ariete.

Durante la fase de Factibilidad se modelaron más de 6 escenarios, en los cuales se determina que las condiciones más graves se presentan en los siguientes escenarios:

- Escenario 1 de Cierre: Cuando se cierra la válvula de control de flujo con el mayor periodo de línea, la cual corresponde a la válvula de Carretas que es la más lejana.
- Escenario 2 de Apertura/Desagüe emergente por rotura o desacople (tubería Hierro Dúctil) de tubería en el punto más bajo de la conducción.

En los anexos digitales, se entregan todas las modelaciones realizadas durante la consultoría.

- **PARÁMETROS DE ENTRADA ADOPTADOS PARA LA SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL SISTEMA CON FLUJO NO PERMANENTE**

La conducción del agua tratada en la PTAP Calderón utilizará la red existente actual, la cual ha sido reforzada con el objetivo que muestre la calidad y capacidad de transportar el caudal de consumo hacia el final del periodo de diseño. La red está conformada por tuberías de acero, hierro dúctil y PVC. Además, las derivaciones que conducen el agua hacia los tanques de reserva cuentan con dispositivos de control.

El caudal de derivación hacia los tanques de reserva es controlado por medio de válvulas de regulación.

- **VÁLVULAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL**

La regulación de los caudales en la red de distribución principal, se realiza con la operación de válvulas de control de flujo (FCV) previstas a la entrada de cada tanque de reserva. La curva característica utilizada para la modelación para este tipo de válvula es la siguiente:

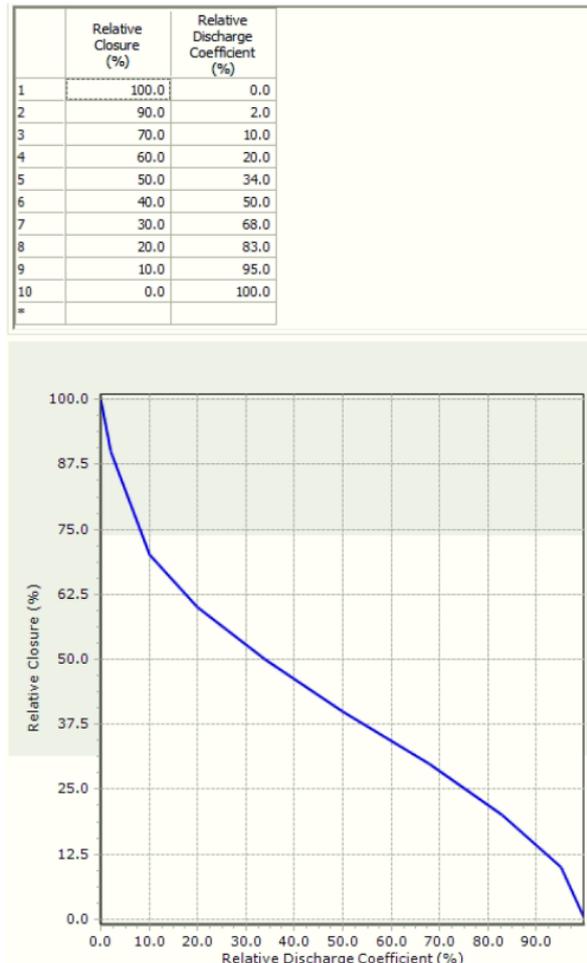


Figura 52 Curva Característica Para La Válvula Tipo  
Fuente: INGECONSULT, 2021

- **VÁLVULAS DE SALIDA DE LA PTAP CALDERÓN Y VÁLVULA SECCIONADORA EN LA RED**

Las válvulas de salida de la PTAP Calderón y la válvula seccionadora son de tipo mariposa, utilizadas ya sea abiertas al 100% o cerradas al 100%. Cuando la válvula está completamente abierta el orificio por el cual fluye el agua queda dividido por la pantalla de cierre de la válvula, por lo que inclusive estando 100% abierta produce pérdidas de carga.

- **METODOLOGÍA DE CÁLCULO**

El análisis en flujo NO permanente se realiza utilizando el software Bentley HAMMER V8i. Dicho análisis permite conocer las variaciones de velocidad, caudal y presión a lo largo de un transitorio hidráulico. Por lo tanto, este análisis permite definir reglas de apertura y cierre de válvulas que garanticen la integridad del sistema.

La esquematización de la red incorpora elementos como reservorios, tanques, válvulas de control de flujo y seccionadoras. Para la simulación numérica del flujo no permanente se ha considerado en los escenarios antes descritos los siguientes aspectos:

- Las condiciones iniciales parten del estudio de la red en flujo permanente.
- Los niveles en reservorios y tanques están definidos previamente
- El análisis de coeficientes de pérdidas tanto por fricción como locales se definen en el estudio de flujo permanente.
- Se adopta un patrón de comportamiento de cierre y de apertura de las válvulas, con un tiempo suficiente para reducir los valores máximos y mínimos del transiente.

## 6.15 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN CON EL FLUJO NO PERMANENTE

### 6.15.1 CIERRE: ESCENARIO 1

El escenario No. 1 simula los fenómenos transitorios que ocurren debido al cierre de la válvula de control de flujo de los tanques Carretas. Se observa que la sobrepresión producida no excede los valores de la presión estática del sistema (Tanque Collaloma), y no se producen presiones negativas.

#### Patrón de Cierre de las válvulas de regulación de los tanques de reserva:

Después de analizar varios patrones y tiempos de apertura de la válvula de regulación, se ha estimado un tiempo de operación de dichas válvulas de 3 min.



Figura 53 Patrón de Cierre de la válvula

A continuación, se muestra la envolvente de presiones a lo largo del perfil. En la Figura 54 se puede apreciar en la gráfica la envolvente de presiones en sus valores máximos llega a los de presión estática, y en los valores mínimos no alcanza presiones negativas.

Los resultados de las válvulas, nudos y tuberías se encuentran en el anexo digital.

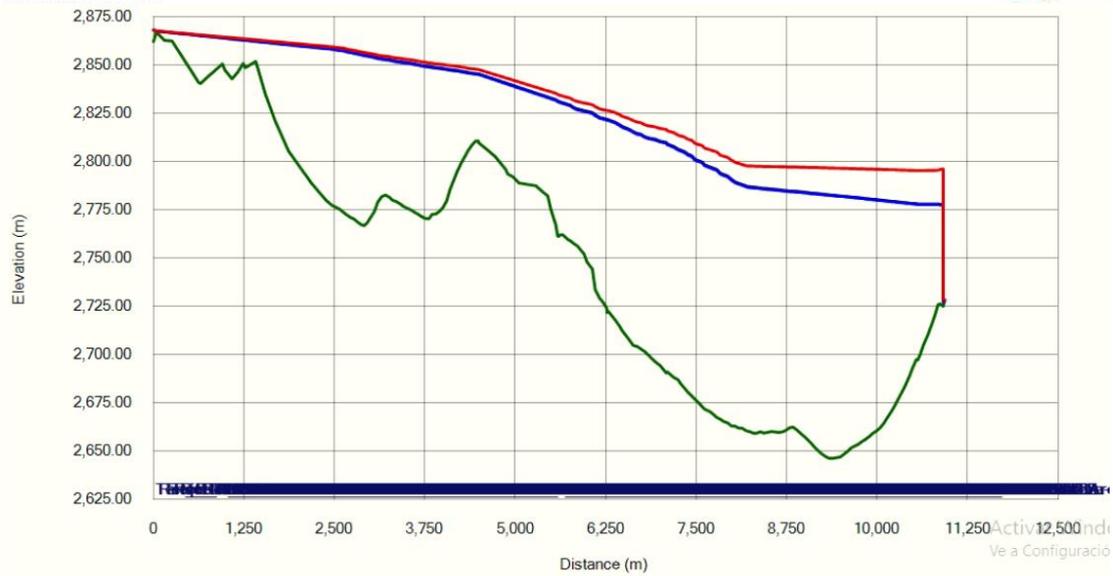


Figura 54. Envoltorio de presiones para la operación de cierre válvula en tanques Carretas

### 6.15.2 DESAGÜE: ESCENARIO 2

El escenario No. 2 simula los fenómenos transitorios que ocurren debido al desagüe emergente de la línea debido a una ruptura en la parte más baja de la conducción. En dicho escenario, es imperante la activación de las válvulas de aire de tal manera que la línea piezométrica no se corte y genere presiones negativas. En la **Figura 55** se muestra la envoltorio de presiones.

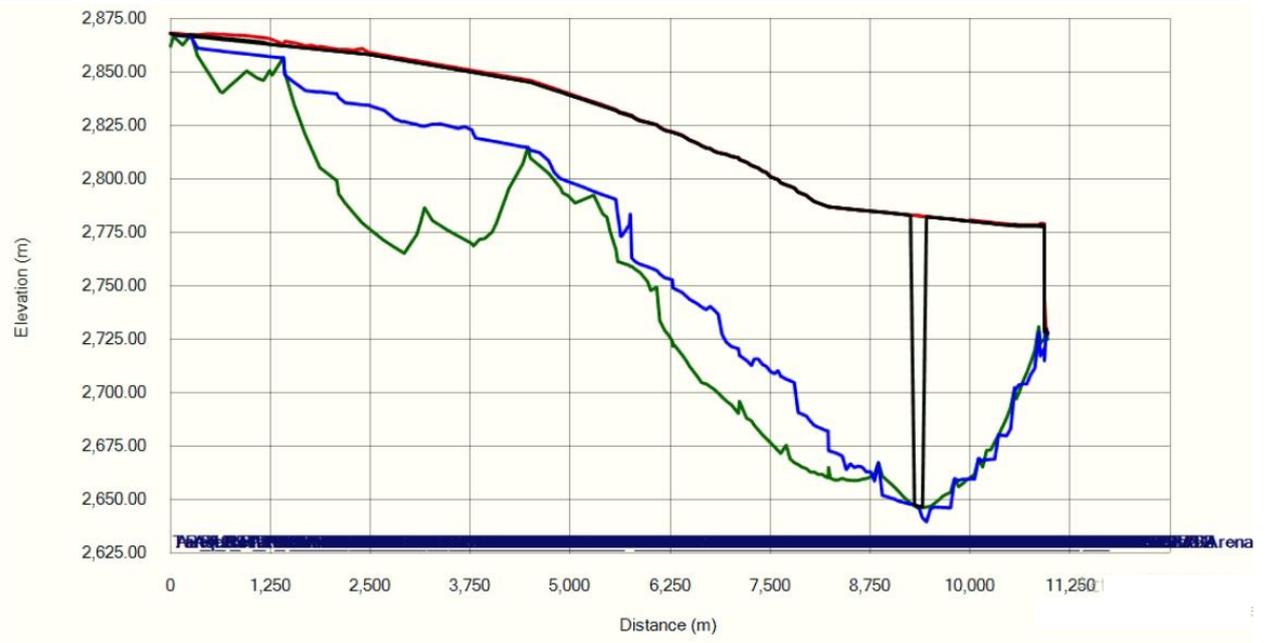


Figura 55. Envoltorio de presiones para la operación de ruptura de tubería

Los resultados de las válvulas, nudos y tuberías se encuentran en el anexo digital: Anexo\_1\_Mod\_Lin.

### 6.15.3 CONCLUSIONES MODELACIÓN DE FLUJO NO PERMANENTE

- La maniobra de cierre y apertura para las válvulas seccionadoras no debe ser menor a 5 min.
- La maniobra de apertura y cierre de las válvulas de no deben durar menos de 5 min.
- Para el caso de las presiones positivas, la presión estática de prueba de la tubería impone la presión de diseño colocando el nivel piezométrico en la cota 2908 m.s.n.m. En el caso de la presión negativa se presentan cerca de la rotura y se controlan con las válvulas de aire de tal forma que no sean menores al valor de presión de vapor (-7.36 m.c.a)

### 6.16 CAMBIO DE VÁLVULAS DE SALIDA EN LOS TANQUES EXISTENTES

En los tanques existentes se instalarán válvulas tipo mariposa, electroactuadas, en la cabecera de las conducciones a las redes de distribución y en las conducciones a los tanques de los subsistemas que de ellos se derivan (tuberías de salida). Estas válvulas serán integradas al sistema SCADA y se dispondrá sensores de sobrevelocidad en las tuberías vecinas que permitirán detectar velocidades anómalas para ordenar el cierre.

También se ha previsto en las cámaras de válvulas existentes junto a los tanques, el reemplazo de las válvulas mariposa manuales de ¼ de vuelta y las válvulas de compuerta de las tuberías de entrada y salida a tanques por válvulas mariposa manuales con desmultiplicadores (norma AWWA C504 o similar), de modo que faciliten la operación.

Se reemplazarán las válvulas de los desagües de fondo de los tanques por válvulas mariposa manuales con desmultiplicadores (norma AWWA C504 o similar).

Como parte de los trabajos se prevé el desmontaje de los ramales de bypass que existen en los tanques San José de Morán 1 y 2, Marianas 1 y 2, 4 Esquinas 1 y 2, y las válvulas Monovar ubicadas en las vías de acceso a los tanques San José de Morán y Marianas. También se desmontará la válvula disipadora Singer ubicada en el ramal de entrada a los tanques en San José de Morán.

Con el nuevo esquema también se eliminará el sistema de bombeo existente entre los tanques ubicados en Mariana de Jesús y San Juan de Calderón Bajo. La **Tabla 49** resume la cantidad de válvulas mariposa con desmultiplicador a reemplazar en las cámaras de los tanques existentes. El reemplazo de estas válvulas es común en dos alternativas. El detalle de la ubicación de las válvulas reemplazadas se presenta en el Volumen 7b Equipamiento Mecánico.

**Tabla 49: Válvulas mariposa a colocar en cámaras existentes por tanque.**

Diámetro (mm)	Cantidad (#)
100	6
150	30

Diámetro (mm)	Cantidad (#)
200	8
250	15
300	9
350	7
400	3
450	1
500	4
600	4

Fuente: INGECONSULT, 2021

## 6.17 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE VÁLVULAS

En el presente informe se reportan los requerimientos hidráulicos para la correcta selección de válvulas, el diseño de estos elementos se lo muestra en el anexo Mecánico.

### 6.17.1 VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO O CORTE EN LÍNEA PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN PRINCIPAL Y DERIVACIONES HACIA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Las válvulas de seccionamiento o corte en línea del proyecto, se requieren para aislar tramos de la línea de transmisión y/o derivaciones, en caso de ser necesaria su intervención, para efectos de mantenimiento y su función es permanecer siempre totalmente abiertas o totalmente cerradas. Se han localizado sobre la línea de transmisión principal, y en el inicio de las derivaciones hacia los tanques.

Las válvulas de corte o seccionamiento con diámetros mayores a 400 mm, estarán equipadas con un sistema de Bypass de llenado, de acuerdo con lo establecido por las Normas de diseño de la EMAAP-Q y con válvulas de admisión y expulsión de aire instaladas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de las mismas (ver Figura 57 y Figura 58)

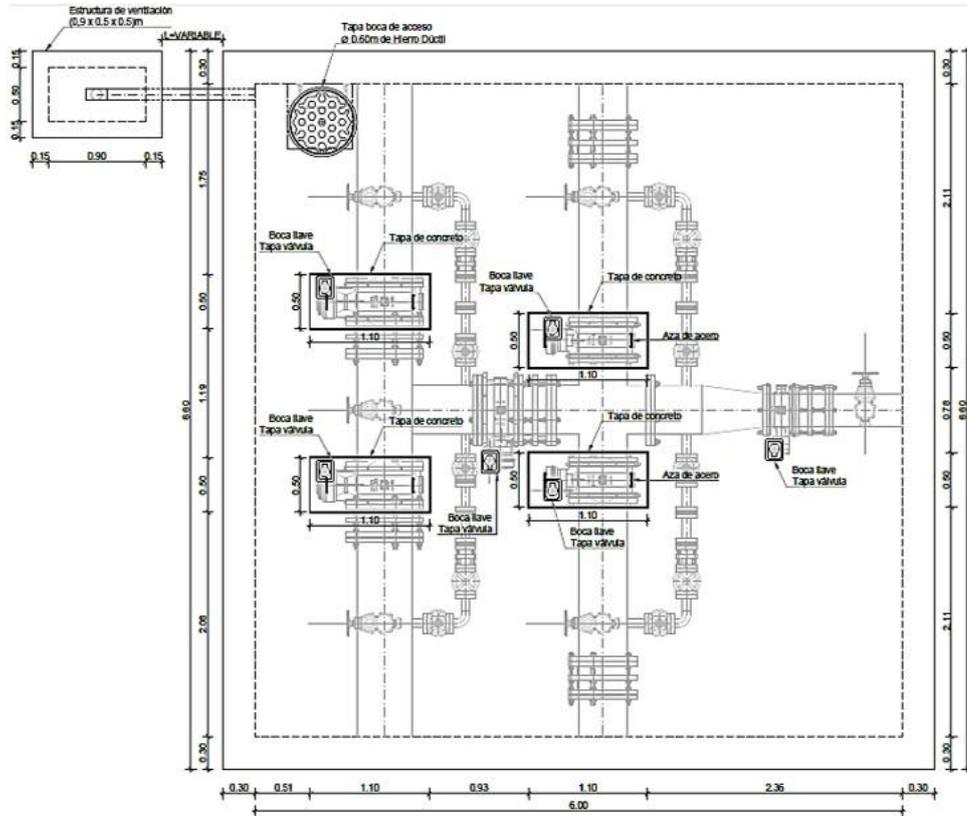
### 6.17.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE VÁLVULAS

Las válvulas de corte en línea serán de tipo mariposa, con doble excentricidad y extremos bridados, de acuerdo con lo establecido en las Normas EMAAP-Q y en el estándar AWWA C-504, con su respectiva unión de desmontaje auto portante del mismo.

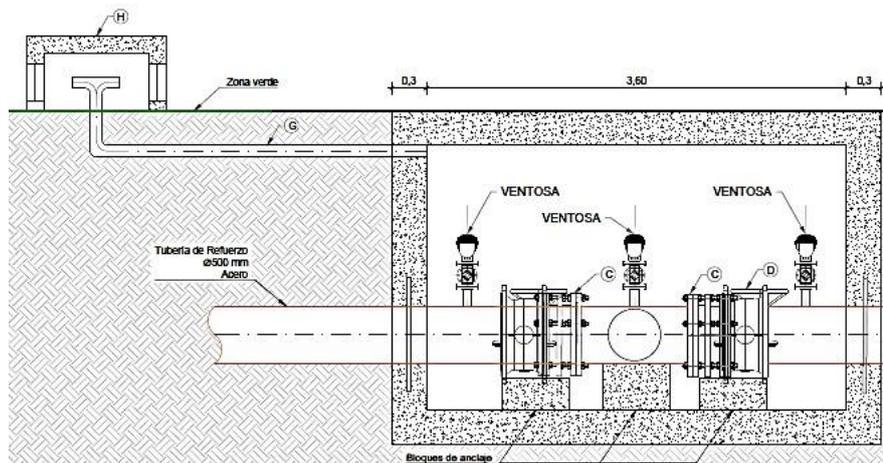
Se descartan las válvulas de compuerta por sus evidentes desventajas con relación a las válvulas de mariposa, que se indican a continuación:

- Ocupan mayor espacio
- Tienen mayor longitud entre bridas
- Tienen mayor peso que las válvulas de mariposa
- Requieren mayor torque en los actuadores
- Sufren mayor desgaste

En la Figura 58 se muestran la implantación y el corte de las cámaras de válvulas propuestas.



**Figura 56 Planta Cámara De Válvulas**  
Fuente: INGECONSULT, 2021



**Figura 57 Corte Cámara De Válvulas**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.17.3 VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE (VENTOSAS)

Las válvulas de aire son dispositivos mecánicos imprescindibles en conducciones con flujo a presión, pues la acumulación de aire puede afectar el flujo del agua y en algunos casos llegar a producir accidentes destructivos.

Las válvulas de ventosa se especifican básicamente considerando tres aspectos:

- Para eliminar el aire que se acumula en los puntos altos de la tubería.
- Para permitir el ingreso de aire a la tubería, cuando ésta está siendo drenada, o en caso de contingencia de rotura de la misma.
- Para permitir la salida de aire a la tubería durante la operación llenado de la misma.

La tubería dispondrá de válvulas de admisión y expulsión de aire de triple acción, de acuerdo a lo dispuesto en el manual M51 AWWA: Las válvulas de admisión y expulsión de aire (ventosas) se dimensionaron según los criterios establecidos por la Normas de diseño de sistemas de agua potable de la EMAAPQ, habiéndose realizado los siguientes análisis:

- Análisis de la remoción hidráulica del aire.
- Análisis para la condición de llenado de la tubería.
- Análisis para la condición de operación de las purgas y adicionalmente.
- Análisis del caso de rotura de la tubería en los puntos más bajos de la conducción.

#### 6.17.4 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE

En la Tabla 51 se resume la ubicación en abscisa y cota de las válvulas de aire previstas a lo largo de los diferentes perfiles que conforman la línea de transmisión del proyecto Redes Calderón, así como los caudales de aire requeridos para la operación de llenado y de rotura de la conducción.

**Tabla 50 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil Calderón  
Derivación – Llano Grande Bajo En La Línea De Transmisión Del  
Proyecto Redes Calderón**

No	Absc.	Cota	Caudal de Rotura m <sup>3</sup> /s
VA 1	+757.16	2693.7	
VA 2	1+011.68	2687.9	0.24
VA 3	1+640.71	2669.6	0.24
VA 4	2+389.97	2661.5	0.16
VA 5	2+579.08	2661.9	0.18
VA 6	3+242.15	2650.3	0.14
VA 7	3+836.38	2634.7	0.14
VA 8	4+357.47	2623.0	0.13

Fuente: INGECONSULT, 2021

**Tabla 51 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil PTAP Calderón – San José – San Juan De Calderón Alto En La Línea De Transmisión Del Proyecto Redes Calderón**

No	Absc.	Cota	Caudal de llenado m <sup>3</sup> /s	Caudal de Rotura m <sup>3</sup> /s
VA 1	227.378	2859.5	0.0135	1.24
VA 2	910.656	2850.1	0.0135	1.16
VA 3	1196.245	2849.7	0.0135	1.38
VA 4	1357.163	2850.6	0.0135	1.03
VA 5	1406.414	2852.7	0.0135	1.76
VA 6	1488.1	2850	0.0135	1.61

Fuente: INGECONSULT, 2021

**Tabla 52 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil PTAP Calderón – Carretas 2 En La Línea De Transmisión Del Proyecto Redes Calderón**

No	Absc.	Cota	Caudal de llenado m <sup>3</sup> /s	Caudal de Rotura m <sup>3</sup> /s
VA 1	+3.15	2869.6	0.06	3.46
VA 2	+257.37	2867.5	0.06	4.00
VA 3	+952.09	2857.3	0.06	3.76
VA 4	1+237.68	2857.0	0.06	4.48
VA 5	1+398.6	2857.8	0.06	5.30
VA 6	2+607.4	2781.3	0.06	4.84
VA 7	3+166.52	2788.3	0.06	6.63
VA 8	4+084.68	2786.3	0.06	6.85
VA 9	4+530.71	2817.3	0.06	6.85
VA 10	5+331.43	2795.4	0.06	4.40
VA 11	5+649.99	2768.6	0.06	4.40
VA 12	5+928.63	2765.9	0.06	1.43
VA 13	6+770.08	2729.5	0.06	0.52
VA 14	7+325.03	2698.5	0.06	0.46
VA 15	7+967.36	2676.9	0.06	1.00
VA 16	8+457.85	2667.0	0.06	0.81
VA 17	9+059.67	2669.6	0.06	0.97
VA 18	9+780.	2655.1	0.06	1.25
VA 19	9+976.13	2660.1	0.06	1.24
VA 20	10+473.08	2679.1	0.06	1.82
VA 21	10+979.07	2719.4	0.06	1.82

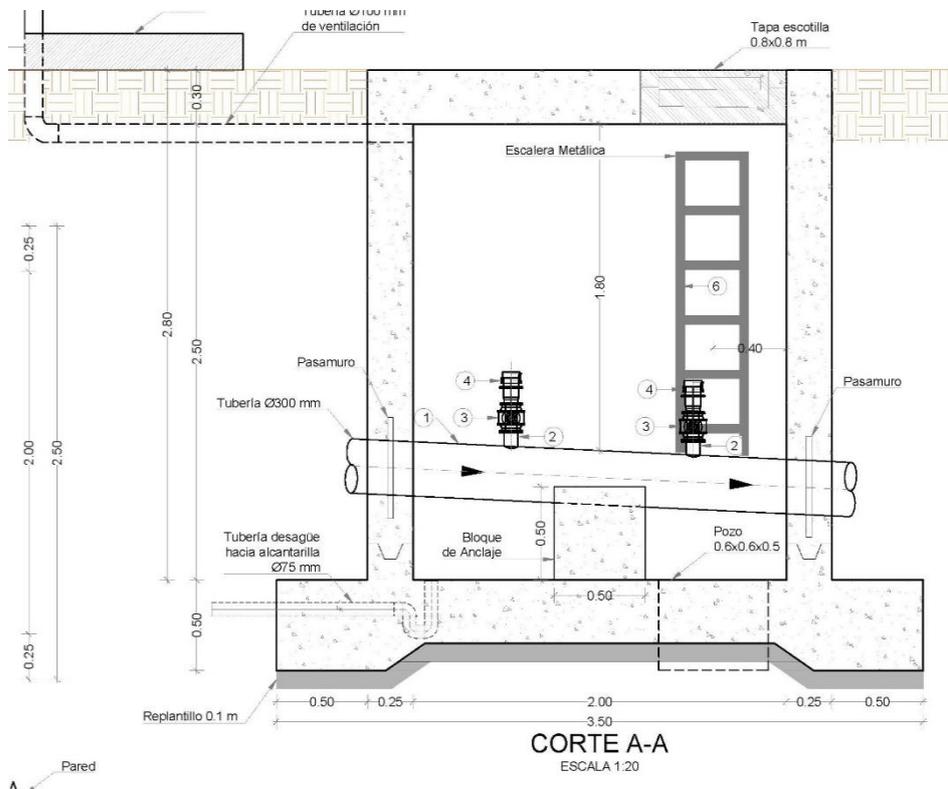
Fuente: INGECONSULT, 2021

**Tabla 53 Cálculo Del Caudal De Aire Necesario Para El Perfil San José De Morán 2 – San Miguel Del Común Alto En La Línea De Transmisión Del Proyecto Redes Calderón**

No	Absc.	Cota	Caudal de llenado m <sup>3</sup> /s	Caudal de Rotura m <sup>3</sup> /s
VA 1	+	2726.3	0.0017	0.34
VA 3	+194.06	2730.2	0.0017	0.59
VA 4	+330.37	2729.2	0.0017	0.67
VA 5	1+009.69	2690.3	0.0017	0.05
VA 6	1+559.7	2685.0	0.0017	0.02
VA 7	2+164.96	2684.8	0.0017	0.13
VA 8	2+249.26	2674.9	0.0017	0.12
VA 9	2+329.49	2673.5	0.0017	0.00

Fuente: INGECONSULT, 2021

Cada una de las válvulas de aire se dispondrán al interior de su correspondiente cámara de válvula de aire, cuyo esquema general se presenta en las siguientes figuras:



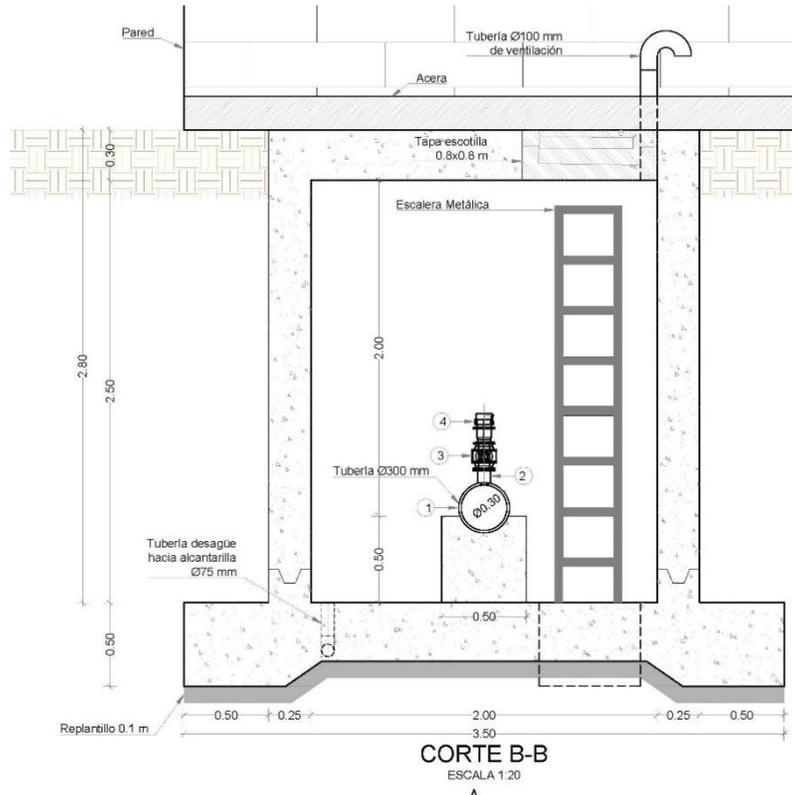


Figura 58 Perfil Longitudinal Y Transversal De La Cámara De Válvulas De Aire  
Fuente: INGECONSULT, 2021

### 6.17.5 CÁLCULO DE LAS VÁLVULAS DE DRENAJE O PURGA

En todos los puntos bajos de la tubería se previó la instalación de purgas, para facilitar el drenaje de la misma. El caso más general es cuando el punto más bajo queda localizado entre dos puntos altos (2 ventosas), situación en la que se analiza la operación de la purga respecto a los puntos altos situados aguas arriba y agua abajo del sitio de la purga, calculándose las diferencias de alturas de cada punto alto. En las tablas siguientes se detallan los datos hidráulicos para las válvulas de desagüe, en el anexo Mecánico se diseñan las válvulas.

A continuación, se indica el análisis para cada válvula de desagüe del sistema:

Tabla 54: Desagües ubicados en el proyecto

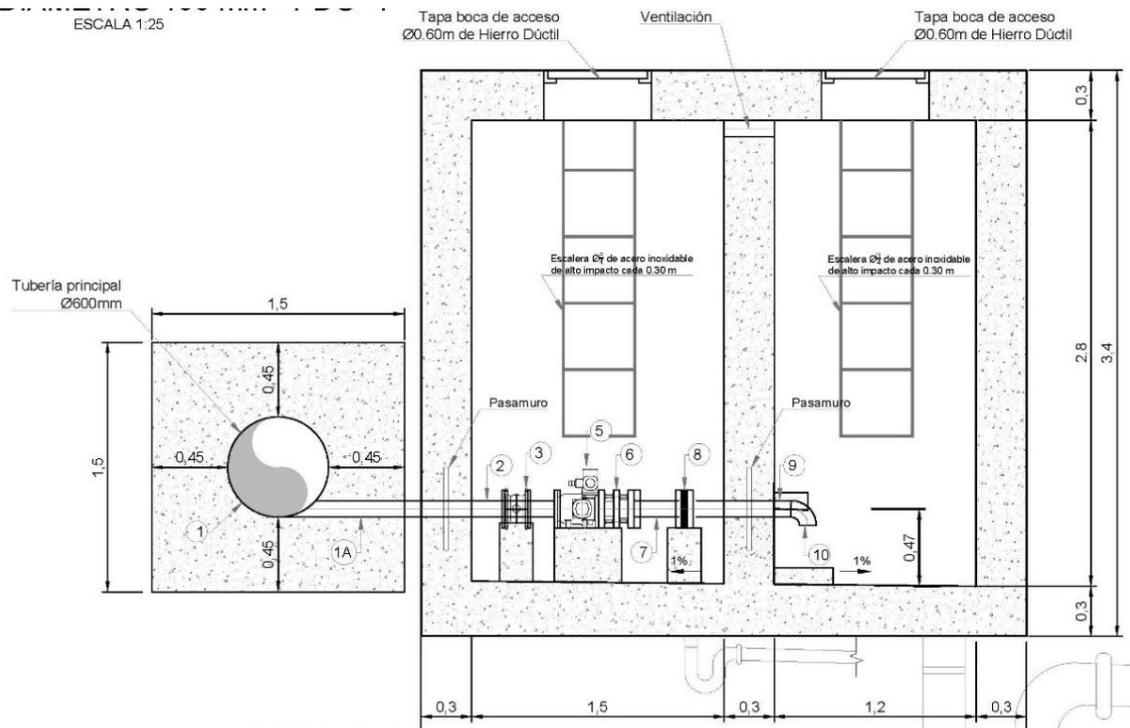
	Label	Cota	Presión Estática (mca)	Presión de operación (mca)	Q (m3/s)	Diámetro tubería principal
Línea Principal	VD1	2,840.46	69.54	25.37	0.08	800
	VD2	2,842.72	67.28	8.35	0.08	800
	VD3	2,765.23	144.77	17.13	0.08	800
	VD_4	2,768.64	141.36	44.66	0.08	800
Línea PTAP_SJCA	VD1_SJCA	2,840.46	69.54	25.37	0.08	500
	VD2_SJCA	2,842.72	67.28	8.35	0.08	500
SMCA-OY	VD1_SMCA	2,680.25	229.75	45.94	0.04	150
	VD1_SMCM	2,559.50	17.10	17.1	0.04	200

Se debe considerar que todas las descargas deber ser realizadas hacia sistemas de alcantarillado existentes en la zona, por lo cual el caudal de descarga se ha limitado a un máximo de 80 l/s en el caso de las tuberías más grandes y de 40 l/s en el caso de las tuberías más pequeñas. Dicho caudal se ha comparado con los datos recolectados de topografía y se encuentra que el alcantarillado de menor capacidad se encontraría en la VD3, de la cual se comprueba que su capacidad es superior a la requerida (ver *Tabla 55*)

**Tabla 55: Capacidad mínima hidráulica de alcantarillado**

Válvulas De Desagüe	Aguas Arriba					Aguas Abajo					
	Pozo	Diámetro (Mm)	Cota Fondo	Cota Tapa	L (M)	Pozo	Diámetro (Mm)	Cota Fondo	Cota Tapa	Pendiente	Q Max (M3/S)
Vd3	Pz2	330	2765.13	2768	47.5	Pz3	330	2770	2768.42	0.0421	0.203

Con dicho caudal la velocidad de salida se garantiza menor a 10 m/s, adicionalmente en las cámaras de desagüe se ha dispuesto de válvulas reductoras de presión (ver Anexo Mecánico) de tal forma de entregar el agua sin afectar al sistema de alcantarillado.



**Figura 59. Corte de la cámara tipo para la válvula de desagüe con tubería de descarga**

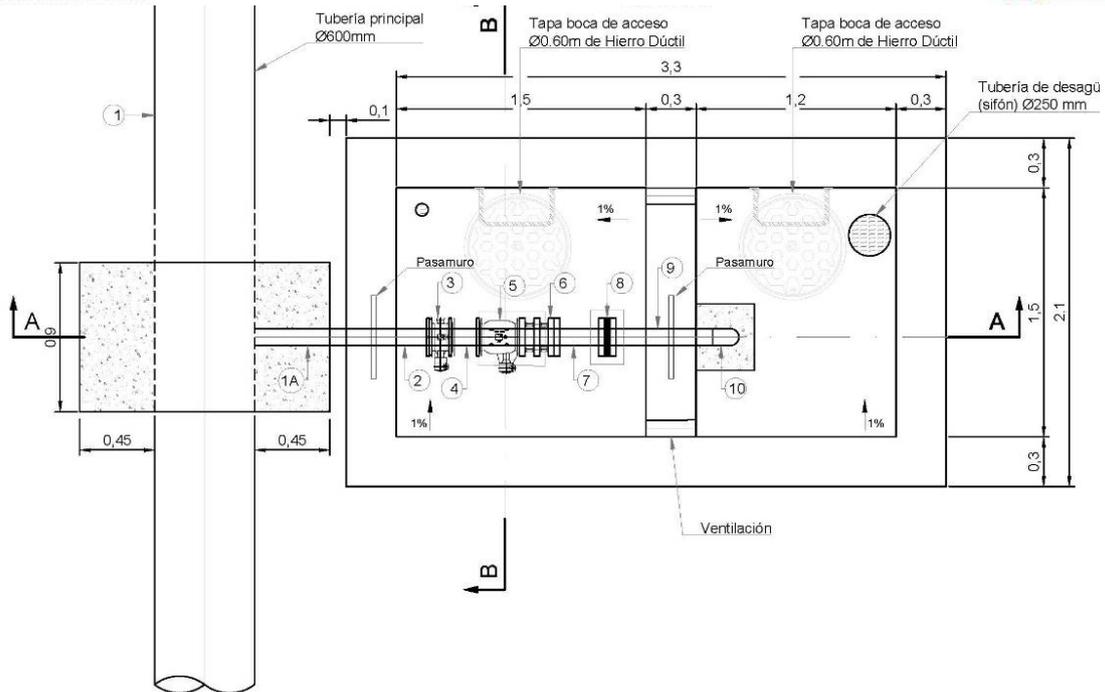


Figura 60. Planta de la cámara tipo para la válvula de desagüe con tubería de **descarga**

## 6.18 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Conforme al literal de Redes de Distribución, de los términos de referencia de la presente consultoría, “La consultora verificará el funcionamiento hidráulico de las mallas principales de las redes de distribución para la demanda máxima horaria al final del periodo de diseño y de ser necesario diseñará las tuberías de refuerzo.”

A continuación, se presenta el informe de la comprobación y diseño de las redes de agua potable de la parroquia Calderón, para lo cual se han considerado las normas mencionadas en la sección 5.

Conforme a lo términos de referencia el punto de partida del presente estudio es la información proporcionada por el personal de la EPMAPS, así como la sectorización aprobada durante la etapa de Prefactibilidad. A través del departamento de distribución del distrito Calderón, se obtuvieron los datos de la red de agua potable existente. Adicionalmente se entregaron los estudios de sectorización de la parroquia. Con esta información más la proyección de crecimiento de áreas de expansión definidas, se procedió a digitalizar la red de agua potable futura, para el periodo de diseño.

Se analizaron 15 sectores conforme se describen en la Tabla 56.

### 6.18.1 BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Conforme al artículo 7.2.4 de la Norma 01-AP-EMAAPQ-2008, y al alcance de la presente consultoría se respetarán las condiciones de sectorizaciones y consecuente delimitación de presión entregadas por la EPMAPS y aprobadas en la etapa de Factibilidad.

Conforme a las normas mencionadas se determinan las bases de diseño para el diseño de la red principal, las cuales se resumen en la tabla 33 del presente documento.

### 6.18.2 MATERIALES PARA TUBERÍAS DE REDES

El material que existe en las redes de agua potable actuales son de PVC, entre las ventajas del material se pueden mencionar:

- Menor pérdida de carga, debido a la lisura de su superficie interior, coeficiente recomendado por los fabricantes  $e = 0.0015$  mm
- Inexistencia de depósitos e incrustaciones en la sección interior
- Mejor comportamiento frente al golpe de ariete, debido a su baja celeridad
- Inertes e inocuas, que permiten la conservación de las propiedades organolépticas del agua
- Estabilidad química del material que impide su descomposición
- Ausencia de oxidación y corrosión
- Alta resistencia al fuego. Autoextinguibles. No se funden formando gotas de material en combustión.

### 6.18.3 CAUDALES

La red principal se comprueba para el caudal máximo diario al final del periodo de diseño (ver Tabla 58).

Aplicando la herramienta de generación de polígonos de Thiessen y la herramienta "Load Builder". se definieron los caudales en cada nudo para la modelación de las redes.

En la Figura 62, se muestran las áreas de servicio asignadas a cada nudo para el caso del sector de Mariana de Jesús. Como anexo digital se entregan los ShapeFiles de cada sector, y los caudales cargados se encuentran en el modelo hidráulico.

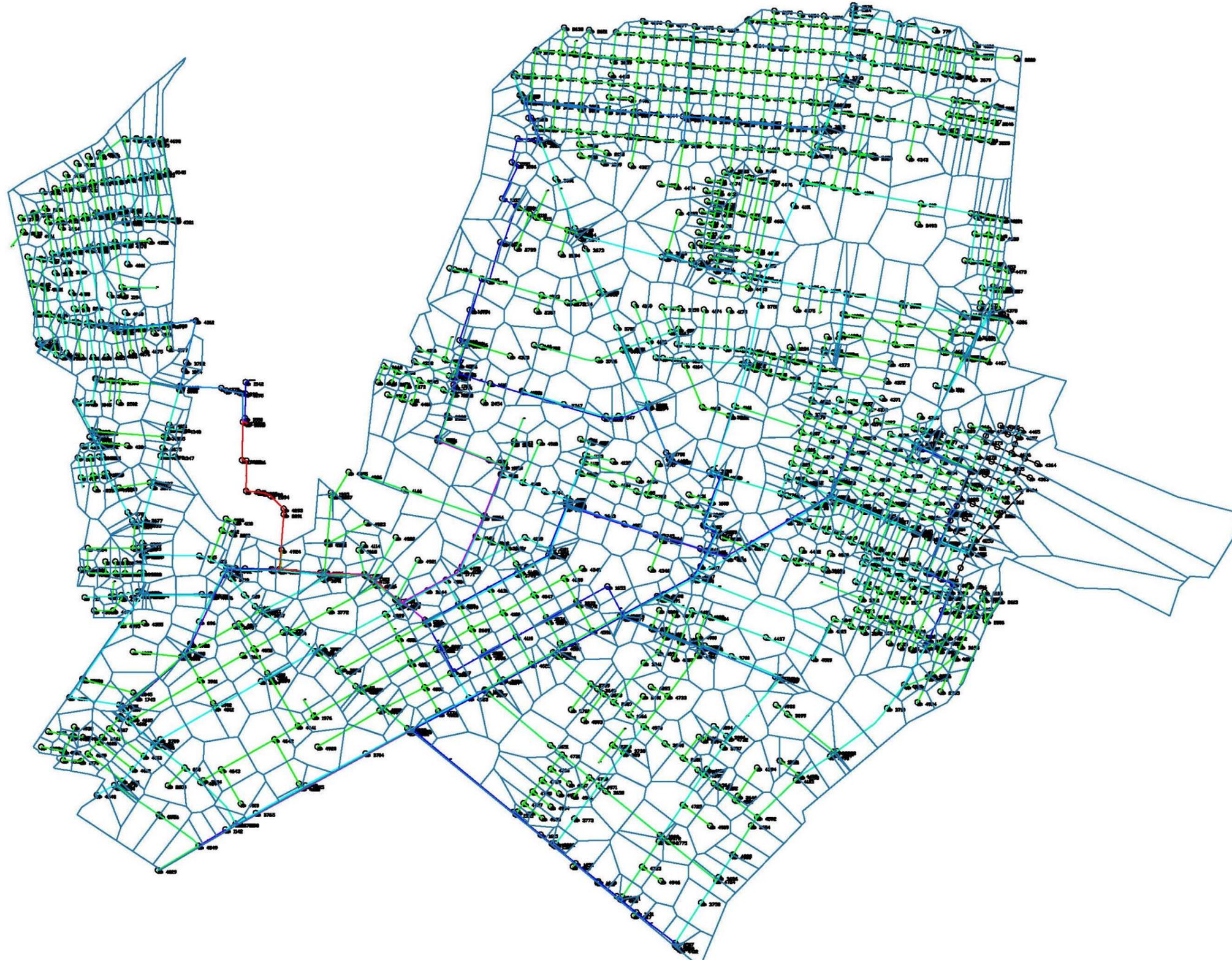


Figura 61 Asignación de áreas de servicio al sector Mariana de Jesús

#### 6.18.4 RESULTADOS

En cumplimiento de lo dispuesto en el numeral 8.5 de los Términos de referencia se verifica el funcionamiento de las mallas principales de la red de distribución al final del periodo de diseño (2050).

Para la modelación de las redes (utilizando HAMMER V8i) se utilizó el siguiente procedimiento:

- Conforme a la información georreferenciada entregada por al EPMAPS, se procedió a importar la red de agua potable al modelo. Se separó por sectores y se crearon archivos en Hammer para cada uno de ellos.
- Se ingresaron los datos de caudales en los nodos de demandas conforme a lo mencionado en el acápite demandas.

Se concluye que los sectores analizados tienen capacidad suficiente para satisfacer los requerimientos de diseño hasta el horizonte del mismo.

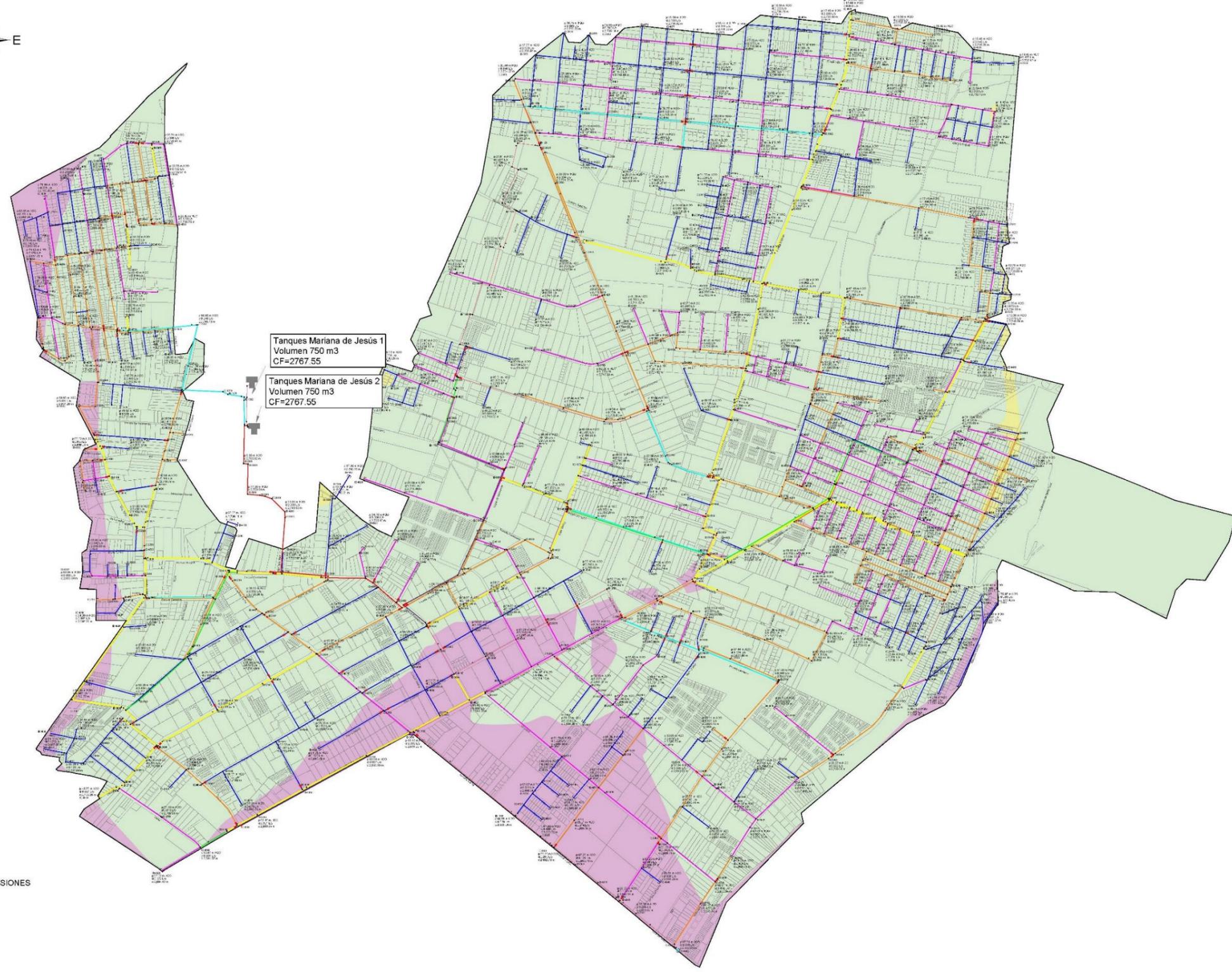
En el Informe de Diseño Hidráulico se reportan los resultados de la modelación obtenidos para los 16 sectores que cubren el área de estudio. En la siguiente figura se presenta como ejemplo los resultados obtenidos para el sector Mariana de Jesús.

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE - SECTOR MARIANA DE JESUS



Figura 62: Red de distribución de agua potable sector Marian de Jesús

**PRESIÓN DE DISEÑO (AÑO 2050) - SECTOR MARIANA DE JESUS**



**Figura 63: Presiones Sector Mariana de Jesus para el año 2050**

Tabla 56 Datos de las redes de distribución de los sectores estuadios

Tabla 57 Datos de las redes de distribución de los sectores estudaos

No.	Sector	Tanque ID	Cota Fondo Tanque	Cotas de servicio (m.s.n.m.)	Área de servicio (ha)	Población Servida (hab)	Caudal Medio Diario (l/s)	Caudal Máximo Diario (l/s)	Volumen regulación (m3)	Volumen incendios (m3)	Volumen emergencia (m3)	Volumen Total (m3)	Volumen existente (m3)	Déficit (m3)	Ejecución hasta 2025 (m3)
1	Arenal	A1	2689.22	2660 - 2620	382.82	46463	94.87	114.35	1536	590	384	2510	1000	1510	2000
		A2	2689.22						514	341	128	983	1000	-17	
2	Brisas	Br	2655.11	2620 - 2540	93.47	7581	15.48	18.66	334	275	84	693	250	443	250
3	Carretas	Cr1	2724.87	2700 - 2660	266.64	35435	72.35	87.2	1563	595	391	2549	1375	1174	875
		Cr2	2724.87												
4	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2	2684.77	2660 - 2620	116.49	9322	19.03	22.94	411	305	103	819	2500	-1681	2500
	San Luis	SL	2685.81	2660 - 2620	253.45	110649	225.92	272.31	4880	1052	1220	7152	1000	6152	0
5	Llano Grande Alto	LLGA	2647.83	2620 - 2580	249.29	13693	27.96	33.7	604	370	151	1125	875	250	875
6	Llano Grande Bajo	LLGB	2602.34	2580 - 2500	343.66	11368	23.21	27.98	501	337	125	964	875	89	0
7	Mariana de Jesús	MJ1	2763.15	2740 - 2700	839.75	103030	210.36	253.55	4344	993	1086	6423	750	5673	2000
		MJ2	2761.85						199	213	50	462	2000	-1538	2000
8	Oyacoto	Oya	2406.68	2400 - 2360	381.77	4198	8.57	10.33	176	105	44	325	139	187	0
9	Plan de Vivienda Ecuador	PVE	2565.23	2540 - 2460	100.04	1741	3.55	4.28	77	132	19	228	250	-22	0
10	San Juan de Calderón Alto	SJCA	2847.84	2820 - 2780	689.56	32233	65.81	200.3	1422	568	355	2345	2000	345	0
11	San Juan de Calderón Bajo	SJCB 1	2809.66	2780 - 2740	250.93	11729	23.95	28.87	517	342	129	989	1500	-511	0
		SJCB 2	2808.27						517	342	129	989	1500	-511	0
12	San José de Morán	SJM1	2724.93	2700 - 2660	385.01	80056	163.46	197.02	3531	895	883	5308	3000	2308	2000
		SJM2	2723.89												
13	San Miguel del Común Alto	SMCA 1	2614.21	2620 - 2570	68.38	5542	11.32	13.64	232	139	58	429	183	246	0
		SMCA 2	26140.9												
14	San Miguel del Común Bajo	SMCB	2487.20	2480 - 2400	123.58	3035	6.2	7.47	127	76	32	235	100	135	0
15	San Miguel del Común Medio	SMCM	2571.60	2570 - 2480	32.34	2382	4.86	5.86	100	60	25	185	79	106	0
16	Planta de Tratamiento	T_PTAP	2868	2820 - 2780	30.87	625	1.28	1.54	28	79	7	114	0	114	0
<b>Demanda Total del Sistema</b>								<b>1300</b>	21 096	2 187	5 274	28 557	18 875	15 495	10000

Elaboración:

INGECONSULT,

2021

## 6.19 CRITERIOS HIDRÁULICOS PARA EL EQUIPO DE MONITOREO Y CONTROL (SCADA) DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE CALDERÓN

El objetivo principal del sistema SCADA es el de mantener operativo el sistema de distribución de agua potable. Para lo cual deberá monitorear y controlar los diferentes elementos del sistema de manera remota y centralizada.

En la parte del funcionamiento hidráulico, el sistema SCADA deberá:

- Balance Hídrico
- Control de niveles (rebores/vaciado de tanques)
- Regular Caudales
- Regulación de presiones
- Paradas programadas y de emergencia

En el presente documento se usa la siguiente identificación para los tanques que forman parte del sistema:

**Tabla 58 ID de las válvulas de control**

Nombre de Tanque	ID
Arenal	A
Brisas	Br
Carretas	Cr
Cuatro Esquinas 2	Cu-E2
Llano Grande Alto	LLGA
Llano Grande Bajo	LLGB
Mariana de Jesús 1	MJ1
Mariana de Jesús 2	MJ2
Oyacoto	Oya
Plan de Vivienda Ecuador	PVE
San Juan de Calderon Alto	SJCA
San Juan de Calderon Bajo	SJCB
San José de Morán 1	SJM1
San José de Morán 2	SJM2
San Luis	SL
San Miguel Común Alto	SMCA

Nombre de Tanque	ID
San Miguel Común Bajo	SMCB
San Miguel Común Medio	SMCM

Elaboración: INGECONSULT, 2021

Q = Caudal de demanda (ingreso a tanques) (l/s)

Qs = Caudal de salida (l/s)

### 6.19.1 Balance Hídrico

La finalidad del balance hídrico es de controlar las pérdidas que se puedan encontrar en la línea de transmisión. Para esto los tanques contarán con macromedidores al ingreso y salidas de cada tanque. Los caudales de ingreso de las válvulas principales (válvulas de tanques que sirven como cabecera: SJM2, CE, y SMCA) deberán sumar el caudal provisto desde la planta.

El balance Hídrico deberá considerar el siguiente postulado:

$$1. Q_{PTAP} = Q_A + Q_{Cr} + Q_{Cu\_E2} + Q_{MJ1} + Q_{MJ2} + Q_{SJCA} + Q_{SJC B} + Q_{SJM1} + Q_{SJM2} + Q_{SL} + Q_{SMCA}$$

### 6.19.2 Control de niveles

El sistema deberá monitorear los niveles de los tanques de tal forma de evitar reboses o que el tanque baje de su nivel mínimo.

- 1) Nivel alto: La válvula de cierre se deberá iniciar a cerrar a una altura que permita el cierre de la válvula (tcierre= 5 min todas las válvulas) sin generar rebose.
- 2) Nivel bajo: Permitir un mayor ingreso de caudal cuando el nivel del tanque llegue al mínimo de operación (siempre y cuando la presión antes de la válvula de ingreso sea mayor que la mínima establecida y la válvula de salida no alerte de caudales mayores a 3 veces el caudal medio diario registrado).
- 3) Nivel bajo-bajo, cierre de válvulas de salida

En la siguiente tabla se muestran los niveles máximos y mínimos establecidos para cada tanque:

**Tabla 59 Niveles máximos y mínimos de operación de tanques**

Tanque	Fondo	Bajo-Bajo	Bajo	Max
Arenal 1	2689.22	2689.87	2689.97	2692.92
Arenal 2	2689.22	2690.08	2690.18	2692.92
Brisas	2655.11	2655.54	2655.64	2657.63
Carretas 1	2726.28	2726.73	2726.83	2728.77
Carretas 2	2724.87	2725.45	2725.55	2728.77

Tanque	Fondo	Bajo-Bajo	Bajo	Max
Cuatro Esquinas No 2	2684.77	2685.71	2685.81	2689.52
Llano Grande Alto	2647.83	2648.21	2648.31	2651.73
Llano Grande Bajo	2602.34	2602.68	2602.78	2606.27
Mariana de Jesús 1	2763.15	2763.7	2763.8	2766.85
Mariana de Jesús 1A	2763.15	2763.7	2763.8	2766.85
Mariana de Jesús 2	2761.85	2762.9	2763	2766.85
Oyacoto	2406.68	2406.95	2407.05	2409.33
Plan de Vivienda Ecuador	2565.23	2565.39	2565.49	2567.83
San José de Morán 1	2724.93	2725.6	2725.7	2728.53
San José de Morán 2	2723.89	2724.84	2724.94	2728.49
San Juan de Calderón Alto	2847.84	2849.06	2849.16	2851.98
San Juan de Calderón Bajo 1	2809.66	2810.24	2810.34	2812.72
San Juan de Calderón Bajo 2	2808.27	2808.76	2808.86	2812.93
San Luis	2685.81	2686.34	2686.44	2689.5
San Miguel del Comun Alto 1	2614.21	2614.55	2614.65	2617.32
San Miguel del Comun Alto 2	2614.09	2614.43	2614.53	2617.32
San Miguel del Comun Bajo	2487.2	2487.42	2487.52	2489.9
San Miguel del Comun Medio	2571.6	2571.79	2571.89	2574.19

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 6.19.3 Regular Caudales

El sistema SCADA deberá regular los caudales de ingreso a cada tanque conforme a la tabla de demanda:

Tabla 60 Caudales de consigna para las válvulas de control de flujo

Tanque	Caudal Máximo Diario (l/s)							Observaciones
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
Arenal	60.1	70.76	81.28	90.66	99.56	107.68	114.34	
Brisas del Norte	9.81	11.55	13.26	14.79	16.25	17.57	18.66	
Carretas	45.82	53.98	61.98	69.14	75.94	82.12	87.2	
Cuatro Esquinas 2	77.59	91.37	104.94	117.05	128.54	139.01	147.63	
Llano Grande Alto	32.41	38.16	43.84	48.9	53.7	58.07	61.68	Incluye los caudales a LLGB
Llano Grande Bajo	14.7	17.31	19.89	22.18	24.36	26.34	27.98	
Mariana de Jesús 1	66.63	78.46	90.12	100.52	110.39	119.38	126.78	
Mariana de Jesús 2	66.63	78.46	90.12	100.52	110.39	119.38	126.78	
Plan de Vivienda Ecuador	2.25	2.65	3.05	3.4	3.73	4.03	4.28	
San José de Moran 1	51.77	60.97	70.02	78.1	85.77	92.76	98.51	
San José de Moran 2	63.83	75.17	86.33	96.29	105.75	114.36	121.45	Incluye los caudales a los tanques Br y PVE
San Juan de Calderón Alto	100.95	116.94	132.21	147.57	164.25	182.04	200.31	Incluye los dotación hacia San Antonio y Calacalí
San Juan de Calderón Bajo 1	15.16	8.93	10.26	11.44	12.57	13.59	14.43	

Tanque	Caudal Máximo Diario (l/s)							Observaciones
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
San Luis 1	77.59	91.37	104.94	117.05	128.54	139.01	147.63	
San Miguel del Común Alto	19.6	23.08	26.5	29.57	32.47	35.12	37.3	Incluye los caudales a los tanques SMCM, SMCB, OY
San Miguel del Común Medio	12.43	14.64	16.81	18.76	20.59	22.28	23.66	
San Miguel del Común Bajo	9.35	11.01	12.65	14.11	15.49	16.76	17.8	
Oyacoto	5.43	6.39	7.34	8.19	8.99	9.73	10.33	

Elaboración: INGECONSULT, 2021

Debido a que la demanda de cada sector puede variar conforme a lo estipulado en los estudios, es necesario que la el SCADA regule el caudal de ingreso a los tanques, sobre todo durante los primeros meses de funcionamiento. Si la demanda proyectada no corresponde a la contemporánea pueden ocurrir excesivos cierres de la válvula de ingreso. En caso de tener más de dos cierres, o descensos hasta los niveles mínimos, diarios el caudal de ingreso se deberá ajustar a 1.2 veces al caudal medio diario registrado por el macromedidor de salida del tanque.

#### 6.19.4 Regulación de presiones

Las válvulas de control de flujo se podrán regular de tal manera de abastecer con la demanda requerida siempre y cuando la presión aguas arriba de la válvula se mantenga sobre el valor mínimo requerido para el funcionamiento del sistema completo.

Tabla 61 Regulación de presiones

ID	P1 mínima (mca)
A	64.11
Br	67.81
Cr	28.58
Cu-E2	53.83
LLGA	33.85
LLGB	45.02
MJ1	50.57
MJ2	50.17
Oya	79.27
PVE	90.67
SJCA	16.66
SJCB	19.73
SJM1	80.75
SJM2	81.44
SL	68.84
SMCA	109.86
SMCB	78.77

ID	P1 mínima (mca)
SMCM	35.13

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 6.19.5 Paradas programadas y de emergencia

Casos de emergencia:

- Ingreso a tanques: EN caso de para de la PTAP se deberá cerrar el ingreso a los tanques
- Salida a red principal: En caso de que el macromedidor de salida detecte un incremento súbito del caudal de salida (mayor a 3 veces el caudal medio diario registrado en los últimos 7 días). La válvula de ingreso deberá iniciarse a cerrar a la mitad del cierre de la válvula de salida.

En caso de tener paradas programadas para mantenimiento el sistema SCADA deberá poder cerrar las válvulas de ingreso y salida de cada tanque.

### 6.20 CONCLUSIONES DISEÑO HIDRÁULICO

- En el presente estudio se han diseñado los refuerzos y la infraestructura necesaria para que la línea de transmisión, tanques y redes de la parroquia Calderón funcione correctamente durante su periodo de diseño, una vez que entre en funcionamiento la nueva PTPA Calderón.
- Es importante indicar, que cuando funcione la PTAP de Calderón, los sistemas actuales de transmisión quedarán operativos, y serán sistemas redundantes, para cualquier eventualidad que se presente. El diseño mantiene el uso de la conducción existente entre los tanques Collaloma Bajo – San Juan Alto.
- El propósito principal del proyecto integral de agua potable para Calderón, es el de independizar la demanda de esta parroquia de la demanda del sistema Bellavista, que actualmente sirve a Quito. Es posible que durante la operación de la PTAP con la mitad de su capacidad (dado un aceleramiento de crecimiento en la demanda) sea necesario operar adicionalmente uno de los sistemas existentes, para cubrir el exceso en la demanda.

Debido a que Collaloma y Ponceano son tanques que también sirven a otras áreas y tienen una mayor demanda, bajo asesoramiento del personal de la EPMAPS, se propuso utilizar el sistema El Carmen de tal manera que abastezca a los tanques San Luis, Cuatro Esquinas 2, Llano Grande Alto y Llano Grande Bajo. La capacidad de dicha línea podría cubrir la demanda hasta el año 2030 (SL, CE, LLGA, LLGB). Cabe recalcar que, en el sistema diseñado, los caudales hacia los tanques SMCA, SMCM, SMCB y Oyacoto ya no se servirán del tanque Cuatro Esquinas 2, sino que lo harán con una línea

expresa desde la PTAP Calderón, con lo cual la actual línea restituye su uso exclusivo para red pública. Por otro lado, se mantiene sin alteraciones el abastecimiento a los tanques Brisas y Plan de Vivienda Ecuador, que son servidos desde el tanque San José de Morán 2.

- Todas las líneas de refuerzos han sido diseñadas con sus respectivas válvulas de aire, desagüe y protección catódica. Se ha seleccionado el material: acero A36, tanto para las nuevas tuberías que conforman las líneas de transmisión, como para las tuberías de refuerzo y tuberías de derivación hacia los tanques de almacenamiento, debido a la versatilidad que ofrece para: la selección del tipo de acero, y que los accesorios pueden ser fabricados en campo.
- Debido a que el sistema se basa en la interconexión con las líneas existentes, y que se han dejado las interconexiones con los tanques que alimentan actualmente al sistema, el criterio de diseño de presiones de la línea y sus accesorios incluidos VCF, se lo realiza considerando la presión estática máxima del tanque de abastecimiento ubicado más alto, es decir el Collaloma 2-211.
- La configuración del sistema, tiene varios ramales, y en su recorrido diferentes tanques, que funcionan como chimeneas de equilibrio ante la posible generación de una sobrepresión por gradientes hidráulicos, por lo que las sobrepresiones por transientes no son representativas). Por lo mencionado se establece como límite de presiones máximas la presión estática máxima a la que puede estar sometido el sistema. Al estar interconectado con el tanque Collalom, es este tanque que impone la cota máxima de presiones en 2908 msnm, límite con el cual se diseñaron la tubería y los accesorios.
- La reserva requerida al año 2050 es de 28 557 m<sup>3</sup>. La reserva existente al año 2019 es de 18 330 m<sup>3</sup>. La reserva total a construirse mediante las celdas adicionales previstas en los tanques existentes para esta alternativa es 10875 m<sup>3</sup>, los sectores a los que se le aumenta el volumen son: Arenal, Brisas, Carretas, Cuatro Esquinas 2, Mariana de Jesús, Llano Grande Alto y San José de Morán. La reserva prevista comprende la construcción de la celda adicional prevista en aquellos tanques existentes donde es posible ejecutarla, en el caso de El Arenal se construye un nuevo tanque con capacidad suficiente que sustituya al tanque deshabilitado actualmente.
- En los tanques e se construirán estructuras de control o EDC. Las EDC's comprenden las válvulas de control de caudal, válvulas de guardia, medidores de caudal, filtros y la instrumentación asociada, en una nueva obra civil que será diseñada para facilitar las labores de operación y mantenimiento. En las estructuras de control, se dispondrá de dos ramales iguales, sistema redundante.
- Se considera el reemplazo de las válvulas de cierre inapropiadas en tanques de reserva existentes para sustituirlas por válvulas mariposa con

desmultiplicador. Se ha previsto los trabajos de eliminación de las juntas mecánicas innecesarias que se posible ejecutar sin suspender el servicio a la parroquia y los de reparación de la pintura y obras civiles de la cámara. Se reemplazarán las válvulas de los desagües de fondo de los tanques.

- Con la ayuda de los caudalímetros, las válvulas de salida de los tanques a red y a otros subsistemas que ellos, se podrá detectar aumentos instantáneos de caudales para ordenar el cierre de la válvula.
- Se ha previsto el desmontaje de; todas las válvulas de control existentes; by pass que han sido construidos en los tanques San José de Morán 1 y 2, Marianas 1 y 2, 4 Esquinas 1 y 2; las válvulas Monovar ubicadas en las vías de acceso a los tanques San José de Morán y Marianas; así como la válvula Singer ubicada en el ramal de entrada a los tanques en San José de Morán y el sistema de bombeo Mariana de Jesús – San Juan de Calderón Bajo.
- Con respecto a las redes de distribución de agua, se comprobó la capacidad de la red existente para las condiciones, evidenciando que no hacen falta refuerzos.
- Como resultado del presente estudio se entregan los planos de diseño definitivo de la infraestructura requerida.

## 7 DISEÑO MECÁNICO

### 7.1 MATERIAL SELECCIONADO

El material seleccionado para las tuberías y accesorios de las líneas de transmisión de Calderón es el **acero estructural ASTM A 36/ A 36M**. Es un material de amplia utilización en nuestro país para presiones de hasta 300 m (430 psi); dado que es un acero de bajo contenido de carbono y sus propiedades mecánicas y composición química cumplen con las Normas ANSI/AWWA C200 y AWWA Manual M11 correspondientes a tuberías de acero para conducción de agua a presión. El proceso de fabricación de la tubería debe cumplir con las AWWA Manual M11.

### 7.2 ESPESORES NORMALIZADOS DE LAS TUBERÍAS

De conformidad a la **Norma ASME/ANSI B36.10M**, se han determinado los valores de los espesores de la tubería para las líneas de transmisión de Calderón, y los resultados se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 62 Valores de los espesores de la tubería para las líneas de transmisión de Calderón**  
DIMENSIONES NORMALIZADAS DE LA TUBERÍA (Norma ASME/ANSI B36.10M)  
MATERIAL: ACERO ASTM A 36/A36 M

SERIE	ESPESOR	Diámetro Nominal (DN)	Nominal Pipe Size (NPS)	Diámetro externo	Diámetro interno	Peso unitario
	mm	mm	pulgadas	mm	mm	kg/m
e1	8,74	800	32	813,00	804,26	173,35
e2	8,74	600	24	610,00	601,26	129,60
e3	8,74	500	20	508,00	499,26	107,61

e4	8,74	300	12	323,80	315,06	67,91
e5	8,74	150	6	168,30	159,56	34,39

**ESPEORES NORMALIZADOS (Norma ASME/ANSI B36.10M) MATERIAL: ACERO ASTM A 36/A36 M**

ESPEORES NORMALIZADOS				LONGITUD	PESO UNITARIO	PESO TRAMOS
serie	mm	pulgadas	SCH No.	m	kg/m	t
e1	8,74	0,34	x	2612.6	173,3	453
e2	8,74	0,34	x	3242.8	108,3	204
e3	8,74	0,34	x	1904.7	97,5	57
e4	8,74	0,34	x	370	86,7	60
e5	8,74	0,34	x	3814.6	65,0	16

Fuente: INGECONSULT, 2021

### 7.3 PROCESO DE SOLDADURA DE LAS TUBERÍAS

De conformidad a la Norma AWS D1.1, el proceso de soldadura que corresponde para la fabricación de las tuberías DN 800, DN 600, DN 500, DN 450 y DN400 es el SAWH: SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO ESPIRAL; en cambio, para la fabricación de las tuberías DN 300 y DN 150 se utilizará sin costura, esto es, SEAMLESS.

Para el caso de soldadura en la unión de tubería y accesorios de acero al carbono, ésta se hará con el proceso SMAW (soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos), de acuerdo con la norma AWS teniendo como consideraciones, la separación y chaflanes de la unión, así como el tipo de electrodo (revestido), número de cordones, diámetro del electrodo, amperajes y tipo de corriente respectiva en la soldadura al arco eléctrico.

#### 7.3.1 REVESTIMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE LAS TUBERÍAS

Se define para protección interna y externa de la tubería, el recubrimiento FBE (Fusion Bonded Epoxi) de acuerdo con la Norma AWWA C 213; debido a que posee excelente adhesión, proporciona una resistencia anticorrosiva superior durante mucho tiempo de operación, excelente resistencia al desprendimiento catódico, excelente resistencia mecánica (flexibilidad, adherencia, abrasión, impacto), facilita las reparaciones en el campo y es adecuada para ductos de acero y conducción de agua.

#### 7.3.2 DISEÑOS DE ACCESORIOS DE REDES DE TRANSMISIÓN

Se realiza el diseño de los accesorios de la red, determinando que el material para los accesorios será el mismo que para la tubería, esto es acero ASME A 36/A 36M. Al igual que la tubería, los accesorios deberán ser protegidos, tanto interna como externamente con recubrimiento FBE (Fusion Bonded Epoxi) de acuerdo a la Norma AWWA C 213.

#### 7.3.3 PROTECCIÓN CATÓDICA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Se prioriza el criterio de la protección de la tubería y el aumento de la vida útil de la misma; por lo que se selecciona el método de protección catódica por corriente impresa con ánodos convencionales en cama anódica, para controlar la corrosión de

la tubería de la Línea de Transmisión de Calderón. Se definen los parámetros de diseño, dividiendo el trazado en tramos, se realizan los cálculos de los potenciales y corrientes de la protección catódica por corriente impresa y se procede a diseñar los componentes del sistema de protección catódica.

### 7.3.4 DISEÑO DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS

Mediante un análisis comparativo se seleccionan: el tipo de válvula de paso anular para el control flujo, el tipo de válvula de paso anular para desagüe, el tipo de válvula de mariposa para guardia y seccionamiento; y, válvulas de aire de triple función paso completo, para la Línea de Transmisión y Redes de Calderón. En la tabla siguiente, se presentan las características técnicas principales, para las válvulas de control de flujo de paso anular diseñadas para la Línea de Transmisión y Redes de Calderón:

**Tabla 63 Válvulas De Control De Flujo De Paso Anular Diseñadas Para La Línea De Transmisión Y Redes De Calderón**

NOMBRE	ID	CANTIDAD	DN	PN	ACCIONAMIENTO
			mm	bar	
VCF1-VCF2	A	2	150	40	Automatico/Manual emergencia
VCF5-VCF6	Cr	2			
VCF23-VCF24	SJM1	2			
VCF29-VCF30	SMCA	2			
<b>TOTAL:</b>		<b>8</b>			
VCF3-VCF4	Br	2	150	16	Automatico/Manual emergencia
VCF9-VCF10	LLGA	2			
VCF11-VCF12	LLGB	2			
VCF21-VCF22	SJCB	2			
VCF17	Oya	1			
VCF18	PVE	1			
VCF31	SMCB	1			
VCF32	SMCM	1			
<b>TOTAL:</b>		<b>12</b>			
VCF13-VC14	MJ1	2	200	25	Automatico/Manual emergencia
VCF15-VCF16	MJ2	2			
VCF25-VCF26	SJM2	2			
VCF27-VCF28	SL	2			
<b>TOTAL:</b>		<b>8</b>			
VCF7-VCF8	Cu-E2	2	300	40	Automatico/Manual emergencia
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>			
VCF19-VCF20	SJCA	2	250	16	Automatico/Manual emergencia
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>			
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>		<b>32</b>			

Fuente: INGECONSULT, 2021

En la tabla siguiente, se presentan las características técnicas principales, para las válvulas de control de desagüe de paso anular:

**Tabla 64 VÁLVULAS DE CONTROL PARA DESAGÜE DE PASO ANULAR**

NOMBRE	CANTIDAD	DN	PN	ACCIONAMIENTO
		mm	bar	
VD1	1	200	40	Automatico/Manual emergencia
VD2	1	200		
VD3	1	300		
VD4	1	200		
<b>TOTAL:</b>	<b>4</b>			
VD5	1	200	40	Automatico/Manual emergencia
VD6	1			
<b>TOTAL:</b>	<b>2</b>			
VD7	1	200	40	
<b>TOTAL:</b>	<b>1</b>			
VD8	1	200	40	Automatico/Manual emergencia
<b>TOTAL:</b>	<b>1</b>			
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>	<b>8</b>			

Fuente: INGECONSULT, 2021

En la tabla siguiente, se presentan las características técnicas principales, para las válvulas mariposa de guardia y seccionamiento:

**Tabla 65 Características técnicas principales - Válvulas Mariposa de guardia Y seccionamiento**

NOMBRE	ID	CANTIDAD	DN mm	PN bar	ACCIONAMIENTO
VM4-VM5	IR_800	2	800	16	Manual
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>			
VM61-VM62	S_MJ2_600	2	600	16	Manual
VM73-VM74	S_SJM2_600	2			
VM87	SM_MJ2_600	1			
VM93	SM_SJM2_600	1			
<b>TOTAL:</b>		<b>6</b>			
VM39-VM40	Cr_600	2	600	40	Manual
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>			
VM54-VM55	S_Cu-E_500	2	500	16	Manual
VM84	SM_Cu-E_500	1			
<b>TOTAL:</b>		<b>3</b>			
VM6-VM7	FR_500	2	500	40	Manual
VM9-VM10	SMJ_500	2			
VM14-VM15	SCE_500	2			
<b>TOTAL:</b>		<b>6</b>			

VM43-VM45	S_A_450	3	450	16	Manual
VM81	SM_A_450	1			
<b>TOTAL:</b>		<b>4</b>			
VM91	SM_SJCB_400	1	400	16	Manual
VM69-VM70	S_SJCB_400	2			
<b>TOTAL:</b>		<b>3</b>			

Fuente: INGECONSULT, 2021

### Características técnicas principales - Válvulas Mariposa de guardia y seccionamiento

VM18	SJCA_400	1	400	16	Manual			
VM42	SL_400	1	400	40	Manual			
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>						
VM52-VM53	S_Cr_350	2	350	16	Manual			
VM58-VM60	S_MJ1_350	3						
VM63-VM66	S_SJCA_350	4						
VM75-VM76	S_SL_350	2						
VM83	SM_Cr_350	1						
VM86	SM_LLGB_350	1						
VM90	SM_SJCA_350	1						
VM94	SM_SL_350	1						
<b>TOTAL:</b>		<b>15</b>						
VM1-VM3	IR_350	3				350	40	Manual
VM19	SJCA_350	1						
VM26-VM28	SSJMa_350	3						
VM30-VM31	SJM1_350	2						
<b>TOTAL:</b>		<b>9</b>						
VM50-VM51	S_Cr_300	2	300	16	Manual			
VM56-VM57	S_LLGA_300	2						
VM67-VM68	S_SJCB_300	2						
VM71-VM72	S_SJM1_300	2						
VM85	SM_LLGA_300	1						
VM92	SM_SJM1_300	1						
<b>TOTAL:</b>		<b>10</b>						
VM8	FR_300	1	300	40	Manual			
VM11-VM13	SMJ_300	3						
VM22-VM23	MJ1_300	2						
VM29	SSJMb_300	1						
VM32-VM38	Aa_300	7						
VM41	SL_300	1						
VM166-VM169	G_EDC_Cu-E	4						
VM206-VM209	G_EDC_SL	4						
<b>TOTAL:</b>		<b>23</b>						
VM46-VM49	S_A_250	4				250	16	Manual
VM82	SM_Br_250	1						
VM190-VM193	G_EDC_SJCA	4						
<b>TOTAL:</b>		<b>9</b>						
VM16-VM17	SCE_250	2	250	40	Manual			
VM20-VM21	SJCB_250	2						
VM24-VM25	MJ2_250	2						

VM198-VM205	G_EDC_SJM1	8			
<b>TOTAL:</b>		<b>14</b>			
VM89	SM_PVE_200	1	200	16	Manual
<b>TOTAL:</b>		<b>1</b>			
VM178-VM185	G_EDC_MJ1	8	200	40	Manual
<b>TOTAL:</b>		<b>8</b>			
VM77-VM80	S_SMCA_150	4	150	16	Manual
VM88	SM_Oya_150	1			
VM95-VM99	SM_SMCM_150	5			
<b>TOTAL:</b>		<b>10</b>			
VM156-VM159	G_EDC_A	4	150	40	Manual
VM162-VM165	G_EDC_Cr	4			
VM170-VM173	G_EDC_LLGA	4			
VM160-VM161	G_EDC_Br	2	100	16	Manual
VM174-VM177	G_EDC_LLGB	4			
VM186-VM189	G_EDC_Oya	4			
VM194-VM197	G_EDC_SJCB	4			
VM214-VM217	Varios	4			
<b>TOTAL:</b>		<b>18</b>			
VM100-VM155	Varios	56			
VM210-VM213	G_EDC_SMCA	4			
<b>TOTAL:</b>		<b>60</b>			
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>		<b>217</b>			

Fuente: INGECONSULT, 2021

Las características técnicas desarrolladas para las válvulas de aire de triple función, paso completo, de DN 200, DN100 y DN50 para la Línea de Transmisión y Redes de Calderón, se incluyen en la tabla siguiente:

Tabla 66 Las Válvulas De Aire De Triple Función

VÁLVULAS DE AIRE TRIPLE FUNCIÓN Y PASO COMPLETO					
NOMBRE		CANTIDAD	DN	PN	ACCIONAMIENTO
			mm	bar	
VA1 - VA11	22				
VA13 - VA16					
VA39 - VA43	5				
VA45 - VA67	23	105	50	16	Automático hidromecánico
VA69 - VA71	3				
VA73 - VA76	4				
VA99 - VA116	18				
VA121 - VA157	37				
VA32 - VA33	2				
VA36 - VA38	3				
VA68	1				
VA92 - VA93	2	20	50	40	Automático hidromecánico
VA96 - VA98	3				
VA117 - VA120	4				
VA158 - VA162	5				
VA12	1				
VA72	1	2	100	16	Automático hidromecánico
VA163 - VA177	15	15	100	40	Automático hidromecánico
VA44	1	1	200	16	Automático hidromecánico
VA30 - VA31	2				
VA34 - VA35	2				
VA90 - VA91	2	8	200	40	Automático hidromecánico
VA94 - VA95	2				

Fuente: INGECONSULT, 2021

En el **Volumen 07B: Diseño Mecánico**, adjunto al presente Informe Principal, se indican los códigos tanto para el volumen de las especificaciones técnicas como para los planos correspondientes a los componentes mecánicos diseñados.

## 8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL, INSTRUMENTACIÓN Y COMUNICACIONES (SCADA)

### 8.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Diseñar el sistema de automatización y control (SCADA) y sus componentes, los mismos que han sido seleccionados para que operen y garanticen una operación confiable, continua y segura de la línea de transmisión, del sistema de almacenamiento y distribución de las redes de Calderón, cumpliendo los requerimientos y especificaciones técnicas definidas por la EPMAPS.

La presente descripción breve de la memoria técnica del sistema SCADA, se aplica de manera general a cada uno de los tanques que conforman el proyecto; sin

embargo, se aclara que, en el Informe No. 7, correspondiente a este tema y que es adjunto al presente informe principal, se consideran las características particulares de cada tanque.

## 8.2 DESARROLLO DEL DISEÑO

El diseño del sistema SCADA contempla la siguiente estructura:

- Diagrama P&ID
- Diseño de la Arquitectura de Control
- Instrumentación del proceso
- Sistema de Control, Monitoreo y Supervisión
- Sistema de alimentación eléctrica
- Anexos: Planos eléctricos

## 8.3 DIAGRAMA P&ID

Este diagrama P&ID (Piping and Instrument Diagram), es la representación del proceso de la estación o planta, donde se muestra información importante como es: tuberías, equipos, instrumentación, flujo del proceso, entre lo principal. Para su elaboración se consideran los lineamientos establecidos en la normativa ANSI/ISA-5.1-2009 "Instrumentation Symbols and Identification".

El P&ID de cada estación de tanque almacenamiento muestra los siguientes equipos e instrumentos:

- En la tubería de entrada al tanque se tiene un medidor de flujo (FIT-1). Posteriormente se divide en dos ramales que están controlados, para cierre y apertura, con válvulas anulares, comandadas con actuadores motorizados tipo ON/OFF (MOV-1/MOV-2). Cada válvula está monitoreada con sensores / transmisores de presión (PIT-1 / PIT-2 y PIT-2 / PIT-4), para su protección; adicionalmente se tienen filtros y válvulas manuales para bloque de cada línea.
- En cada celda se medirá el nivel de llenado a través de un transmisor de nivel (LIT1 / LIT-2), uno por cada celda. Adicionalmente, se tienen switches de nivel en alto y bajo (LSH-1 / LSL-1 para una celda y LSH-2 / LSL-2 para la segunda celda, los cuales indican el llenado completo del tanque o si está vacío.
- A la salida del tanque, en cada salida, se tiene medición de caudal (FIT-2) y un medidor de cloro residual (AIT-1).
- Adicionalmente, en cada cámara de válvulas y medición se tienen sensores de nivel (LS-1 y LS-2) para inundación, los cuales enviarán una alarma en caso de tener un derrame de agua dentro de la cámara y su consecuente inundación.
- Las puertas principales de entrada a la estación, la puerta de entrada a la cámara de válvulas y medición, y la o las tapas de entrada a las celdas del tanque tendrán un switch de contacto, para indicar si las puertas o las tapas se abrieron.

## 8.4 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL

La Arquitectura de Control, muestra uno o más sistemas donde el proceso puede ser gestionado directamente mediante un único elemento de control encargado de realizar todas las tareas del proceso de producción y que puede incluir un sistema de monitoreo y supervisión (SCADA). De esta manera se evita que el operador encargado de supervisar y garantizar el funcionamiento continuo de una línea de producción, tenga que estar recorriendo todas las áreas donde se controlan los procesos, sino que el sistema hace que la información llegue a un punto central.

Básicamente un sistema de control industrial centralizado se compone de 3 módulos que se describirán a continuación:

- **Autómata programable (Controlador Lógico Programable PLC):** El PLC es la parte del sistema de control donde llegan las señales eléctricas de monitoreo (discretas y analógicas) desde los equipos e instrumentos instalados en el proceso, se realiza el procesamiento de dichos datos y se generan señales eléctricas de salida para controlar el proceso de acuerdo con sus especificaciones operativas y de seguridad.
- **Interfaz Hombre – Máquina (HMI):** representa la interacción entre el proceso y el usuario, lo que le permite al operador interactuar con el sistema, monitorear el estado actual de la estación o línea de transmisión.
- **Sensores (Digitales y Analógicos):** Otra parte importante del sistema tiene que ver con coleccionar los datos de los puntos estratégicos de la planta. Los instrumentos, son los encargados de adquirir las diferentes variables de proceso (presión, temperatura, flujo, nivel, variables especiales) y de enviarlas hace el Controlado de la estación.

Conforme a lo indicado en estos conceptos, se ha especificado la arquitectura de control de cada una de las estaciones de Tanque de almacenamiento.

Cada estación contará con un Controlador Lógico Programable (PLC) asociado a dos redes Ethernet TCP/IP, en configuración 1 + 1, que tienen un switch de comunicación, cada red, como elemento concentrador.

El primer switch está conectado a una red externa de comunicaciones por fibra óptica y el segundo switch está conectado a un sistema de radiocomunicaciones como back de la primera red.

A cada red Ethernet están conectados, el controlador (PLC), la interfase hombre-máquina (HMI), las fuentes de poder (UPS), el sistema de control de accesos, el teléfono IP, las cámaras de video vigilancia.

Las señales de campo, tales como presión, nivel, caudal, medición de cloro residual, llegan al controlador por señales analógicas.

El control de las válvulas motorizadas se realizará con señales de cableado duro y señales analógicas. Adicionalmente, para monitoreo de los mismo se tiene una red Modbus RTU, asociada al PLC. De la misma forma los medidores de flujo y cloro residual están asociados a una red Modbus RTU, para poder recibir toda la información de los mismos.

## 8.5 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DEL PROCESO

El control del proceso está basado en la medición y monitoreo de las variables: presión, nivel y caudal. Los instrumentos de campo tienen una salida de 4-20 mA, conectados a la tarjeta de entradas análogas del PLC y poder acceder así a las variables del instrumento de medición.

Para el control del proceso a través de las variables se dispondrá de válvulas anulares y mariposa, que dispondrán de actuadores eléctricos tipo modulante y On/OFF, respectivamente, los mismos que a través de un motor DC realizan el cierre y la apertura.

Disponen de protocolo de comunicación Modbus RTU.

### 8.5.1 MEDIDOR DE FLUJO/CAUDAL

Para la selección del medidor de caudal, tanto en la línea de ingreso de agua al tanque, como en la línea de salida, se consideran los siguientes criterios:

- Las características del fluido (agua potable) y condiciones del proceso.
- El criterio y recomendaciones de la EPMAPS, sobre la base de su experiencia en la medición de flujo en sistemas semejantes al que se quiere implementar con el presente proyecto.
- Con la información de las características del fluido, las condiciones del proceso, información técnica de fabricantes de medidores de flujo (Alemania, Japón, USA), se determinó que el tipo de medidor más recomendable es el **medidor de flujo electromagnético**, el mismo que está diseñado para la medición del flujo de líquidos con una conductividad 500 S/m (conductividad del agua potable: 0.005 – 0.05 S/m)<sup>1</sup>.
- Adicionalmente, se confirma que el equipo identificado luego del análisis coincide con el tipo de medidor utilizado por la EPMAPS en varios de sus sistemas.
- El tipo de medidor de flujo seleccionado presenta ventajas especiales como son:
  - Al no tener partes móviles en su sistema de medición, tiene un bajo de nivel de mantenimiento y además un mayor tiempo de vida útil.
  - Alto nivel de precisión en la medición, que está por el orden del 0,2%.

### 8.5.2 MEDIDOR DE NIVEL

Para medir el nivel también existen diferentes tipos de instrumentos de medición y su selección, al igual que los instrumentos de flujo, depende de las características del fluido (densidad, viscosidad, conductividad, etc.), precisión en la medición y otras condiciones para el monitoreo del nivel como el tipo de alimentación eléctrica, tipo de

conexión al proceso, tipo de señal de salida (corriente, voltaje, pulsos), protocolos de comunicación.

Para la medición de nivel en las celdas de los tanques de almacenamiento se ha considerado dos tipos de instrumentos, un medidor para medición continua y un sensor de nivel tipo interruptor.

Para la selección del medidor a utilizar en la medición continua se han considerado los siguientes criterios:

- a. Análisis de las características y requerimientos del proceso.
- b. Criterios basados en la experiencia de la EPMAPS en medición de nivel de agua potable en sistemas semejantes.

Las características y requerimientos del proceso son las siguientes:

- Aplicación: agua potable
- Tipo de medición: continua
- Rango de medición: 0 – 5 m
- Alta precisión para determinar la cantidad de agua disponible
- Señal de salida: corriente de 4 - 20 mA
- Grado de protección: Mínimo IP 67
- Temperatura de operación: 0°C – 50°C
- Mantenimiento: bajo
- Accesibilidad para revisión y mantenimiento

Del análisis de la información del proceso, así como la información disponible en manuales de fabricantes de medidores de nivel (Alemania, Japón, USA), se determina que el sensor de presión diferencial es el tipo de medidor de nivel a utilizarse en cada una de las celdas que conforman los tanques de almacenamiento de agua, ya que cumplen con los requerimientos de precisión, operación en las condiciones del proceso, confiabilidad e integración al sistema de control.

Cada celda del tanque de almacenamiento es un tanque abierto, cuyo “espejo” de agua soporta la presión atmosférica.

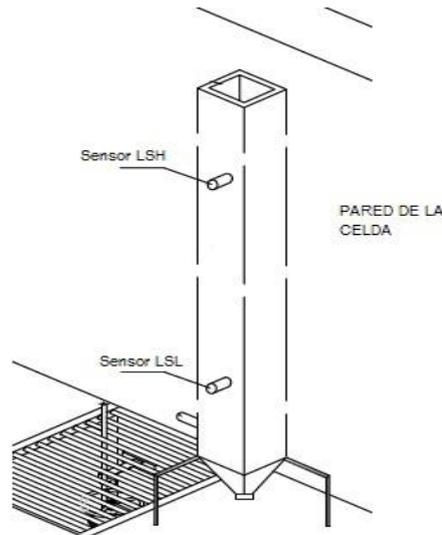
Adicionalmente a la medición de nivel continuo, en cada celda se considera una pareja de sensores de nivel tipo interruptor para monitorear los niveles en Alto y Bajo, para tener protecciones de seguridad por nivel en los tanques.

Los requerimientos del proceso para los interruptores de nivel son:

- Compatibilidad con el fluido: uso para agua potable
- Precisión: menor +/- 10 mm
- Señal de salida: contacto NO/NC
- Instalación: en exterior de la celda del tanque de almacenamiento
- Temperatura operación: 0°C – 50°C
- Accesibilidad para revisión y mantenimiento

Tomando como referencia la información disponible en manuales de fabricantes de interruptores de nivel (USA) se establece como alternativa el uso del interruptor de nivel tipo flotador, compatible para estar sumergido en agua, con cable de señal incorporado.

En la siguiente figura se muestra la ubicación para el montaje de los interruptores de nivel LSH y LSL:



**Figura 64 Ubicación para el montaje de los interruptores de nivel LSH y LSL**

**Fuente:** INGECONSULT, 2021

- Sensor de nivel alto LSH: ubicado a una altura de unos 60 cm bajo el nivel del vertedero de desborde de cada celda.
- Sensor de nivel bajo LSL: ubicado a una altura que corresponda a 1 m sobre la línea de entrega a la red de distribución (tubería de salida a la red), para evitar el ingreso de aire a la tubería de conducción.

Los sensores de nivel LSH y LSL estarán montados en un tubo cuadrado de acero inoxidable, de 12 cm x 1.5 mm de espesor, calidad 304, el mismo que dispondrá de válvulas tanto para el llenado y vaciado de agua.

### 8.5.3 SENSOR DE NIVEL (DETECCIÓN DE INUNDACIÓN)

El proceso de almacenamiento y distribución de agua potable en cada una de las estaciones/tanques, tiene el riesgo (con una baja probabilidad de ocurrencia) que puedan producirse inundaciones/derrames dentro de las instalaciones. Se considera necesario colocar sensores para verificar la presencia de agua a una altura mayor o igual a 10 cm desde el nivel del piso. Estos sensores de nivel generarán señales de alarma para alertar al personal operativo y se tomen las acciones pertinentes.

Los requerimientos del proceso para los interruptores de detección de inundación son:

- Rango de medición: 0 – 0,5 m
- Precisión: +/- 50 mm
- Señal de salida: contacto NO/NC
- Compatibilidad con el fluido: uso para agua potable
- Instalación: en interior de caja para inundación
- Temperatura operación: 0°C – 40°C
- Grado de protección: IP 68, diseñado para trabajar sumergido en agua en caso de riesgo de inundación
- Accesibilidad para revisión y mantenimiento

Se establece el uso de un interruptor de nivel, tipo flotador, compatible para estar sumergido en agua, con cable de señal incorporado.

#### 8.5.4 MEDIDOR DE PRESIÓN

Para la medición de la presión a la entrada de agua de cada uno de los tanques, se emplearán transductores instalados en los ramales de la EDC (Estructura de Control) ubicada en la entrada de agua.

Una función adicional importante, de los medidores de presión, es que pueden permitir la detección de fugas en la línea que conduce el fluido.

Cada ramal dispondrá de dos transmisores de presión, uno ubicado antes de la válvula de control tipo anular y otro ubicado luego de dicha válvula.

Los requerimientos del proceso para los medidores de presión son:

- Precisión: +/- 1%
- Señal de salida: 4 - 20 mA
- Compatibilidad con el fluido: uso para agua potable
- Instalación: directa sobre la línea de conducción
- Temperatura operación: 0°C – 40°C
- Grado de protección: IP 68
- Accesibilidad para revisión y mantenimiento

#### 8.5.5 ACTUADOR ELÉCTRICO, MOTORIZADO

La regulación del caudal de entrada y salida de agua en cada uno de los tanques, se realiza por medio de válvulas de tipo anular, para el caso de la línea de ingreso (EDC, Estructura de Control); mientras que en la línea de salida se realiza por medio de una válvula tipo mariposa. El control de estas válvulas lo realiza el controlador programable (PLC) a través de actuadores eléctricos, en base a la información del proceso (presión, nivel, caudal).

Las válvulas anulares y mariposa disponen de actuadores eléctricos tipo modulante y On/OFF, respectivamente, que a través de un motor DC se realiza el cierre y la apertura de las mismas.

Para la selección del tipo y características del actuador apropiados, se tomó como referencia los lineamientos establecidos en la norma americana ANSI/AWWA C542-16 "Electric Motor Actuators for Valves and Slide Gates".

Con las especificaciones establecidas a partir de la norma C542-16, para las válvulas anulares y mariposas se determina el modelo del actuador.

Uno de los principales requerimientos, es que el actuador debe disponer de un sistema de comunicación con protocolo Modbus RTU, que permitirá implementar una red de comunicación con el controlador programable (PLC).

A través de esta red, se puede tener acceso a los datos de cada actuador relacionado con cada una de las válvulas, tales como:

- Posición, porcentaje de apertura
- Estado de la válvula: en operación, en fallo, en reposo
- Estado de mando: Local, apagado, remoto
- Registro de fallas

## 8.6 SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SUPERVISIÓN

El sistema de control está basado en un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se requiere cumpla de las siguientes especificaciones principales:

- Voltaje de operación a 24 VDC.
- Sistema modular para las señales de Entrada/Salida
- Procesamiento de la aplicación en forma de tareas: continua, periódica o por eventos.
- Puerto de comunicación para programación
- Puerto de comunicación a red Ethernet (al menos 1 puerto)
- Capacidad de integrar/manejar una red de comunicación tipo Modbus RTU
- Capacidad de memoria para programa datos, de acuerdo al número de entradas/salidas
- Capacidad de respaldo del programa y datos en una memoria externa.
- Seguridad para protección de acceso a programas
- Lenguajes de programación: Escalera, Bloques de Función, Texto Estructurado, Funciones Secuenciales
- Software de programación para ambiente Windows
- Certificaciones CE, UL, RCM

El sistema de control debe incluir una Interfaz Hombre Máquina (HMI). La HMI es la principal forma de enlace entre el operador y el sistema automático, ya que proporciona información y control sobre el proceso.

La operación local de cualquiera de los tanques, requiere que el operador tenga la capacidad de visualizar las condiciones operativas del mismo: presión en la línea de entrada de agua, nivel en las celdas de almacenamiento, flujo/caudal de ingreso, flujo/caudal de salida, estado de los actuadores eléctricos, alarmas activadas durante la operación del sistema, estado de las comunicaciones con el centro de control, etc., así como, configurar o re-configurar las condiciones de operación cuando así lo requiera el proceso siempre y cuando se cuente con las autorizaciones respectivas o se disponga del nivel de acceso apropiado.

Para el diseño y desarrollo del HMI se considera como referencia el estándar ANSI/ISA- 101.01-2015. El propósito del estándar ANSI/ISA-101 es considerar la filosofía, el diseño, la implementación, la operación y el mantenimiento de los HMI para los sistemas de automatización de proceso.

En la figura a continuación se muestra el esquema para el desarrollo/programación y operación del HMI:

### ESQUEMA OPERACIÓN DEL HMI

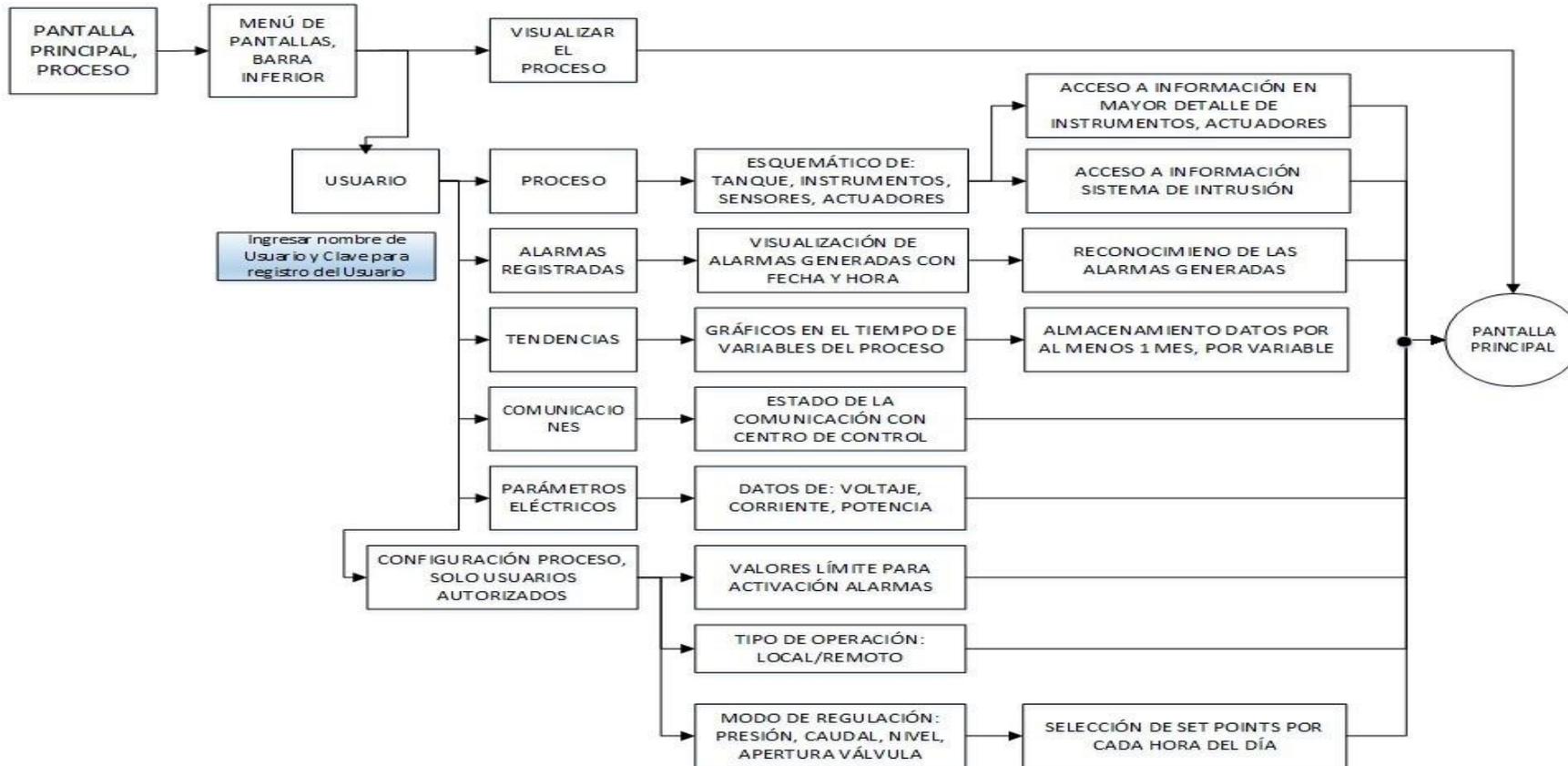


Figura 65 Esquema para La Programación del HMI  
Fuente: INGECONSULT, 2021

## 8.7 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Por requerimiento de la EPMAPS para estandarizar los niveles de tensión eléctrica para sistemas de control en instalaciones de este tipo, se debe utilizar un sistema de alimentación eléctrica de corriente continua (DC) con un valor de 24 voltios, por lo cual, todos los instrumentos o equipos a instalarse en cada uno de los tanques deben cumplir esta especificación en cuanto al tipo y nivel de tensión.

El sistema de alimentación eléctrica de corriente continua (DC), será alimentado a través de un breaker de protección de la caja eléctrica de distribución de 110 V corriente alterna, que a su vez está alimentado desde la línea de la empresa eléctrica.

Con el fin de garantizar la operación ininterrumpida de cualquiera de los tanques debido a la suspensión del servicio de energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se considera la instalación de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), que de acuerdo a requerimiento de EPMAPS, debe cumplir un tiempo de autonomía de alrededor de 8 horas.

Con estos antecedentes, se realizó la evaluación de carga eléctrica requerida en cada uno de los tanques, y posteriormente con la ayuda de una herramienta gráfica desarrollada por un fabricante de sistemas SAI (Alemania) se determina las características eléctricas de dicho sistema.

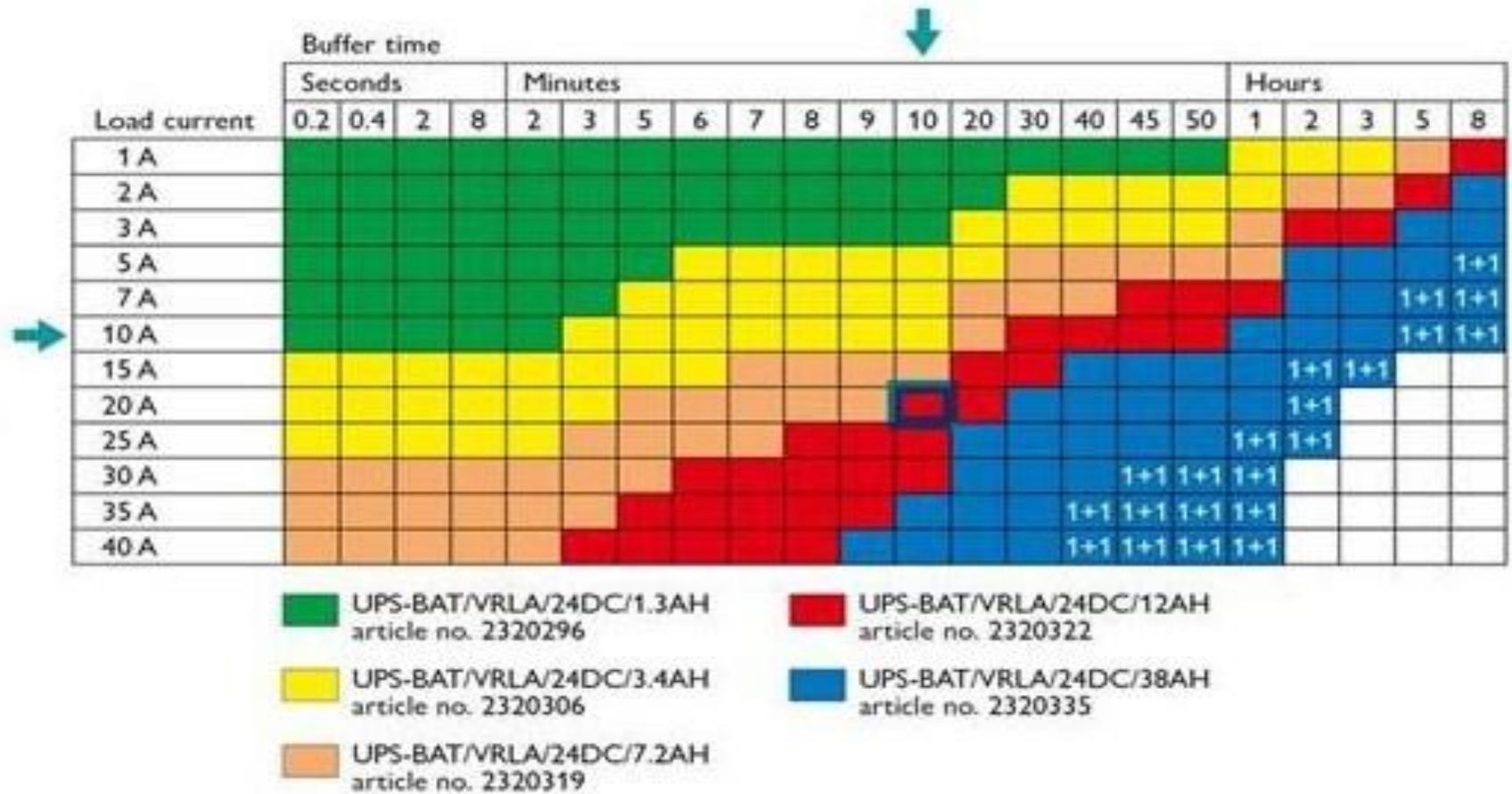


Figura 66 Herramienta Gráfica para Dimensionar Según la SAI

Fuente: SAI

De acuerdo con el fabricante, si el resultado es “1+1” significa que se necesitará dos bancos de acumuladores de energía con la misma capacidad.

Para la aplicación de la herramienta gráfica se requiere como información: a) la carga eléctrica, b) las horas de autonomía/respaldo eléctrico; por tal razón se ha dividido la carga eléctrica en dos partes, de aproximadamente 10 A cada una.

Como se puede observar para una corriente de carga de 10 A y un tiempo de respaldo de 8 horas se requiere de un UPS a 24 VDC en combinación con un banco de dos baterías de 38 A-h de capacidad, cada un tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid 3), selladas, libres de mantenimiento.

### 8.7.1 ESTIMACIÓN DE CARGA PARA CADA ESTACIÓN / TANQUE

Se han estimado las cargas, considerando una estación tipo en la cual tenemos la mayor cantidad de cargas:

**Tabla 67 Estimación De Carga Eléctrica DC – Parte I**

DESCRIPCIÓN	Cant	I (A)	I TOT (A)
Controlador lógico programable	1	1,90	1,90
Fuente de alimentación PLC 24VDC/5VDC para: Procesador Módulo de 32 entradas digitales Módulo de 8 salidas digitales Módulo de 4 entradas analógicas Módulo de 4 salidas analógicas Módulo de comunicación Modbus RS 485 Módulo de comunicación Ethernet			
Interface Hombre Maquina – HMI a color, touch screen, 10 pulg	1	1,67	1,67
Sensor de presión válvula control: PIT	4	0,025	0,10
Sensor de nivel por presión diferencial PDT	2	0,05	0,10
Medidor flujo/caudal, línea de salida: FQIT1	1	0,83	0,83
Medidor flujo/caudal, línea de entrada: FQIT2, FQIT3	2	0,83	1,67
Interruptor de nivel seguridad LSH: 2 celdas	2	0,025	0,05
Interruptor de nivel seguridad LSL: 2 celdas	2	0,025	0,05
Interruptor de nivel inundación LSH: Cámara de válvulas y medición	2	0,025	0,05
Interruptor de contacto-magnético: puerta principal (2), puerta cám EDC (1)	3	0,01	0,03
Interruptor tipo electromecánico ingreso: celdas (2)	2	0,01	0,02

DESCRIPCIÓN	Cant	I (A)	I TOT (A)
Interruptor tipo electromecánico: puerta tablero TDP(1), puerta tablero TDA (1)	2	0,01	0,02
Lámparas iluminación tablero (*)	2	0,2	0,10
Control de accesos	1	0,8	0,80
Radio de comunicaciones	1	2,50	2,50
<b>TOTAL</b>			<b>9,89</b>

**Tabla 68 Estimación De Carga Eléctrica DC – Parte II**

DESCRIPCIÓN	Cant	I (A)	I TOT (A)
Switch de comunicaciones administrable, operación redundante	2	3,33	6,67
Actuador eléctrico válvula anular MOV1 y MOV2, modulación, solo opera UNO a la vez (*), factor de uso 80%	2	4,17	3,33
Actuador eléctrico válvula mariposa MOV3 y MOV4, no modulante (*), factor de uso 25%	2	4,17	1,04
<b>TOTAL</b>			<b>11,04</b>

**Fuente:** INGECONSULT, 2021

Se recomienda un sistema conformado por los siguientes equipos:

- Fuente de alimentación 120 VAC/24 VDC, compatible con UPS
- UPS de 24 VDC, compatible con la fuente de alimentación, con capacidad automática para suministrar energía a las cargas desde la fuente de alimentación o desde baterías, sistema de control para cargar las baterías, sistema de señales de alarma para monitorear la operación del equipo.
- Banco de baterías conformado por dos grupos de baterías cada uno. Cada grupo consta de dos baterías de 12 VDC.

El diseño del equipamiento eléctrico para el sistema de control y automatización para la operación de cada uno de los tanques que conforman el proyecto “Diseño definitivo de la línea de transmisión, tanque de almacenamiento y redes de Calderón” incluye la determinación del o los tableros eléctricos, que alojarán los equipos y elementos eléctricos, en condiciones seguras tanto para los operarios/usuarios como para los equipos, para asegurar la operación confiable y continua del sistema de control.

El tablero principal de control (PLC) consta de un cuerpo y sus dimensiones se han determinado en base al espacio requerido para el montaje de los equipos, elementos, sistemas de cableado y demás accesorios.

El tablero de control está conformado principalmente por:

- Controlador lógico programable (PLC) que incluye: fuente de poder, procesador con puerto de comunicación para programación, módulos de entrada/salida discreta, módulos de entrada/salida análoga, módulo de comunicación Modbus RTU, módulo de comunicación Ethernet.
- Panel de operador, Interfase Hombre – Máquina (HMI), pantalla a color, tipo touch screen, con puerto de comunicación Ethernet.
- Switches de comunicación Ethernet, dos unidades para disponer de un sistema redundante de comunicación (fibra óptica FO y radio frecuencia RF) administrable, físicamente a través de los cuales se realizará la integración de cada uno de los tanques al sistema centralizado de control.
- Sistema de suministro y respaldo de energía a 24 VDC, que incluye: fuente de poder de 24 VDC redundante, supresor de transientes.
- Elementos de protección: interruptores termomagnéticos, fusibles, supresores de transientes para el sistema de control.
- Elementos de conexión.
- Cableado eléctrico para interconexión de los equipos y elementos del sistema de control instalados tanto en el mismo tablero, como los equipos e instrumentos instalados en el proceso.
- Protecciones eléctricas para cargas AC del sistema de fuerza.
- Cableado eléctrico del sistema de fuerza.
- Sistema de control de temperatura en el interior del tablero, para evitar la condensación debido a variaciones de temperatura ambiente.
- Iluminación interior activada con la apertura de las puertas.
- Tomacorrientes a 120 VAC para conexión de equipos especiales de manera muy esporádica (ejemplo, PC de programación).

Debe cumplir con las siguientes características:

- Grado de protección IP-65.
- Identificación impresa en acrílico ubicada en las puertas.
- Sistema de apertura con mecanismo de seguridad (llave única).
- El montaje de los equipos dentro del tablero debe permitir las labores de mantenimiento y reparación, sin tener la necesidad de desmontar o desconectar equipos instalados.
- El ingreso de cables al tablero debe realizarse con conectores a prueba de polvo y agua tipo prensa estopa metálico no corrosivo fabricado en acero galvanizado con sello a prueba de ingreso de agua, grado de protección IP68/Nema 3R.
- Toda la infraestructura metálica instalada, deberá estar rígidamente conectada al sistema de puesta a tierra.

El tendido del cableado del sistema de control desde el tablero de control (PLC) hacia los equipos e instrumentos instalados en el proceso se realiza a través de bandeja metálica tipo y/o tubería rígida metálica de tipo IMC roscable, de dimensiones

apropiadas, dependiendo del número y tipo de cable a emplearse en la instalación de los equipos.

El ingreso de cables a los instrumentos, equipos debe realizarse con conectores a prueba de polvo y agua tipo prensa estopa metálico no corrosivo fabricado en acero galvanizado con sello a prueba de ingreso de agua, a fin de garantizar la hermeticidad dentro de los equipos.

La tubería y/o canaleta metálica deberá fijarse a la losa, piso y/o pared, utilizando accesorios apropiados para este fin, como pueden ser: canal troquelado, abrazaderas ajustables o pernos. En ningún caso se puede fijar tubería o canaleta a la pared del tanque.

Toda la infraestructura metálica utilizada para la instalación de bandejas y/o tuberías, deberá estar conectada al sistema de puesta a tierra.

## **8.8 SISTEMA DE COMUNICACIONES**

### **8.8.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

Diseñar un sistema de comunicaciones confiable, escalable, modular y de última tecnología que sirva de soporte al sistema SCADA (Datos), transmisión de voz y video, para enlace entre los tanques del denominado Sistema Calderón, así como con los centros de control: UMED y Distrito Calderón de la EPMAPS.

Entre los objetivos específicos se señalan:

- Realizar el diseño del sistema de comunicaciones con un grado de confiabilidad del 99,99 %.
- Diseñar la red de comunicaciones utilizando el protocolo de comunicación mediante el uso de una topología de red ETHERNET TCP / IP.
- El nuevo sistema de comunicaciones debe acoplarse e integrarse a los sistemas de comunicación que se encuentran operando actualmente.

El diseño del Sistema de Comunicaciones contempla:

- La transmisión y recepción de datos en tiempo real del Sistema SCADA,
- La transmisión de video e imágenes (cámaras de video) de las estaciones
- La transmisión de señales de voz entre las estaciones y salidas externas
- La transmisión de datos en los sistemas de acceso y alarmas
- La integración a los sistemas de comunicación existentes

## **9. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

Se diseña como un sistema bidireccional (full dúplex) por fibra óptica (FO) y radiofrecuencias (RF), que permite las siguientes funciones:

- Transmisión de Datos: Intercomunicación de señales del sistema SCADA

- Transmisión de voz (audio)
- Transmisión de video y secuencia de imágenes

Si se considera que el sistema de comunicaciones debe tener 99,99 % de confiabilidad, se utilizan enlaces físicos con la utilización de fibra óptica e inalámbricos con el uso de radios de datos, para cumplir con la adecuada redundancia de:

- Un esquema de transmisores y receptores ópticos de línea en configuración (1+1), a través de la línea de conducción principal (Backbone de FO).
- Un esquema redundante en anillo, constituido por terminales ópticos y por radios de RF consiguiendo una configuración (1+1). En caso de rotura de la fibra, el sistema seguiría en operación aprovechando la configuración de anillo diseñada con el Backbone de FO y los enlaces de radio.

En consecuencia, se utiliza: (i) Un sistema de comunicaciones por fibra óptica, como sistema principal; y, (ii) Un sistema de comunicaciones por radio frecuencia punto a punto y punto a multipunto.

Para aumentar el rendimiento y evitar la saturación de la red, dentro de la gestión de administración de la red, se utilizan la VLANs (Red de Área Local Virtual) y el QoS (Calidad de servicio) que garantizan la entrega de mensajes en caso de congestión. En las VLANs, se separa el tráfico de mensajes para los sistemas de control, el sistema de vigilancia IP y telefonía IP, permitiendo disminuir el dominio de colisión y el dominio broadcast, minimizando el peligro de congestión de la red.

El sistema de comunicaciones contará con IEEE 802,1w RSTP (rapid spanning tree protocol), redundancia lógica de tal forma que un fallo en una vía de dirección de transmisión principal fibra óptica, este cambiaría de dirección para llegar al destino.

En lo posible, se deberá proveer una Protección de ERPS (Ethernet Ring Protection Switching), definido en el estándar ITU-T G.8032, que es un protocolo que provee estabilidad y un entorno libre de bucles. Es una solución para anillos ethernet que puede proporcionar un tiempo de respuesta por debajo de los 50ms.

## 9.1 CRITERIOS Y PARÁMETROS DEL DISEÑO

Las redes de Telecomunicaciones son básicamente redes tipo LAN (Local Area Network) sobre ETHERNET usando el protocolo TCP/IP. La red LAN principal, que se denominará LAN1 se fundamenta en una línea de fibra óptica pasiva (PON) con capacidad de velocidades de transmisión simétrica de hasta 1,25 Gbps, mientras que la red LAN basada en el uso de radiofrecuencias (RF) se denomina LAN2, que usará el mismo protocolo, pero con capacidad de velocidad de transmisión de hasta 1 Gbps. La arquitectura de ambas redes será la descrita en la Figura 68.

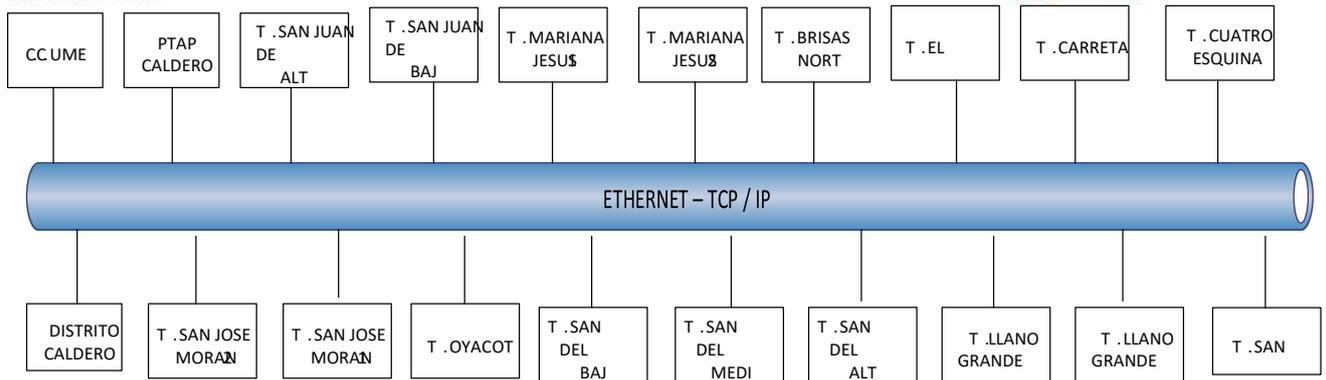


Figura 67 Protocolo de las Redes LAN

### 9.1.1 DATOS SCADA SOBRE IP

Los datos en cada tanque, vienen de señales analógicas cuya resolución es de 16 bits (2 bytes) por dato, con un tiempo de procesamiento en promedio de 120 mseg en el PLC, y de señales discretas (resolución de 1 bit). Por lo tanto, la velocidad efectiva por todos los bits de todas las señales sería igual a 300 kbps / cada tanque. Si todos los puntos del sistema SCADA transmitieran al mismo tiempo, se necesitaría un gran ancho de banda, pero el software de control recibe información de punto en punto, o sea que el ancho de banda para SCADA es bastante pequeño.

### 9.1.2 VOZ SOBRE IP

La tecnología de Voz sobre IP (VoIP) se relaciona con la transmisión de voz a través de paquetes IP. Consiste en convertir una señal analógica en digital en paquetes usando un codificador llamado CODEC.

El formato de la trama en IP incrementa bits en la cabecera, el código UDP (User Datagram Protocol) y RTP (Real Time Protocol), en total incrementa 67 bytes = 536 bits (1byte = 8 bits) a la información.

Tabla 69 Tasa Binaria De Salida Y Retardo Producida Por Códec De Voz

VOICECODER RECOMENDACIÓN	CODIFICACION	CAPACIDAD DEL CANAL (kbps)	RETARDO (mseg)
G.711	PCM	64	20 – 30
G.726	ADPCM	16, 32, 24,16	30
G.729 <sup>a</sup>	CS-ACELP	8	15
GSM	RPE-LTP	13	20

Fuente: INGECONSULT, 2021

Para calcular el ancho de banda total, se asume que, de los 55 teléfonos (uno por cada estación), el 10 % puede estar hablando al mismo tiempo, es decir unos 6 teléfonos, lo que resulta en un ancho de banda de 513.6 kbps.

La calidad de Servicio QoS es la capacidad que la red presenta para ofrecer un nivel de servicio adecuado. Al transmitir señales de voz se tiene los siguientes inconvenientes:

- Retardo sufrido por los paquetes
- Ancho de banda necesario para una buena transmisión de voz
- El jitter causado por la variación del retardo
- Pérdidas de paquetes debido a la congestión en los switches de datos
- La calidad del servicio y de la comunicación deberá tener un umbral de retardo de máximo 150 mseg.

### 9.1.3 VIDEO SOBRE IP

Para el cálculo del ancho de banda de red y el espacio de almacenamiento se considerarán los siguientes parámetros:

- Número de Cámaras
- Grabación continua o basada en eventos
- Número de horas al día que la cámara estará grabando
- Imágenes por segundo
- Resolución de la imagen
- Tipo de compresión de video
- Condiciones de luz y cantidad de movimiento
- Cuánto tiempo deben almacenarse los datos

**Tabla 70 Número De Teléfonos IP Y Cámaras IP**

ESTACION	Número en el Proyecto	Teléfonos IP	Cámaras IP
TANQUES	18	18	54
REPETIDORAS DE RADIO	3	0	0
CENTROS DE CONTROL	2	2	2
<b>TOTAL:</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>56</b>

Fuente: INGECONSULT, 2021

Debido a la cantidad alta de cámaras, la grabación será basada en eventos. El formato de compresión a utilizarse será el H.264 que da un menor ancho de banda de red y menor espacio de almacenamiento.

Para el número de cámaras IP proyectado, se hace necesario la instalación de un NAS (Network-Attached-Storage), permitiendo mayor almacenamiento. El video será almacenado en un servidor ubicado en uno de los centros de control, o en una tarjeta SD dentro de cada cámara. Cualquier navegador web puede ser usado para ver

cualquier cámara IP. El software de manejo del sistema de video puede ser instalado en el mismo PC. Así mismo, las cámaras podrían ser vistas desde un Smartphone usando la aplicación para ver y grabar videos.

La grabación deberá ser por eventos, en los momentos de detección de movimiento o de disparo de alarma, o cuando la cámara sea activada por el operador.

El Ancho Total de Banda es igual a 8 Mbps y el Espacio de almacenamiento: 50 Megabytes, según reportan los cálculos en el Informe respectivo adjunto al presente Informe Principal. La sumatoria de anchos de banda llega a ser igual a 8,81 Mbps.

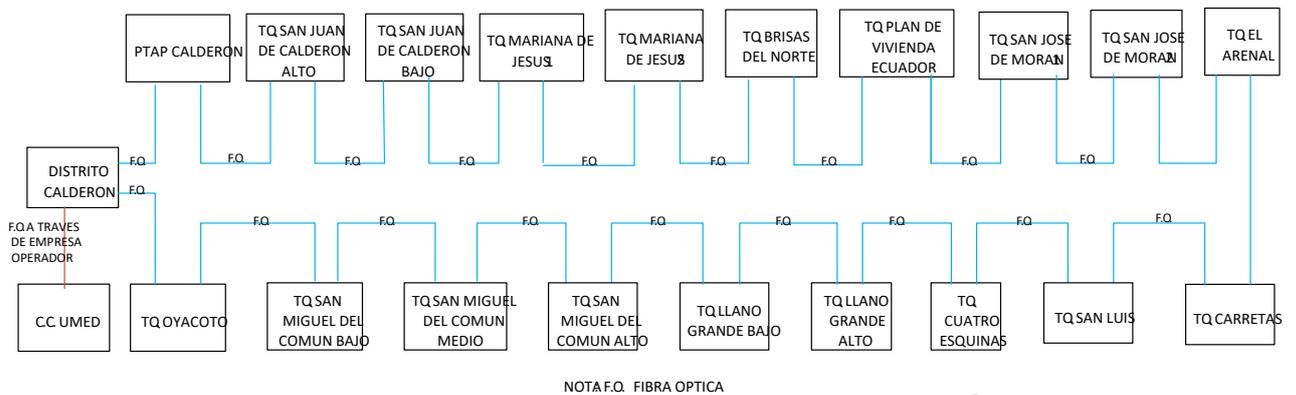
## 9.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

En este caso se considera desarrollar una red de área local denominada LAN 1, normalizada, mediante fibra óptica tipo monomodo (single-mode) en Ethernet, que permita la integración de los diferentes tanques de almacenamiento del Sistema Calderón y los centros de control como son la UMED y el Distrito de Calderón. Se aprovecha la instalación de las nuevas tuberías y de las de refuerzo de la línea de distribución en el mencionado sistema.

### 9.2.1 LA RED LAN 2 SERÁ UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES INALÁMBRICO

#### Arquitectura de la red de telecomunicaciones por Fibra Óptica

La arquitectura y lógica de operación de la red LAN1 de Fibra óptica será como la descrita en la Figura 79. que indica que la red formará un anillo virtual lógico.



**Figura 68 La Arquitectura Y Lógica De Operación De La Red LAN1 De Fibra Óptica**

Fuente: INGECONSULT, 2021

## 9.3 CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

El sistema digital de comunicaciones tendrá una alta disponibilidad, debe garantizar una tasa de error que no supere valores de COMUNICACIÓN =  $1 \times 10^{-6}$ .

Los terminales de línea ópticos, en general, poseen valores bajos de MTBF debido al envejecimiento de los componentes ópticos, por lo que la confiabilidad de la fibra óptica sería del 99.99 %.

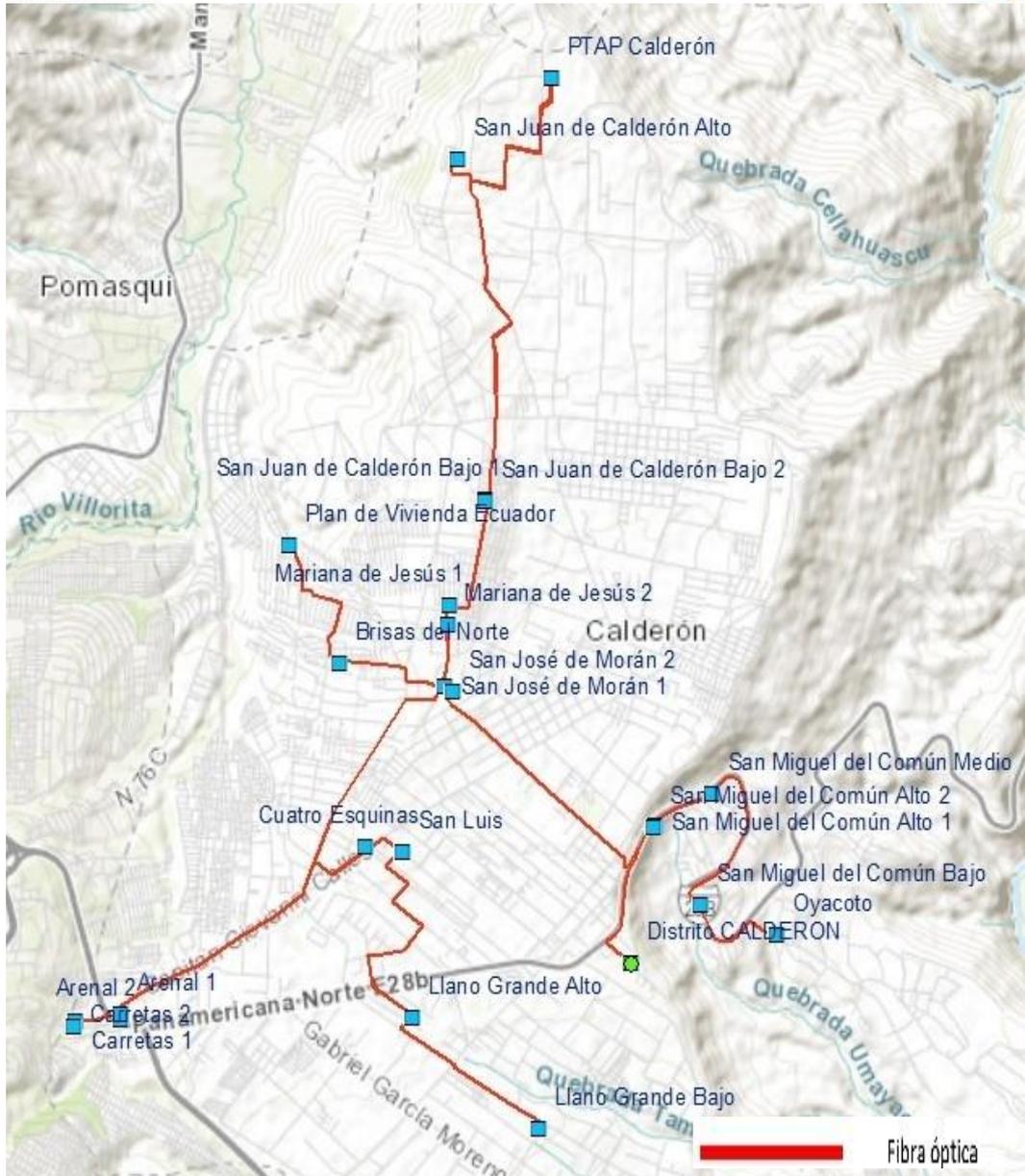
Para la optimización de los enlaces de fibra óptica se considera:

- COMUNICACIÓN (Bit Error Rate) del enlace
- Vida útil de los equipos
- Costo Total del sistema
- Posibilidad de ampliaciones futuras

El diseño de la red de Telecomunicaciones se fundamenta en la arquitectura del sistema SCADA, que contempla dos centros de control principales: (i) Subcentro de Control de Calderón ubicado en la Unidad Operativa Calderón; y, (ii) Centro de Control UMED (Unidad de Mantenimiento Electromecánico de Distribución).

La trayectoria de la fibra óptica será instalada a una distancia de 1 m. de la zanja que se realizará para la tubería nueva. En el caso de que la tubería principal de agua potable no sea cambiada, se deberá realizar la construcción de la zanja solamente para el soterramiento de la fibra óptica, que debe tener un ancho de máximo 50 cm. Y profundidad de 1 m.

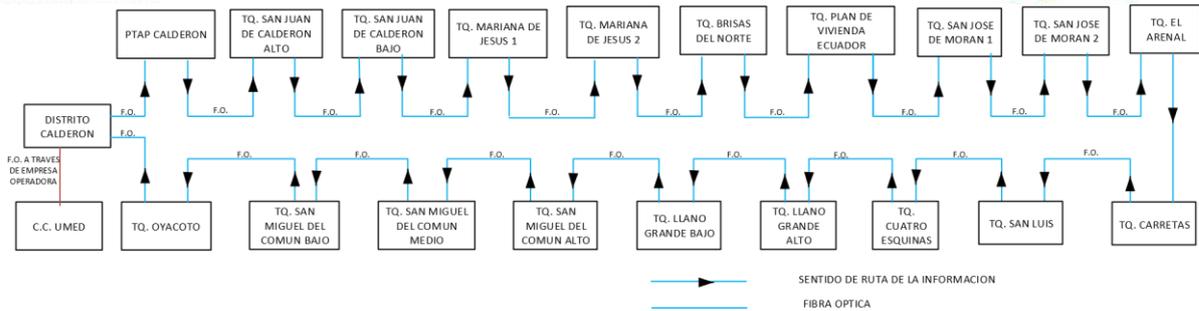
El sistema de fibra óptica estará conformado por cable de fibra óptica del tipo monomodo según la recomendación del ITU-T G.652.D, de capacidad de 12 hilos, armada la cual será enterrada utilizando un biducto TDP (Tubería de Doble Pared), junto a la tubería de agua potable, disponiendo de puntos de revisión y/o fusión: arquetas a lo largo del trazado y en los puntos de integración del sistema de control.



**Figura 69 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica**  
Fuente: INGECONSULT 2021

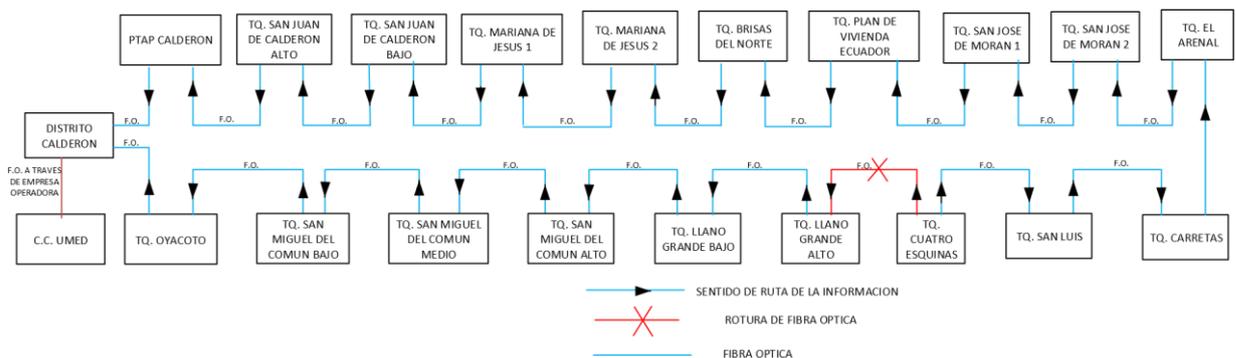
En total, la cantidad de Fibra óptica a utilizarse en el presente Proyecto será de 32,41 Km; la longitud de la zanja que se realizará para enterrar el biducto protector de la fibra óptica será de 28,19 Km.

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, la lógica de la red de comunicaciones por Fibra Óptica sigue una trayectoria de anillo, como se detalla en la Figura 71.



**Figura 70 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

En el caso de que la fibra óptica sea cortada por eventos fortuitos o accidentales, los equipos deberán ser configurados de manera que la trayectoria de comunicación varíe al lado contrario, con lo que se asegura la no pérdida de la comunicación. Una vez restablecida la fibra óptica, la trayectoria de la información volvería a la normalidad. Este proceso ayuda a garantizar una redundancia lógica del transporte de información hacia los centros de control.



**Figura 71 Esquema Del Sistema De Comunicaciones Por Fibra Óptica**  
Fuente: INGECONSULT, 2021

### 9.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

Para su instalación y operación se respetan y siguen los lineamientos y normativas vigentes dadas por todos los entes de control. De igual modo, se determina que las distancias entre los tanques que usan fibra óptica son relativamente cortas.

El cable óptico subterráneo debe poseer características mecánicas adecuadas para soportar golpes y compresiones durante la instalación, así como para repeler la acción de los roedores. El compuesto taponante, para impedir la propagación de humedad dentro del cable, puede ser el típico de resina o elegir la alternativa de cables secos con cinta higroscópica interior.

Se colocan pozos para la Fibra Óptica, según la regulación recomendada para el soterramiento según la Resolución ARCOTEL – 2017-0144, y sus respectivos anexos.

En cada pozo de fibra óptica se prevé la instalación de la caja de empalmes de fibra óptica, así como también dejar una reserva de cable de fibra óptica de 30 m por caja o pozo de revisión.

El ducto a utilizarse será un biducto de doble pared TDP, para de esta forma aprovechar las entradas y salidas a las estaciones.

Se ha realizado el diseño considerando en promedio una distancia de máximo 300 m entre las cajas y/o pozos de revisión de fibra óptica.

El cable FO indicado deberá tener protecciones para: (i) Instalación Externa; y, (ii) Instalación Interna, al ingresar a edificios, siendo en este caso su recubrimiento externo “ignífugo” libre de halógenos de tal manera que ante un incendio sea retardante de llama y no emitir gases tóxicos.

### **9.3.2 TUBERÍA TDP PARA PROTECCIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

El cable de fibra óptica se instalará dentro de un biducto paralelo, con membrana de unión flexible, hechos de polietileno de alta densidad, para garantizar la protección del cable ante ambientes abrasivos y roedores. Debe garantizar una completa impermeabilidad y hermeticidad, sobre todo en sus uniones.

La tubería para la protección de los cables de fibra óptica será un biducto de se obtendrá mediante un proceso de extrusión, fabricado con materia virgen de PVC (poli cloruro de vinilo); tendrá una pared interior lisa y una pared exterior corrugada la cual le confiere un alto valor de rigidez anular con bajo peso. Esta tubería se instalará directamente sobre el terreno y sin recubrimiento de concreto.

### **9.3.3 IDENTIFICACIÓN Y ROTULACIÓN**

Se cumple con el Artículo 9 de la Resolución No. ARCOTEL-2017-0144, donde se menciona que: “Los propietarios de infraestructura de soterramiento de telecomunicaciones deberán identificar dicha infraestructura. Las tapas, pozos, ductos, cajas de revisión deben contener la identificación del propietario de dicha infraestructura y además deben entregar la información de los ductos y capacidad en uso de los ductos conforme los formatos, condiciones y procedimientos que apruebe la ARCOTEL”.

Las tapas de los pozos de revisión serán de hormigón e identificadas utilizando la palabra “EPMAPS – COMUNICACIONES”. Se colocan rótulos de identificación de la obra conforme con las disposiciones del Gobierno Autónomo Centralizado de Pichincha.

En el Informe respectivo de Diseño Definitivo del Sistema de Comunicaciones y SCADA, adjunto al presente Informe Principal se describen las características de otros componentes menores, pero que deben cumplir con los requerimientos de la Normativa de la EPMAPS y del ARCOTEL.

## 9.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES POR ENLACE DE RADIO FRECUENCIA

Considerando que la disponibilidad del sistema de comunicaciones tendrá el 99,99 % de confiabilidad, se propone la utilización de enlaces de radio de datos dentro de la banda de 5,4 a 5,8 GHz, y que cada estación del presente sistema de comunicaciones tenga doble equipo de radio, utilizando una configuración Punto a Multipunto y Punto a Punto, para cumplir con lo propuesto acerca de la redundancia 1+1, en equipamiento, dado que utilizarían la misma antena.

### 9.4.1 RANGO DE FRECUENCIAS

Según la Resolución 03-02-ARCOTEL-2016, la ARCOTEL determina que las bandas destinadas a enlaces de radio de Modulación Digital de Banda Ancha son:



RESOLUCIÓN 03-02-ARCOTEL-2016

ACTUAL	MODIFICACIÓN
<b>EQA.90</b> En las bandas 902 – 928 MHz, 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 150 – 5 350 MHz, 5 470 –5 725 MHz, 5 725 – 5 850 MHz y 24,05 – 24,25 GHz, también operan sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y enlaces auxiliares de radiodifusión sonora que utilizan técnicas de modulación digital de banda ancha sin protección contra interferencias perjudiciales.	<b>EQA.90</b> En las bandas 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 150 – 5 350 MHz, 5 470 –5 725 MHz, 5 725 – 5 850 MHz, 24,05 – 24,25 GHz y 57 – 64 GHz, operan sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha sin protección contra interferencias perjudiciales.
<b>EQA.95</b> En la banda 929 - 932 MHz operan sistemas Buscapersonas Unidireccional para los servicios FIJO y MÓVIL.	Suprimir la Nota EQA.95
<b>EQA.100</b> En las bandas 901 - 902 MHz y 940 - 941 MHz, operan sistemas Buscapersonas Bidireccional para los servicios FIJO y MOVIL.	Suprimir la Nota EQA.100

Figura 72 Copia De Pantalla De La Resolución De ARCOTEL

Fuente: ARCOTEL

- Las bandas más apropiadas para el medio del DM Quio son las de 2,4 a 2,4835 GHz y 5,470 a 5,85 GHz.
- Para realizar la predicción de los enlaces punto a punto se utiliza el software LINKPLANNER 228nicas228 5.2.1 de la empresa Cambium Networks, adscrita a MOTOROLA. Linkplanner permite realizar la modelación del radioenlace, cambiando variables como el escenario geográfico, la distancia, la altura de la antena, potencia del transmisor y emitiendo resultados en los cuales se refleje el comportamiento del enlace, el troughput, la confiabilidad, el perfil del enlace, la potencia de recepción, etc.
- Los cálculos se fundamentan en las recomendaciones ITU-R P.526-10 y ITU-R P.530-12 para predicción en rutas NLoS y LoS (enlaces con no línea de vista

y con línea de vista). Para realizar los perfiles de los enlaces, LINKPlanner utiliza las siguientes fuentes de datos:

- SRTM Version 3 (ver SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) Technical Guide)
- ASTER Version 1 (visite <http://www.nasa.gov/centers/jpl/missions/aster.html>)
- GeoBase (visite <http://www.geobase.ca/geobase/en/index.html>).

#### 9.4.2 EQUIPOS DE RADIO

Los equipos de radio deben ser de gran capacidad de transmisión de datos y alto grado de confiabilidad, para uso exclusivo de enlaces punto a punto y punto a multipunto, transmisión segura, con la escalabilidad para satisfacer necesidades futuras para mayor capacidad, una mayor flexibilidad operacional y mejor eficiencia espectral.

Los sistemas de enlace deberán proporcionar hasta un 99.99 % de disponibilidad en prácticamente cualquier entorno, con visibilidad directa de gran distancia, con alta interferencia, sobre agua y desierto, y con condiciones climáticas extremas. Para obtener una alta confiabilidad y alta velocidad de transmisión, los equipos de radio podrían ser dos radios en un mismo equipo, en modalidad dúo, con control interno para operar ambos equipos o solo uno en caso de daño de uno de ellos.

Las radios deben cumplir con normas de la industria y de eficacia que asegure la interoperabilidad, seguridad, robustez y escalabilidad. Las normas aplicables son:

- Codificación FIPS 197 128/256-bit AES
- IEEE 1588v2 y Ethernet Sincronizado (SyncE)
- Apoyo a la gestión de Ipv6/Ipv4
- Carcasas de aluminio con protección de entrada (IP66/67)
- Certificación MEF9

Los equipos de radio deberán proporcionar la flexibilidad de varias bandas, de entre 4.9 a 6.05 GHz, en un solo radio y variar en tamaños de canal de 5 a 45 MHz.

Una de las principales características será la optimización dinámica del espectro (DSO por sus siglas en inglés), para maximizar la fiabilidad y el rendimiento del enlace.

#### 9.4.3 TOPOLOGIA PUNTO – MULTIPUNTO

De acuerdo a la topografía del terreno y a la distribución espacial de los tanques dentro de la zona de la Parroquia de Calderón, se podrían implementar cinco topologías Punto a Multipunto como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 71 Estaciones Repetidoras Del Sistema De Radio**

Nombre de la Estación	Nombre del AP
San Juan de Calderón Bajo	San Juan de Calderón Bajo: 1

Nombre de la Estación	Nombre del AP
San Juan de Calderón Bajo	San Juan de Calderón Bajo: 2
Distrito CALDERON	Distrito CALDERON : 1
Distrito CALDERON	Distrito CALDERON : 2
Distrito CALDERON	Distrito CALDERON : 3

Los sistemas Punto – Multipunto que se implementarían serían los citados en la Tabla 73 que se presenta a continuación.

**Tabla 72 Sistema De Radio Punto – Multipunto**

No.	Nombre del AP	Nombre del Cliente del AP
1	Distrito CALDERON : 1	San Miguel del Común Medio
2	Distrito CALDERON : 1	San Miguel del Común Bajo
3	Distrito CALDERON : 1	San Miguel del Común Alto 1
4	Distrito CALDERON : 1	Oyacoto
5	Distrito CALDERON : 2	Llano Grande Bajo
6	Distrito CALDERON : 2	Llano Grande Alto
7	Distrito CALDERON : 2	Carretas 1
8	Distrito CALDERON : 2	Arenal 2
9	Distrito CALDERON : 3	San Luis
10	Distrito CALDERON : 3	San José de Morán 2
11	Distrito CALDERON : 3	Cuatro Esquinas
12	San Juan de Calderón Bajo: 1	San Juan de Calderón Alto
13	San Juan de Calderón Bajo: 1	PTAP Calderón
14	San Juan de Calderón Bajo: 2	Plan de Vivienda Ecuador
15	San Juan de Calderón Bajo: 2	Mariana de Jesús 2
16	San Juan de Calderón Bajo: 2	Mariana de Jesús 1
17	San Juan de Calderón Bajo: 2	Brisas del Norte

La Figura General del Sistema de comunicaciones por radio serían los cinco Punto – Multipunto que aparecen a continuación.

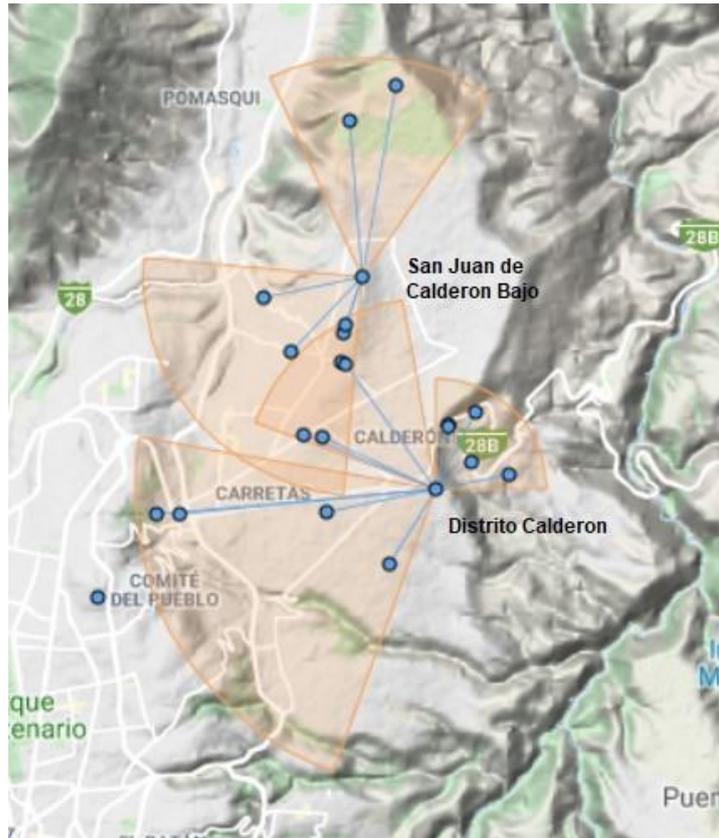


Figura 73 Sistemas Punto A Multipunto Del Sistema De Radio

#### 9.4.4 TOPOLOGIA PUNTO – PUNTO

Con el objetivo de transmitir los datos, video y audio hacia las dos estaciones de control y monitoreo ubicados en la UMED y en el Distrito Calderón, se tiene la necesidad de implementar estaciones repetidoras, las que se han escogido tanques ubicados estratégicamente, del propio sistema de la EPMAPS en las que se tiene listas las instalaciones y equipamiento necesario para ubicar los equipos de radio de las repetidoras, que son:

Tabla 73 Listado De Estaciones Repetidoras

No.	NOMBRE DEL TANQUE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA TORRE (m.)
1	Tq. Cochapamba 2	00.16007S	078.50830W	15
2	Collaloma Medio	00.12263S	078.47366W	24
3	Rancho Alto	00.10742S	078.52850W	15

Anteriormente se detallaron los sitios convenientes para implementar los sistemas PMP, ahora se toman estos mismos sitios para implementar los enlaces punto a punto necesarios para llegar al centro de control central que es la UMED. Cabe citar que, para cumplir con el mecanismo de tener redundancia en la ruta hacia la UMED, se seguiría utilizando los enlaces actualmente utilizados y descritos en la fase de Prefactibilidad del presente proyecto, a saber:

- Enlace en Operación: Distrito Calderón – Tq. Collaloma Alto
- Enlace en operación: Tq. Collaloma Alto – Tq. Atucucho
- Enlace en operación: Tq. Atucucho – UMED

En el presente proyecto los enlaces que se plantean, emitiendo desde el Distrito Calderón, son:

- Enlace 1: Distrito Calderón – Tq. Collaloma Medio
- Enlace 2: Tq. Collaloma Medio – Tq. Cochapamba 2
- Enlace 3: Tq. Cochapamba 2 – UMED

Emitiendo la señal desde el Tq. San Juan de Calderón Bajo serían:

- Enlace 4: Tq. San Juan de Calderón Bajo – Tq. Rancho Alto
- Enlace 5: Tq. Rancho Alto – Tq. Collaloma Medio

Desde Tq. Collaloma Medio se tomaría la misma ruta de los Enlaces 5 y 6 descritos:

- Con el fin de tener la redundancia deseada, se implementaría el enlace:  
Enlace 6: Tq. San Juan de Calderón Bajo – Distrito Calderón

En resumen:

**Tabla 74 Resumen De Los Enlaces Punto A Punto**

<b>ENLACES PUNTO A PUNTO:</b>			
<b>No.</b>	<b>SITIO A</b>	<b>SITIO B</b>	<b>DISTANCIA (Km)</b>
1	DISTRITO CALDERON	TQ. SAN JUAN DE CALDERON BAJO	4,095
2	TQ. SAN JUAN DE CALDERON ALTO	TQ. RANCHO ALTO	12,27
3	TQ. RANCHO ALTO	TQ. COLLALOMA MEDIO	6,33
4	TQ. COLLALOMA MEDIO	TQ. COCHAPAMBA 2	5,65
5	TQ. COCHAPAMBA 2	UMED	3,3

Cabe citar, que por la cercanía entre los Tanques San José de Morán 1 y San José de Morán 2 (0,93 m.), no se instalarían equipos de radio. Se seguiría utilizando como respaldo los equipos de radio que actualmente se mantienen en operación.

#### **9.4.5 TORRES DE COMUNICACIONES**

Las torres de comunicaciones serán auto soportadas del tipo cuadrangular. Se fabricarán de acero con perfiles tipo L, con uniones empernadas de acuerdo con el diseño estructural y en las alturas indicadas en las descripciones de los enlaces presentados.

Sobre ella se instalarán los radios de comunicaciones, la baliza (señalización aérea) y también la protección contra descargas atmosféricas de acuerdo con el detalle mostrado en el respectivo plano o pararrayos con su respectivo sistema de tierra. Por un plano de la torre se canalizarán los bajantes para cables de comunicaciones y alimentadores y por el plano opuesto se tenderá el conductor aislado que guiará las descargas a tierra.

La torre se construirá con el acero especificado y debe ser recubierto con tratamiento de pintura anticorrosiva para exterior y duro ambiente de trabajo en al menos dos capas de color blanco y naranja, según la OACI.

Resistencia a velocidad del viento de:	120 Km/h
Tipo de galvanizado:	en Caliente
Pintura:	Anticorrosiva
Color:	Blanco y Naranja
Tipo de pernos:	Galvanizados o en Acero Inoxidable

## 9.5 SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS, ALARMAS Y PROTECCIÓN PERIMETRAL

El Sistema de Control de Accesos, Alarmas y protección perimetral es un potente sistema de administración de seguridad, amigable con el operador, que permita:

- Administrar titulares de tarjetas, incluyendo su acceso, credenciales y fotografía de identificación
- Monitorear alarmas y controlar todos los aspectos del sistema
- Recuperar y reportar información almacenada en el sistema
- Interactuar e intercambiar información con sistemas de terceros
- Configurar el sitio y todos los componentes del sistema

El sistema será conformado por un centro de control y sus estaciones distribuidas física y lógicamente sobre una LAN. En el centro de comando se instalará una plataforma de gestión central para el sistema de control de accesos y seguridad. Utilizando la arquitectura del servidor del cliente, el software proporcionará un conjunto de características potentes y versátiles, habilitando a los operadores la configuración, monitoreo y control del sistema de seguridad.

El centro de comando deberá ser personalizado para cumplir con las necesidades propias de la EPMAPS, proporcionando: Software en los Centros de Control y Subcentros de Control y componentes del sistema, incluyendo:

- Control de acceso, alarma contra intrusos y cercado de seguridad perimetral
- Horarios para automatizar el acceso y los cambios de estado de alarma. Las puertas pueden ser configuradas para solo requerir credencial, credencial con PIN, acceso doble (dos credenciales 234nicas), acceso libre, etc.
- Retrasos de entrada y salida para zonas con alarma de intrusos

- Respuestas programadas individualmente para un titular o todos los miembros de un grupo de acceso
- División del sistema y privilegios asignados a gestionar operadores
- Comunicación con los controladores distribuidos de punto a punto independiente del servidor. Esto permitirá que la información sea distribuida automáticamente a áreas del sistema donde se requiera
- Soporte telefónico para sitios remotos o monitoreo de alarma fuera del sitio
- Comunicación entre el centro de comando o control y los controladores distribuidos usando un cifrado AES de hasta 256 bits; o un reconocido cifrado para protección de la información
- Configuración, operación en vivo e informes de recorrido de guardia en sitio
- Aplicación de Conexión Móvil
- Autenticación de dos factores con huella dactilar o PIN le permitirá agregar un paso adicional de seguridad, y asegurar que la persona en la puerta, sea exactamente quien dice ser.
- El acceso se podría configurar de forma remota (para visitantes temporales) y de fácil configuración.

## 9.6 CONTROL DISTRIBUIDO EN ESTACIONES

En cada estación del sistema deberá instalarse una tarjeta electrónica de control que sería una interface entre el Servidor ubicado en el Centro de Control y el hardware ubicado en el campo distribuido.

Este hardware sería capaz de procesar, almacenar y comunicar información en tiempo real cuando el Servidor de Centro de Control estuviera desconectado. La arquitectura del sistema directo de este controlador deberá proporcionar opciones de configuración potentes y flexibles.

Deberá admitir y comunicar para administración y operación de las funciones para alarmas contra intrusos y controladores perimetrales de vallas de seguridad para la seguridad perimetral integrada.

Esta tarjeta de control deberá tener conexiones RS485, que pueden ser configuradas individualmente para permitir comunicaciones HBUS, GBUS,

Brindar conectividad a los módulos de dispositivo, así como a otros módulos lectores. Se comunicará directamente con otros controladores distribuidos por medio de LAN/WAN usando TCP/IP con el fin de monitorear, respaldar y, controlar sin requerir que el servidor del centro de control este en línea.

Proporcionar funcionalidad I/O a través de los módulos de lectura y otras opciones de expansión I/O.

### ***Diseño modular.***

Incluirá un puerto USB como alternativa a la conexión de red o para cargar software de forma segura en el controlador.

Admitirá una terminal para administración y operación de las funciones para alarmas contra intrusos y controladores perimetrales de vallas de seguridad para la seguridad perimetral integrada.

Admitirá la gestión de alarmas y la transmisión de alarmas remotas a través de múltiples medios:

- Redes LAN/WAN usando protocolos TCP/IP
- Redes celulares, vía módem celular
- Alarmas PSTN, vía marcado rápido
- Almacena hasta 500,00 (estándar) o 50,000 (conexión móvil) credenciales y, 80,000 eventos
- Controlaría hasta 10 puertas monitoreadas
- Admitirá actualizaciones de software automáticas para todos los usuarios conectados a través de la red LAN
- Puertos de ethernet duales para redundancia del enlace ethernet.
- Soporte para 10MB/100MB/1GB en comunicaciones de red ethernet.

El tipo de control de acceso recomendado podría ser de presencia biométrico / teclado, los que pueden permitir el acceso de una persona tanto por reconocimiento de sus huellas digitales (almacenan alrededor de 2000), o escribiendo nombre de usuario y contraseña en el teclado.

Se adaptan a cualquier situación y envían su información al sistema centralizado, por lo que se pueden poner en todos las estaciones o tanques.

El Cerco eléctrico podría seguir operando en todos los tanques que lo tuvieran. Las señales de alarma serían alimentadas a las tarjetas controladoras ubicadas en cada estación o Tanque.

## 9.7 EQUIPAMIENTO EN LAS ESTACIONES DEL SISTEMA

En el Informe No. 7, adjunto al presente Informe Principal, que está relacionado con el diseño definitivo de los Sistemas de Control, Instrumentación y Comunicaciones, se desarrolla un listado completo de los instrumentos y equipos que se requieren en cada Tanque o Planta para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

A manera de ejemplo del Equipamiento a ser instalado en cada tanque o planta, se presenta las siguientes tablas resumen. Para los demás tanques, el listado se muestra en detalle en el Informe No. 7, antes mencionado.

### *1. Planta de Tratamiento de Calderón*

**Tabla 75 Tablas Resumen**

NUMERO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	RACK DE COMUNICACIONES	u	1,00

NUMERO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
2	SWITCH DE DATOS PARA COMUNICACIÓN	u	2,00
3	TORRE METALICA DE 18 M. DE ALTURA	u	1,00
4	PATCH CORD ETHERNET CAT. 6	u	1,00
5	RADIO CLIENTE – ANTENA INTEGRADA	u	1,00
6	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION INTERIOR	u	1,00
7	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION EXTERIOR	u	1,00
8	TELÉFONO IP	u	1,00
9	TUBERIA IMC DE 1 ¼" PARA EXTERIORES	m	20,00
10	BALIZA DE SEÑALIZACION NOCTURNA CON FOTOCELDA INCLUIDA	u	1,00
11	CABLE DE INTERCONEXION DE BALIZA	m	50,00
12	TUBERIA IMC DE ½" PARA EXTERIORES	m	20,00
13	CABLE INTERCONEXION SFTP CAT.6 IDU-ODU	m	50,00

II. Tanque Cuatro Esquinas

**Tabla 76 Equipamiento En Tanque Cuatro Esquinas**

1	SWITCH DE DATOS PARA COMUNICACIÓN	u	2,00
2	TORRE METALICA DE 15 M. DE ALTURA	u	1,00
3	PATCH CORD ETHERNET CAT. 6	u	2,00
4	RADIO CLIENTE – ANTENA INTEGRADA	u	1,00
5	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION INTERIOR	u	5,00
6	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION EXTERIOR	u	1,00
7	TELÉFONO IP	u	1,00
8	TUBERIA IMC DE 1 ¼" PARA EXTERIORES	u	50,00
9	BALIZA DE SEÑALIZACION NOCTURNA CON FOTOCELDA INCLUIDA	u	1,00

10	CABLE DE INTERCONEXION DE BALIZA	u	50,00
11	TUBERIA IMC DE ½" PARA EXTERIORES	u	50,00
12	CABLE INTERCONEXION SFTP CAT.6	u	250,00
13	CAMARA IP FIJA 180°	u	2,00
14	CAMARA IP FIJA 360°	u	1,00
15	SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO	u	1,00

III. Centro de Control UMED

**Tabla 77 Equipamiento En Centro De Control UMED**

NUMERO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	SWITCH DE DATOS PARA COMUNICACIÓN	u	2,00
2	TORRE METALICA DE 15 M. DE ALTURA	u	1,00
3	PATCH CORD ETHERNET CAT. 6	u	4,00
4	RADIO AP – ANTENA INTEGRADA 90°	u	3,00
5	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION INTERIOR	u	5,00
6	PROTECTOR DE TRANSIENTES ETHERNET PARA INSTALACION EXTERIOR	u	3,00
7	TELÉFONO IP	u	1,00
8	TUBERIA IMC DE 1 ¼" PARA EXTERIORES	u	50,00
9	BALIZA DE SEÑALIZACION NOCTURNA CON FOTOCELDA INCLUIDA	u	1,00
10	CABLE DE INTERCONEXION DE BALIZA	u	50,00
11	TUBERIA IMC DE ½" PARA EXTERIORES	u	50,00
12	CABLE INTERCONEXION SFTP CAT.6	u	350,00
13	RADIO PUNTO A PUNTO	u	1,00
14	ANTENA PARABOLICA CON PIGTAIL	u	1,00
15	COMPUTADOR PORTATIL PARA SIST. COMUN. Y REDES	u	1,00

NUMERO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
16	CENTRAL TELEFONICA IP	u	1,00
17	SERVIDOR DE REDES, VIDEO Y APLICACIONES	u	1,00
18	PANTALLA GIGANTE PARA MONITOREO	u	1,00

## 10. ESTUDIOS AMBIENTALES

### 10.1 MARCO LEGAL

En el sistema legislativo ecuatoriano se puede encontrar un importante número de disposiciones de carácter ambiental contenidas en: La Constitución de la República del Ecuador, en múltiples instrumentos internacionales suscritos por el País, en leyes orgánicas y ordinarias, en decretos, acuerdos, estatutos, ordenanzas, en un sinnúmero de reglamentos, resoluciones y en otros cuerpos normativos ambientales. El marco legal e institucional deberá mantener el orden jerárquico o mediante la pirámide de Kelsen, considerando la legislación ambiental ecuatoriana.

Para el caso ecuatoriano la distribución se la puede observar en la Figura 75 donde se representa la jerarquía de las leyes y está dividida en tres niveles, el nivel fundamental en el que se encuentra la constitución, como la suprema norma de un estado y de la cual se deriva el fundamento de validez de todas las demás normas que se ubican por debajo de la misma, el siguiente nivel es el legal y se encuentran las leyes orgánicas y especiales, seguido de las leyes ordinarias y decretos de ley, para luego seguir con el nivel sub legal en donde encontramos los reglamentos, debajo de estos las ordenanzas y finalmente al final de la pirámide tenemos a las sentencias.

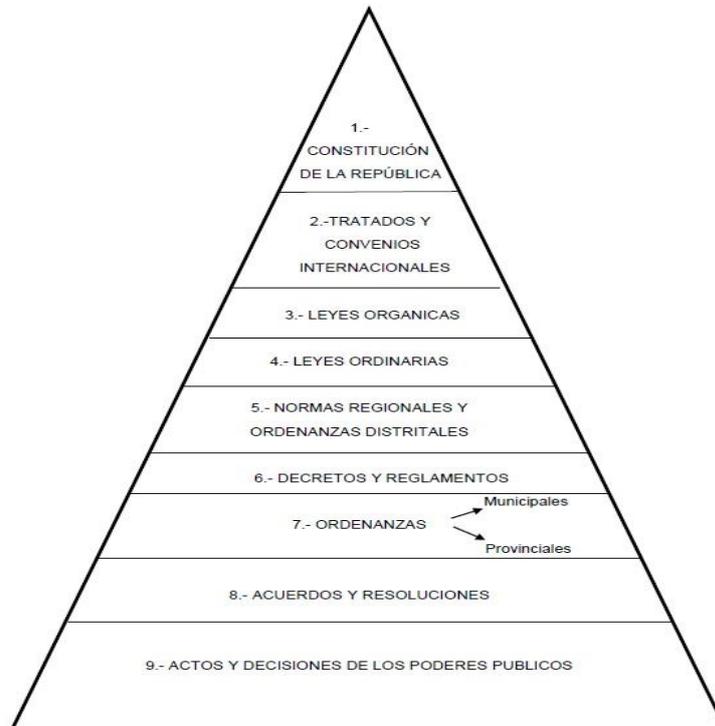


Figura 74 Pirámide Kelseniana De La Constitución De La República del Ecuador  
Fuente: PNBV

De conformidad con la legislación ambiental vigente, además de lo estipulado en la Constitución de la República del Ecuador y otras leyes pertinentes, el Proyecto debe observar lo dispuesto en los siguientes cuerpos legales, incluidos sus reglamentos: i) Código Orgánico del Ambiente, ii) Ley Orgánica de Participación Ciudadana y Consulta Previa, iii) Código Orgánico de la Salud; iv) Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, v) Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD); vi) Ley Orgánica de Cultura entre los más relevantes. Así mismo debe seguir los procedimientos nacionales con respecto al proceso de Regularización Ambiental, señalados en el Acuerdo Ministerial 061 y su reforma (A.M. No. 109) que reforma el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente que define el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en el Ecuador. A continuación, un resumen de la legislación señalada.

**Código Orgánico del Ambiente (COA)**, establece los principios y directrices de la política ambiental; determina las obligaciones, las responsabilidades, los niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental; hace referencia al cumplimiento de las normas ambientales, así como los controles y las sanciones en la gestión ambiental en el país, y orienta en los principios universales del desarrollo sustentable. En complemento, regula además temas como cambio climático, áreas protegidas, vida silvestre, patrimonio forestal, calidad ambiental, gestión de residuos, incentivos ambientales, zona marino costera, manglares, acceso a recursos genéticos, bioseguridad, biocomercio, entre lo más destacado.

**Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua**, garantiza el derecho humano al agua como el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura entre otros aspectos. También prohíbe toda clase de privatización del agua, por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente, por tanto, no puede ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral, o empresa privada nacional o extranjera. Su gestión será exclusivamente pública o comunitaria.

**COOTAD**, tiene como finalidad sustancial el profundizar y garantizar la descentralización en el Ecuador, aportar el fortalecimiento del rol del Estado mediante consolidación de cada uno de los niveles de gobierno, impulsando la organización territorial de manera equilibrada y solidaria, para evitar situaciones de desequilibrio y exclusión. De igual forma aporta a afirmar el carácter intercultural y plurinacional del Estado a democratizar la gestión de los gobiernos locales y delimitar el rol y ámbito de acción de cada nivel de gobierno, evitando duplicación de funciones y optimizando su administración. Por otra parte, aporta a fortalecer capacidad rectora del Gobierno Central y establece los mecanismos de articulación y coordinación entre distintos niveles de gobierno para distribuir equitativamente los recursos entre territorios y niveles de gobierno.

**Ley Orgánica de Participación Ciudadana y Consulta Previa**, entre otros aspectos, establece la potestad ciudadana para proponer la creación, reforma o derogatoria de normas jurídicas ante la Función Legislativa o ante cualquier otra institución u órgano con competencia normativa en todos los niveles de gobierno. Esta ley faculta también a los ciudadanos a realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social (o ambiental) a la actuación de los órganos y autoridades de todas las funciones del Estado (incluidas las autoridades ambientales correspondientes) y los diferentes niveles de gobierno, fomenta la participación ciudadana, instaura los presupuestos participativos, los consejos consultivos, la consulta previa, libre e informada, la rendición de cuentas y el acceso a la información.

## 10.2 MARCO INSTITUCIONAL

Dentro del Marco Institucional se tiene que la Empresa de Agua tendrá relación con el GAD – Pichincha, con el GAD del Distrito Metropolitano y entes del Gobierno Central como el INPC, Ministerio de Trabajo y Ministerio de Salud. En la siguiente figura se puede observar un mapa relacional de las entidades involucradas, a continuación, se procederá a realizar una breve descripción de cada uno de los entes gubernamentales y locales (Figura 76).

**Figura 75 Marco Institucional del Proyecto**



Fuente: INGECONSULT, 2021

### **MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE)**

El Sistema Único de Manejo Ambiental SUMA, en el Art. 3 define al Ministerio del Ambiente como la autoridad ambiental nacional rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las competencias de las demás instituciones del Estado.

Al MAE, le corresponde dictar las políticas, normas e instrumentos de fomento y control a fin de lograr el uso sustentable y la conservación de los recursos naturales, orientados a asegurar el derecho de los habitantes a vivir en un ambiente sano, contribuyendo al desarrollo del país.

Caso particular de aplicación es el Art. 19 del Código Ambiental que menciona: Sistema Único de Información Ambiental. El Sistema Único de Información Ambiental es el instrumento de carácter público y obligatorio que contendrá y articulará la información sobre el estado y conservación del ambiente, así como de los proyectos, obras y actividades que generan riesgo o impacto ambiental. Lo administrará la Autoridad Ambiental Nacional y a él contribuirán con su información los organismos y entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y del Estado en general, así como las personas, de conformidad con lo previsto en este Código y su normativa secundaria. El Sistema Único de Información Ambiental será la herramienta informática obligatoria para la regularización de las actividades a nivel nacional.

Artículo 172.- Objeto. La regularización ambiental tiene como objeto la autorización de la ejecución de los proyectos, obras y actividades públicas, privadas y mixtas, en función de las características particulares de estos y de la magnitud de sus impactos o riesgos ambientales.

Para dichos efectos, el impacto ambiental se clasificará como no significativo, bajo, mediano o alto. El Sistema Único de Información Ambiental determinará automáticamente el tipo de permiso ambiental a otorgarse.

## **DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL GAD PROVINCIAL DE PICHINCHA**

Establece y regula las etapas, requisitos y procedimientos del Subsistema de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha, para la prevención, control y mitigación de los impactos ambientales que generan las actividades, obras o proyectos a ejecutarse; así como aquellas que se encuentran en operación dentro de la provincia de Pichincha, a fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y lograr la sustentabilidad de los recursos naturales, con sujeción a los elementos y requisitos establecidos en la Ley de Gestión Ambiental y el Reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) previsto en el Título I, Libro VI, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Para las actividades obras o proyectos que superen la jurisdicción del Distrito Metropolitano de Quito o del cantón Rumiñahui será de competencia del GAD Provincial de Pichincha su conocimiento, así como su pronunciamiento y trámite correspondiente.

## **Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito**

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito es el organismo que ejerce el gobierno del Distrito Metropolitano de Quito. Está encabezado por el Alcalde Metropolitano de Quito, quien preside el Consejo Metropolitano, escoge a Administradores Zonales, Directores Metropolitanos, Gerentes de Institutos, Agencias y Empresas Metropolitanas.

El Alcalde Metropolitano de Quito es la máxima autoridad administrativa y política del Distrito Metropolitano de Quito, es la cabeza del cabildo y representante del Municipio; lidera el poder ejecutivo del Gobierno Autónomo Metropolitano.

Entre otros poderes y responsabilidades, la Constitución de la República del Ecuador encarga a los Alcaldes Metropolitanos de Quito, la autoridad de administración acompañado de un Consejo Metropolitano conformado por 21 concejales, del cual formará parte, lo presidirá y, tendrá voto dirimente.

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Metropolitano de Quito (EPMAPS-Q), es la dependencia municipal encargada de la gestión del agua en el Distrito Metropolitano de Quito, desde la captación en las fuentes hasta el manejo de las aguas residuales urbanas pasando por todo el proceso de conducción, potabilización, distribución y recolección de las aguas residuales.

## **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA (MSP)**

Es el organismo competente en materia de salud, en el orden político, económico y social; y la Dirección Nacional de Salud, en el orden técnico-administrativo, normativo, directivo, ejecutivo y evaluador.

Toda materia o acción de salud pública o privada, será regulada por las disposiciones contenidas en la Ley Orgánica de Salud, en las Leyes Especiales y en los Reglamentos.

En aquellas materias de salud vinculadas con la calidad del ambiente, regirá como norma supletoria de la Ley Orgánica de Salud, la Ley del Medio Ambiente, conforme lo establece la Disposición General Primera de la Ley de Gestión Ambiental.

La Dirección Nacional de Salud Ambiental de este Ministerio debe coordinar la aplicación de políticas, y normativas de salud pública aplicables al sector eléctrico.

El Ministerio de Salud tiene jurisdicción para aplicar sanciones conforme al Art. 46 del Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas y según lo dispuesto por el Art. 45 de la Ley de Gestión Ambiental.

#### **MINISTERIO DEL TRABAJO (MT)**

Es el ente rector de la administración del desarrollo institucional, de la gestión del talento humano y de las remuneraciones del Sector Público. Ejecuta las políticas laborales, fomenta la vinculación entre oferta y demanda laboral, protege los derechos fundamentales del trabajador y trabajadora.

La autoridad en materia laboral es el MT, a éste le corresponde la reglamentación, organización y protección del trabajo y además atribuciones establecidas en el Código de Trabajo y en la Ley de Régimen Administrativo en materia laboral.

Si bien la normativa nacional cuyo primer marco de referencia es el Código del Trabajo, reserva para el MT, a través de la Dirección de Seguridad y Salud en el Trabajo, la supervisión y control de estos aspectos; este mismo cuerpo de leyes acepta y deriva (Art. 432) parte de esa responsabilidad al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), el mismo que a través del seguro especializado de riesgos del trabajo ha desarrollado e implementado la plataforma del sistema legal y técnico en materia de prevención y control de los riesgos en las diversas actividades productivas del país, en estrecha coordinación con el MT.

#### **INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL (INPC)**

El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural es una institución del sector público que goza de personería jurídica, adscrita a la Casa de la Cultura Ecuatoriana.

Tiene entre otras funciones y atribuciones las de: Investigar, conservar, preservar, restaurar, exhibir y promocionar el Patrimonio Cultural en el Ecuador, así como regular de acuerdo a la Ley todas las actividades de esta naturaleza que se realicen en el país.

La Ley de Patrimonio Cultural, establece que en toda clase de actividades que impliquen movimientos de tierra para construcciones quedan a salvo los derechos del Estado sobre los monumentos históricos, objetos de interés arqueológico y paleontológico que puedan hallarse en la superficie o el subsuelo al realizarse los trabajos, por tanto están obligados a informar al Instituto de Patrimonio Cultural en caso de hallazgos arqueológicos y suspender las labores en el sitio donde se hayan verificado dichos hallazgos; lo que o convierte en un organismo de control, a la cual están sujetas las actividades desarrolladas sobre todo durante la construcción del Proyecto.

Con la finalidad de realizar la categorización respectiva del proyecto y como Descripción de la actividad corresponde al sector Saneamiento específicamente a la CONSTRUCCIÓN Y/U OPERACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISION por lo que su trámite corresponde a un REGISTRO AMBIENTAL el tiempo de emisión del registro es Inmediato previo el pago de una tasa de 180.0 dólares. En la etapa de factibilidad se deberá analizar el desbroce de cobertura vegetal existente especialmente en la llegada de la línea a la PTAP. Existe la necesidad de mantenerse atento a la publicación del Reglamento al Código Ambiental con la finalidad de poder sacar el registro o en su defecto actuar bajo los nuevos lineamientos que instrumentalicen al Código Ambiental vigente desde abril de 2017.

### 10.3 METODOLOGIA

El conocimiento y la caracterización ambiental realizada para el área de influencia del Proyecto, permitió identificar y dimensionar las características principales de cada uno de los componentes y subcomponentes ambientales.

Para la identificación de las alteraciones ambientales, se tomó en consideración las características ambientales del entorno (componentes ambientales, caracterizados en la línea base) y las potenciales acciones generadoras de impacto en el sector de ubicación del proyecto y su área sensible.

Mediante correlación de los componentes ambientales con las actividades a desarrollar, se evalúa cualquier cambio positivo o negativo, que se podría provocar, sobre el ambiente como consecuencia directa e indirecta de las acciones del Proyecto, además se han considerado aquellos aspecto que puedan producir deterioro ambiental a la capacidad productivas de los recursos naturales y de los procesos ecológicos esenciales, así como a la salud y calidad de vida de la población del área de influencia.

Los impactos ambientales generados por el Proyecto se identificaron para sus componentes: línea de transmisión, tanques de almacenamiento y redes.

Se realizó el análisis de la alternativa cero, que sería la no ejecución del Proyecto, se determinó que no es conveniente dejar sin desarrollar este Proyecto, por cuanto el fin es dotar de agua a la zona de Calderón y, de esta manera satisfacer la demanda de agua con un sistema que brinde calidad, cantidad, continuidad y cobertura.

La identificación de los impactos se efectuó conociendo las etapas de las que se compone el Proyecto:

- Fase de Construcción.
- Fase de Operación y mantenimiento.
- Fase de Cierre.

En cada una de estas fases se realizan acciones o actividades que pueden producir impactos tanto positivos como negativos sobre el medio ambiente.

A continuación, se presenta la descripción de las acciones o actividades que generan impactos sobre los componentes ambientales durante cada etapa del Proyecto.

### **Descripción de las actividades del Proyecto**

Las actividades potenciales, generadoras de impactos significativos han sido determinadas a partir de las secciones que se realizan en el diseño, la construcción, y operación y mantenimiento, son las siguientes.

#### **□ FASE DE CONSTRUCCIÓN**

Se ha conformado un registro de acciones de tal manera que sean lo más representativas del Proyecto.

En la Tabla 79 constan las acciones consideradas y su definición para la fase de construcción del Proyecto.

**Tabla 78 Actividades Fase Constructiva Redes – Calderón**

<b>Código</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
C1	Servidumbres y derechos de paso para la construcción de la línea de transmisión – Expropiación / Adquisición de predios	Comprende todas las acciones necesarias, tanto de orden social como legal para la liberación de las áreas a ser utilizadas por la línea de transmisión y tanques de almacenamiento y sus obras complementarias. Incluye la tramitología y la declaratoria de utilidad pública en el caso de que así amerite el proceso para facilitar la construcción del proyecto.

Código	Actividad	Descripción
C2	Adecuación de bodegas	Adecuación de un área en las cercanías de la zona del Proyecto Redes – Calderón que sirva como bodega, así como también patio de maniobras del equipo necesario para la realización de las actividades constructivas del Proyecto (Retroexcavadoras, volquetas, tanquero de agua, generadores, compresor, suelda autógena, pintura interna de tubería, 1 equipo de rayos X, compactadores neumáticos, grúa).
C3	Limpieza y desbroce	Las operaciones de limpieza y desbroce tienen como objeto permitir la adecuación de la infraestructura básica del Proyecto, estas operaciones deberán dejar el terreno libre de obstáculos, maleza, árboles, arbustos, tocones, raíces y cualquier material indeseable, de modo que dichas zonas queden aptas. El desbroce consiste en efectuar las actividades siguientes: cortar, desenraizar cualquier vegetación comprendida dentro del área de construcción.
C4	Replanteo y nivelación	Actividad necesaria antes de iniciar el proyecto. Principalmente en el área donde se van a realizar las ampliaciones de los tanques.
C5	Señalización de rutas alternas	Se pondrá señalización en los sitios en dónde se necesite realizar desviación del tráfico vehicular, debido a las actividades constructivas del Proyecto.
C6	Levantamiento de capas de rodadura y veredas	Se realiza en el área y extensión que se va a intervenir.
C7	Transporte de materiales	El transporte de materiales se lo realizará con maquinaria, hacia los lugares predeterminados, de acuerdo a la programación.
C8	Ubicación de áreas de acopio de materiales	Consiste en la selección de los lugares donde se depositan provisionalmente materiales diversos: áridos, cemento, tierras vegetales, entre otros, para su posterior uso y/o desalojo en el proyecto. De preferencia se lo realizarán en los predios dónde se ampliarán los tanques.
C9	Desalojo y transporte de escombros y residuos de construcción	Se realiza mediante volquetes que transportan los escombros de excavación y construcción hasta escombreras autorizadas.

Código	Actividad	Descripción
C10	Excavación en zanjas	Mediante el uso de maquinaria y/o de forma manual, se ejecuta dicha excavación en ancho y profundidad predeterminados en el proyecto.
C11	Cortes y relleno compactado	tubería. Los rellenos compactados, se efectuarán bajo normativas de calidad de suelo existente y normativas de compactación
C12	Rasanteo de zanjas	Es la excavación manual del fondo de la zanja para adecuar la estructura de tal manera que esta quede asentada sobre una superficie consistente.
C13	Colocación de la cama	Se entenderá por cama o colchón de arena, a la base para tuberías dentro de las zanjas, destinada a una adecuada reparación de esfuerzos y absorción de los mismos. Las camas se construirán antes del tendido de tuberías, y previo al tendido deberán ser aprobadas por el Fiscalizador, ya que en caso contrario ésta podría ordenar si no considera conveniente que se levante la tubería colocada, y se reconstruyan las capas defectuosas, sin que el constructor tenga derecho a ninguna compensación adicional.
C14	Instalación de tubería	Actividad que se realiza con ayuda de maquinaria o manualmente.
C15	Instalación de válvulas y anclaje de tuberías	Se realiza mediante excavación manual o con maquinaria, y con estructura de hormigón armado.
C16	Tapado	Consiste en el relleno donde se encuentra la tubería (Zanja abierta) con el mismo material que se extrajo durante la excavación.
C17	Operación de maquinaria	Corresponde al uso de maquinaria para efectuar acciones como excavación, retiro de tierra, escombros y traslado de material.
C18	Uso de combustibles, aditivos y lubricantes	Almacenamiento y manejo de combustibles para el funcionamiento diario de la maquinaria y equipos en la ampliación de los tanques.
C19	Reposición o reparación de capas de rodadura, aceras y bordillos	Actividad que se cumple antes de finalizar la obra, en caso de que existió afectación.
C20	Construcción de torres de comunicación	Consiste en la instalación de las torres de comunicación que servirán como parte del sistema SCADA, se entiende también como el montaje de la estructura metálica.

Elaboración: INGECONSULT, 2021

□ **FASE DE OPERACIÓN**

En la Tabla 80 constan las acciones consideradas y su definición para la fase de operación del Proyecto.

**Tabla 79 Acciones Para La Fase De Operación Y Mantenimiento**

Código	Acción	Definición
O1	Operación de la línea de transmisión, redes y tanques de almacenamiento.	Es la actividad que justifica la construcción del Proyecto, y que garantiza la dotación del servicio a la población de Calderón. Al momento no implica ningún riesgo de afectación ambiental.
O2	Inspección, mantenimiento y reparación de redes, válvulas, y tanques almacenamiento	Se relaciona con la buena operación de los componentes del sistema, con aspectos como la generación de gases, riesgo de sobrepresiones, roturas de tuberías, infiltraciones de aguas lluvia en tanques o redes, fisuras de estructuras, contaminación del agua potable por descargas o roturas de tuberías, que pueden afectar la seguridad y salud del personal a cargo de la actividad. Se realiza con una frecuencia anual en todo el sistema.
O3	Limpieza y desinfección de tuberías	Es una actividad permanente y periódica que realizará la EPMAPS con el objeto de mantener el buen estado del sistema y la operatividad de estos elementos. Se aumenta la frecuencia en cuando existe un corte del servicio.
O4	Funcionamiento de las Torres comunicación y mantenimiento	Funcionamiento del equipo de comunicación y de las torres, comprende las acciones involucradas en el mantenimiento de las Torres, sistema SCADA, principalmente revisión y arreglo de equipos, cambio de piezas, pintura, entre otros.

Elaboración: INGECONSULT, 2021

**Fase de Cierre**

Se considera para el presente estudio a la fase de cierre al conjunto de actividades que permitan el retiro de instalaciones y abandono que permitan el desalojo de la maquinaria, equipos e insumos utilizados durante la construcción del mismo Tabla 81.

**Tabla 80 Acciones Para La Fase De Cierre**

Nº	Acción	Definición
----	--------	------------

Ci1	Desmontaje de las estructuras y equipos	Se refiere a las acciones que conlleve al desmantelamiento del equipo de torres de comunicación, al cableado, retiro de la infraestructura, para entregar el área del Proyecto, de ser posible, en similares condiciones iniciales antes de la construcción.
Ci2	Limpieza y ordenamiento del área intervenida	Se realiza al finalizar la obra con el objeto de retirar el área de restos de escombros de construcción y residuos de origen doméstico.

Fuente: INGECONSULT, 2021

Los principales componentes ambientales que son susceptibles de ser afectados por las actividades mencionadas anteriormente, se presentan a continuación:

**Tabla 81 Factores Ambientales Considerados para la Caracterización Ambiental  
Proyecto Línea de Conducción Puenbo – Calderón**

Código	Componente Ambiental	Subcomponente Ambiental	Factor Ambiental	Definición
Abt1	ABIÓTICO	Aire	Material Particulado	Se prevé que la generación de polvo por la excavación, la carga y descarga de materiales de construcción y por las actividades de construcción.
Abt2			Ruido	El ruido proviene de la mayoría de las actividades del proceso de preparación del sitio de construcción y generarán contaminación acústica de carácter temporal, puntal y discontinuo que será objeto de medidas de reducción.
Abt3			Emisiones de RNI	La operación de las torres de comunicación generara emisiones RNI en niveles bajos
Abt4		Agua	Calidad del Agua	Afectación de la Calidad del agua durante las actividades constructivas, operativas y de cierre del Proyecto Línea de Conducción Palaguillo – Puenbo – Calderón.

Abt5		Suelo	Calidad del Suelo	Afectación de la Calidad del suelo durante las actividades constructivas, operativas y de cierre del Proyecto Línea de Conducción Paluguillo – Puembo – Calderón.
Bio1	BIÓTICO	Flora	Flora	La Flora será afectada por el desbroce de la capa vegetal y deterioro de las plantas existentes debido a la frecuencia del transporte de las maquinarias u equipos menores y por la acumulación de escombros sobre la cobertura vegetal.
Bio2		Fauna	Fauna	La Fauna se encontrará afectada en general por los ruidos generados de las maquinarias y equipos en funcionamiento y la actividad del hombre que realiza su trabajo de construcción de la línea de transmisión y las instalaciones varias. Bajo este contexto las especies se desplazan hacia donde hallan menos perturbación para su hábitat.
Ant1	ANTRÓPICO	Paisaje	Calidad Paisajística	La afectación a la calidad paisajística será de carácter temporal, se debe a las actividades de la fase de construcción de la línea de Conducción Paluguillo – Puembo - Calderón; también afectaría al paisaje la disposición inadecuada de los residuos sólidos restos de construcción y escombros.
Ant2		Económicos	Generación de empleo	Las distintas etapas del proyecto generarán empleo temporal, lo cual se considera un impacto positivo neto. Además del empleo indirecto generado por servicios de vigilancia, limpieza, mantenimiento, etc.

Ant3	Humanos	Calidad de vida	La calidad de vida en la fase de construcción será afectada por el polvo, ruidos y la disposición inadecuada de los residuos sólidos y líquidos sobre el espacio físico, este efecto será de carácter temporal. Como impacto físico puede mejorar la calidad de vida de la sociedad con el funcionamiento de la línea de transmisión que beneficiará al DMQ.
Ant4		Lucro Cesante y Daño Emergente	Debido a la construcción de la línea de conducción se puede dar una privación económica por los tramos por donde atravesará la misma, razón por la cual se generarían impactos negativos en el sector (afectan directamente el patrimonio afectado).
Ant5		Salud y Seguridad	En las diferentes actividades constructivas y en el mantenimiento de la línea de transmisión, se presentarán riesgos a la seguridad, por lo que se utilizará el equipo de protección personal adecuado a cada actividad de los trabajadores. También se implementará el plan de seguridad e higiene ocupacional del Proyecto.

Fuente: INGECONSULT, 2021

## □ MATRICES DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

El proceso de verificación de una interacción entre la causa (acción o actividad considerada) y su efecto sobre el medio ambiente (factores ambientales), se ha materializado realizando una marca gráfica en la celda de cruce correspondiente en la matriz causa – efecto desarrollado específicamente para cada etapa del Proyecto, obteniéndose como resultado de las denominadas Matrices de Identificación de Impactos Ambientales.

En las matrices de identificación a continuación, de cada componente y sus respectivas actividades, se muestra la interrelación de las acciones del Proyecto y los factores ambientales considerados, en la que se proporciona el carácter o tipo de

afectación de la interacción analizada, es decir designarla de orden positivo o negativo (Tabla 83).



Para la evaluación de los potenciales impactos ambientales, se ha desarrollado una matriz causa – efecto en donde, las filas incluyen los factores ambientales que caracterizan el entorno, y las columnas describen las principales acciones del Proyecto.

El equipo evaluador ambiental ha seleccionado un número apropiado de características ambientales según subcomponentes. Estas características ambientales consideradas se detallan de acuerdo con su clasificación por componente. La identificación de los impactos se efectuó para las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto; las mismas causarán impactos positivos y negativos, las mismas identificaron las acciones y factores para su valoración y evaluación de acuerdo a la metodología sugerida por Conesa Fernández, 2010.

Los impactos ambientales serán identificados de acuerdo al aspecto ambiental que los genera, las características consideradas para la valoración de la importancia se las define de la siguiente manera:

**Naturaleza:** La naturaleza o carácter del impacto puede ser positiva (+), negativa (-), neutral o indiferente, lo que aplica ausencia de impactos significativo. Por tanto, cuando se determina que un impacto es adverso o negativo, se valora como “-1” y cuando el impacto es benéfico, “+1”.

**Intensidad:** La implantación del proyecto y cada una de sus acciones, puede tener un efecto particular sobre cada componente ambiental:

**Baja:** Si el efecto es sutil, o casi imperceptible.

**Medio:** Si el efecto es notable, pero difícil de medirse o de monitorear;

**Alto:** Si el efecto es obvio o notable;

**Muy alto:** Si el efecto es demasiado notable.

**Extensión:** Corresponde a la extensión espacial y geográfica del impacto con relación al área de estudio. La escala adoptada para la valoración es la siguiente:

**Puntual:** Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.

**Parcial:** Si el efecto supone una incidencia apreciable en el medio.

**Extenso:** Aquel cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado.

**Disperso:** Si el efecto del impacto es muy superior a los límites del área del Proyecto.

**Momento:** por el momento en que se manifiesta.

**Largo plazo:** Aquel cuyo efecto se manifiesta al cabo de cierto tiempo (largo) desde el inicio de la actividad que provoca el impacto.

**Mediano:** Aquel cuyo efecto se manifiesta a cabo de cierto tiempo (mediano) desde el inicio de la actividad que provoca el impacto.

**Corto:** Aquel cuyo efecto se manifiesta inmediatamente, desde el inicio de la actividad que provoca el impacto.

**Persistencia:** Se refiere a la durabilidad del impacto, así se tiene:

**Fugaz:** Cuando la duración del efecto es inferior a un año.

**Temporal:** Cuando la duración del efecto está entre 1 y 3 años.

**Permanente:** Aquel cuyo efecto supone una alteración indefinida en el tiempo.

**Reversibilidad:** Representa la posibilidad de reconstruir las condiciones iniciales una vez producido el impacto ambiental.

**Sinergia:** Contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, se produce cuando el efecto de varias acciones, supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

**Acumulación:** Aquel efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad al carácter el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.

**Efecto: Primario,** aquel cuyo efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental.

**Secundario,** aquel cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o, en general a la relación de un factor ambiental con otro.

**Periodicidad:** Analiza la regularidad de la manifestación del efecto, que se pronuncia de diferentes formas ya sea irregular y discontinuo, probabilidad de ocurrencia o efecto continuo.

**Recuperabilidad:** por su capacidad de recuperación, se clasifica en recuperable inmediato, recuperable a mediano plazo, efecto mitigable o irrecuperable.

La evaluación ambiental de cada impacto se realiza, con base en los siguientes parámetros y criterios de puntuación, Tabla 84

**Tabla 83 Rango De Valoración Ambiental**

<p><b>Intensidad (IN)</b></p> <p>(Grado de destrucción)</p> <p>Baja = 1 Media = 2 Alta = 4 Muy alta = 8 Total = 12</p>	<p><b>Extensión (EX)</b></p> <p>(Área de Influencia)</p> <p>Puntual = 1 Parcial = 2 Extenso = 4 Disperso = 8</p>
<p><b>Momento (MO)</b></p> <p>(Plazo de manifestación)</p> <p>Largo plazo = 1 Mediano plazo = 2 Corto plazo = 4</p>	<p><b>Persistencia (PE)</b></p> <p>(Persistencia del efecto)</p> <p>Fugaz = 1 Temporal = 2 Permanente = 4</p>

<p><b>Reversibilidad (RV)</b></p> <p>Reversible a corto Plazo = 1 Reversible a mediano Plazo = 2 Irreversible = 4</p>	<p><b>Sinergia (Si)</b></p> <p>(Regularidad de la manifestación) No sinérgico = 1 Sinergismo Moderado = 2 Altamente sinérgico = 4</p>
<p><b>Acumulación (Ac)</b></p> <p>(Incremento Progresivo) No acumulativo = 1 Acumulativo = 4</p>	<p><b>Efecto (EF)</b></p> <p>(Relación Causa – Efecto) Secundario = 1 Primario = 4</p>
<p><b>Periodicidad (Pr)</b></p> <p>(Regularidad de manifestación) Irregular y discontinuo = 1 Probabilidad de ocurrencia = 2 Efecto continuo = 4</p>	<p><b>Recuperabilidad (MC)</b></p> <p>Recuperable inmediato = 1 Recuperables a mediano plazo = 2 Efecto mitigable = 4 Irrecuperable = 8</p>

Fuente: CONESA, 2010

Elaboración: INGECONSULT, 2021

La importancia global del impacto viene presentada por la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Impacto} = \pm [3I + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

“Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o sea compatibles. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75”, así se tiene el rango de importancia del impacto en

**Tabla 84 Rango De Importancia Del Impacto**

Rango de importancia del Impacto	Significancia
<25	Irrelevante
25 - 50	Moderada
50 - 75	Severa
>75	Crítico

Fuente: INGECONSULT, 2021

A continuación, se muestra la matriz de calificación de impactos ambientales y la importancia de los impactos:





## CONCLUSIONES

El proyecto provocará impactos negativos de carácter temporal, reversible y de baja magnitud especialmente en las vías existentes que deberán necesariamente ser intervenidas temporalmente para la instalación de la nueva línea de transmisión y el cambio de las redes de distribución que se necesiten renovar. Estas actividades constructivas provocarán cambios y retraso en el tráfico de las vías afectadas, posible obstrucción temporal de accesos a viviendas y negocios causando molestias a los vecinos, generación de ruido, generación de polvo al ambiente.

El resultado final de la evaluación de impactos es, sin duda la identificación de los componentes ambientales sobre los que se deberá tener especial cuidado durante las actividades constructivas, operativas y de cierre del Proyecto. Por lo que el Plan de manejo Ambiental (PMA) reunirá las consideraciones necesarias para evitar, mitigar, y/o minimizar los impactos tanto al ambiente natural como al ambiente humano.

### 10.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental en la fase de Diseño Definitivo es el compendio de los resultados obtenidos en las fases de prefactibilidad y factibilidad de la LTRC.

- De la fase de prefactibilidad, se obtuvo la información relevante al Proyecto, su área de implantación y la selección de la alternativa óptima para la línea de conducción.
- De la factibilidad se tiene a mayor detalle la línea base del Proyecto, sus áreas de influencia, la identificación y evaluación de impactos ambientales, sirviendo esto como base para la elaboración de un plan de manejo ambiental a nivel preliminar.

Partiendo de lo descrito anteriormente se realizó el Plan de Manejo Ambiental para la fase de diseño definitivo.

#### Objetivos del Plan de Manejo Ambiental

Se plantean los siguientes objetivos generales y específicos:

##### Objetivo General:

- Prevenir, reducir y mitigar los impactos ambientales producidos por las actividades del proyecto.

##### Objetivos Específicos:

- Los objetivos específicos del Plan de Manejo diseñado para el Proyecto, son los siguientes:
- Proporcionar a la EPMAPS, un instructivo para el manejo ambiental de todas las actividades del proyecto, que permitan preservar el entorno, y cumplir con lo establecido en las Leyes y Reglamento vigentes.

- Establecer medidas, para cada uno de los aspectos ambientales, que permitan minimizar los impactos producidos por las actividades del proyecto.
- Crear un programa de seguimiento y evaluación de las medidas ambientales durante la ejecución del proyecto con el fin de verificar su cumplimiento.

## **ASPECTOS GENERALES**

Durante la etapa de construcción del proyecto, se producirán impactos negativos, para mitigar estas afectaciones, se plantea la aplicación de planes los cuales al formar parte del PMA contienen un compendio de normas, procedimientos y medidas de atenuación que se aplicarán a las diferentes actividades implicadas en la ejecución del proyecto, para eliminar o al menos lograr que sus impactos ambientales sean mínimos. Es responsabilidad del constructor conocer las políticas y leyes ambientales que tienen aplicación; así como, las especificaciones técnicas de construcción de las obras. También deberá conocer las normas dictadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, Reglamento de Seguridad de la Construcción y Obras Públicas y Reglamento General del Seguro de Riesgo del Trabajo. El constructor debe procurar la menor afectación e impactos negativos sobre los diferentes factores ambientales.

Se recomienda que, como actividad previa a la construcción de las obras, y luego con frecuencia de 15 días, el contratista deberá reunir a sus trabajadores con el objeto de darles una charla informativa, en la que se dé a conocer las medidas de seguridad y normas ambientales a tomar en cuenta durante las diferentes etapas de construcción de las obras y las sanciones a implementarse en caso de su incumplimiento. Es necesario que exista el correspondiente seguimiento y monitoreo ambiental, por el responsable de la supervisión del Proyecto, que inspeccionará y confirmará que todas las medidas de mitigación ambiental establecidas en el plan de manejo propuesto sean observadas y ejecutadas durante las diferentes etapas del Proyecto, respondiendo a la correcta aplicación de la normativa ambiental vigente. En los siguientes numerales constan normas generales para la mitigación de los impactos ambientales negativos, generados en la etapa de construcción, operación y mantenimiento que estarán a cargo del constructor y supervisadas por la fiscalización.

- El constructor se responsabilizará del pago de las multas y asumirá las sanciones establecidas por violación de las leyes, reglamentos y disposiciones ambientales durante el periodo de construcción, y hasta la entrega definitiva de la obra contratada.
- Responsabilizarse de los daños a terceros causados por incumplimiento de estas normas, y remediarlos a su costo, en caso de presentarse.
- Responsabilizarse de la operación, la maquinaria pesada, de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua, en el área del proyecto.
- Mantener en buen estado de funcionamiento el equipo de construcción a fin de evitar escapes de lubricantes o combustibles que puedan afectar los suelos, cursos de agua, aire y organismos.
- Prohibir el acceso de personas no autorizadas al sitio de las obras, con el objeto de evitar accidentes.

- Para la realización de los trabajos que significan movimiento de maquinaria pesada, delimitar y señalar claramente las áreas de acceso restringido, los tipos de riesgo y las acciones a tomar en caso de emergencias, a fin de minimizar los riesgos ocasionados por estas actividades.
- La Fiscalización del proyecto, notificará al Constructor cualquier violación de los requerimientos de control y protección del ambiente durante la construcción del proyecto e indicará las medidas correctivas pertinentes, mayoría de las cuales y en función de la dinámica, cronograma y compromisos contractuales, correrán a costo del constructor.

## RESULTADOS ESPERADOS

Disponer de una eficiente herramienta de trabajo a fin de que el Proponente y el futuro contratista lo implanten y cumplan las medidas planteadas tanto en la etapa de construcción como en la etapa de funcionamiento y abandono del Proyecto; de esa manera prevenir, controlar y minimizar los posibles impactos ambientales y riesgos que implica su ejecución.

## ESTRUCTURA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental para las actividades del Proyecto; está estructurado para cada una de las fases del Proyecto, esto es, la construcción y de operación; será de obligación de todos los involucrados en la ejecución del mismo cumplir con el Plan de Manejo. A continuación, se presenta la estructura del Plan de Manejo Ambiental en formato SUIA (SITEMA UNIFICADO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL):

- Identificación del Plan
- Objetivos
- Lugar de aplicación
- Responsable
- Aspecto Ambiental/Actividad
- Impacto identificado
- Justificativo
- Fecha Inicio / Fecha Fin
- Medida Propuesta
- Indicadores
- Medios de Verificación
- Plazo
- Frecuencia

## PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS

Tiene como objetivo establecer las acciones tendientes a prevenir o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse por las actividades constructivas, operativas y de cierre del Proyecto LTRC.

Está comprendido por los siguientes programas:

- Prevención y control del ruido
- Prevención y control de la contaminación atmosférica
- Control del Polvo
- Manejo de efluentes
- Control de materiales de construcción
- Protección de la erosión e inestabilidad del suelo
- Prevención y mitigación de impactos por el manejo de combustibles
- Prevención del tráfico vehicular ocasionado por las actividades constructivas del proyecto.

### **PLAN DE MANEJO DE DESECHOS**

Su objetivo es garantizar el manejo integral de los residuos (sólidos, líquidos, construcción, peligrosos) desde su generación hasta su disposición final para evitar la contaminación ambiental durante las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto LTRC.

Conformado por los programas a continuación:

- Manejo de desechos comunes
- Manejo de desechos peligrosos
- Manejo de desechos de obra
- Manejo de desechos líquidos

### **PLAN DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

El Plan de capacitación y educación ambiental, busca crear una cultura de respeto a la prevención de la contaminación durante la construcción y operación del Proyecto LTRC, además busca crear mediante la capacitación una sensibilización del sector del proyecto respecto a temas como:

- El agua, su naturaleza e importancia para la vida, la alimentación e higiene personal.
- Fuentes de agua en el DMQ.
- Recolección, almacenamiento y usos del agua.
- Contaminación del agua.
- Enfermedades vinculadas al agua.
- Alternativas para la desinfección del Agua en el Hogar.
- Ahorro del agua a nivel familiar.
- Estrategias para el adecuado uso del agua en la comunidad.

### **PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS**

El Plan de relaciones comunitarias busca evitar molestias a la población que se encuentra dentro del área de influencia mediante la comunicación oportuna de las actividades a realizar durante la construcción y operación de la LTRC.

Cuenta con los siguientes programas:

- Programa de prevención de conflictos durante la implementación del proyecto.
- Dialogo permanente de la población antes, durante y después de la construcción de obras civiles.
- Socialización permanente del proyecto con moradores de las comunidades que se encuentran cercanas a las obras civiles.
- Manejo de quejas y reclamos.

De igual manera cuenta con los siguientes subplanes:

- Sub Plan de Comunicación y Difusión

Su objetivo es mantener adecuadamente informados a los habitantes del área de influencia del proyecto LTRC, y que la comunidad se integre al proceso de implantación del proyecto en forma positiva.

- Sub Plan de Compensaciones e Indemnizaciones

Los principales objetivos de este plan es identificar los mecanismos específicos a través de los cuales se determinará los canales de negociación con la población afectada por la construcción de la LTRC y los mecanismos a ser implementados por las compensaciones e indemnizaciones, así como también minimizar los conflictos que se puedan generar por la implementación de obras de infraestructura en sitios específicos.

## **PLAN DE CONTINGENCIAS**

El plan de contingencias cuenta con medidas de acción inmediata para enfrentar eventos inesperados durante la construcción y operación del Proyecto Línea de Transmisión, Tanques de Almacenamiento y Redes Calderón. Dentro de los programas que forman parte del mismo se tienen entre otros:

- Actuación en caso de incendios
- Actuación en caso de lesiones corporales y accidentes vehiculares
- Actuación en caso de derrames de hidrocarburos.

## **PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL**

Este Plan, está orientado a identificar los requerimientos de Seguridad y Salud Ocupacional necesarios para la ejecución de las distintas actividades en la construcción, operación y mantenimiento del Proyecto LTRC, en base a los reglamentos vigentes: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo y al Manual de Seguridad, Salud, Ambiente, Riesgos y Relaciones Comunitarias para el Control de Obras de la EPMAPS. Conformado por los siguientes programas:

- Prohibiciones y obligaciones del empleador
- Obligaciones, derechos y prohibiciones de los trabajadores.
- Normativa organización SSO • Delimitación de los frentes de trabajo.
- Protección a terceros.
- Personal Calificado

- SSO trabajadores
- Señalización
- Salud y Seguridad en la fase de operación.

### PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El plan de monitoreo y seguimiento tiene como objetivo verificar el cumplimiento de las medidas ambientales establecidas en el plan de manejo y el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, mediante la supervisión ambiental tanto en las fases de construcción, como de operación; contiene los siguientes programas:

- Monitoreo de la calidad del aire.
- Monitoreo de la calidad del agua.
- Monitoreo de la calidad del suelo.
- Monitoreo del componente social.
- Monitoreo arqueológico (en caso de necesario, si se encontraran evidencias arqueológicas en el área de influencia del proyecto LTRC).

### PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS

Como objetivo busca contar con las acciones a implementar para restaurar las áreas afectadas a condiciones igual o similares anteriores a la intervención.

### PLAN DE CIERRE Y ABANDONO

El plan de cierre y abandono tiene como objetivo evitar problemas ambientales generados por un cierre inadecuado de la obra, cuenta con el programa de Retiro de instalaciones temporales, equipos y maquinarias.

A continuación, se tiene un cuadro resumen del Plan de Manejo Ambiental de la Línea de Transmisión, tanques de almacenamiento y redes Calderón, en el mismo se tienen los costos.

#### LINEA DE TRANSMISION, TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REDES CALDERON

Manejo ambiental	GBL	1	\$578.451.84
------------------	-----	---	--------------

Fuente: INGECONSULT, 2021

ITEM	CODIGO ESPECIFICACIONES	CÓDIGO APU	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>LÍNEA DE TRANSMISIÓN, TANQUES DE ALMACENAMIENTO, Y REDES CALDERÓN</b>							
<b>PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS</b>							
733	07.003.10.167	517509	MEDICIÓN CALIDAD DELAIRE	U	4	\$ 1800.00	\$ 7,200.00
734	07.003.1100	517332	HUMEDECIMIENTO DE LAS ÁREAS CON PRESENCIA DE POLVO	M3	10000	\$ 5.39	\$ 53,900.00
735	07.003.13.00	517333	INSTALACIÓN DE LETRINA SANITARIA Y BIOTANQUE (MAT/TRANS/INST)	U	5	\$ 1210.28	\$ 6,051.40
736	Vol 11	517507	FACILIDADES CONSTRUCTIVAS EN CAMPAMENTO	U	2	\$ 502.25	\$ 1004.50
737	07.003.10.166	517341	KIT ANTIDERRAMES	U	10	\$ 33.41	\$ 334.10
738	Vol 11	517508	SEÑALIZACIÓN VIAL	U	10	\$ 4.50	\$ 45.00
771		517343	MONITOREO DE RUIDO	U	4	\$ 960.00	\$ 3,840.00
<b>PLAN DE MANEJO DE DESECHOS</b>							
		517338	CLASIFICACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	M3	6177	\$ 184.99	\$ 1,142,683.00
		517502	MANEJO Y GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	KG	5	\$ 133	\$ 665.00
<b>PLAN DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL</b>							
		516357	CHARLAS DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL (MANEJO AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL)	U	4	\$ 14,402.58	\$ 57,610.32
<b>PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS</b>							
745	Vol 11	517565	DIÁLOGO PERMANENTE CON LA POBLACIÓN ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES	U	4	\$ 6,720.01	\$ 26,880.04
746	Vol 11	517568	SOCIALIZACIÓN PERMANENTE DEL PROYECTO CON MORADORES DE LAS COM UNIDADES QUE SE ENCUENTRAN CERCANAS A LAS OBRAS CIVILES	U	4	\$ 23,040.00	\$ 92,160.00
747	Vol 11	517567	SOCIALIZACIÓN PERMANENTE DEL PROYECTO CON JUNTAS PARROQUIALES, REPRESENTANTES DE ORGANIZACIONES FUNCIONALES Y TERRITORIALES, REPRESENTANTES DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS	U	4	\$ 14,400.00	\$ 57,600.00
<b>SUB PLAN DE COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN</b>							
748	Vol 11	517568	Afiches informativos	U	50	\$ 1.50	\$ 75.00
749	Vol 11	517569	Instructivos o trípticos (Incluye Distribución)	U	1000	\$ 0.35	\$ 350.00
750	Vol 11	517570	COM UNICATIVOS RADIALES (DURACIÓN 30 SEG)	U	730	\$ 1.68	\$ 1,221.60
751	Vol 11	517571	Comunicados de prensa (14 de página)	U	4	\$ 380.00	\$ 1,520.00
752	Vol 11	517572	CARTELERAS INFORMATIVAS	U	8	\$ 14.56	\$ 116.48
<b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>							
		517345	EXTINTOR TIPO ABC	U	5	\$ 166.55	\$ 832.75
		517346	BOTIQUÍN PRIMEROS AUXILIOS	U	10	\$ 84.28	\$ 842.80
		517505	SEÑALIZACIÓN DE IDENTIFICACIÓN - FUA	PLAZA	1	\$ 2,884.45	\$ 2,884.45
<b>PLAN DE SALUD Y SEGURIDAD</b>							
756	Vol 11	517511	CAPACITACIÓN EN PRIMEROS AUXILIOS Y COMBATE CONTRA INCENDIOS	EVENTO	2	\$ 840.00	\$ 1,680.00
757	Vol 11	517504	ARMARIO DE INSUMOS DE PRIMEROS AUXILIOS	U	4	\$ 1,920.00	\$ 7,680.00
758	Vol 11	505538	CINTA PLASTICA (PELIGRO)	M	26000	\$ 0.19	\$ 4,940.00
759	Vol 11	517505	SEÑALIZACIÓN DE IDENTIFICACIÓN - FUA	PLAZA	1	\$ 2,884.45	\$ 2,884.45
760	07.003.10.164	517339	CERRAMIENTO PROVISIONAL YUTE (INC. DESMONTAJE)	M	100	\$ 10.58	\$ 1,058.00
761		517603	CERCADO CON ALAMBRE DE PÚAS	m	10	\$ 5.30	\$ 53.00
762		517602	CERRAMIENTO DE PANELES METÁLICOS	M	100	\$ 64.22	\$ 6,422.00
763	07.003.10.163	517348	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD TIPO PEDESTAL 0,60X0,60 M.	U	5	\$ 641.23	\$ 3,206.15
764	07.003.10.164	517349	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD TIPO CABALLETE 0,70X0,50 M.	U	88	\$ 93.17	\$ 8,198.96
765	Vol 13	517573	EXAMENES MEDICOS	U	300	\$ 84.00	\$ 25,200.00
766	Vol 13	517574	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	U	300	\$ 295.97	\$ 88,791.00
767		517351	PASO PEATONAL PROVISIONAL.PASARELAS, BARANDILLAS, RODAPIES (MAT/TRANS/INST)	M	125	\$ 69.67	\$ 8,708.75
<b>PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO</b>							
768	07.003.10.168	517508	MONITOREO Y SEGUIMIENTO	U	1	\$ 4,699.81	\$ 4,699.81
769	Vol 11	517500	MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA	u	2	\$ 3,660.00	\$ 7,320.00
770	07.003.10.169	517503	MONITOREO ARQUEOLÓGICO	Ha	2.6	\$ 25,000.00	\$ 65,000.00
771		517343	MONITOREO DE RUIDO	U	4	\$ 960.00	\$ 3,840.00
733		517509	MONITOREO DE LA CALIDAD DELAIRE	U	4	\$ 1800.00	\$ 7,200.00
<b>PLAN DE REHABILITACION DE AREAS AFECTADAS</b>							
761		517603	CERCADO CON ALAMBRE DE PÚAS	M	10	\$ 5.30	\$ 53.00
773		517600	RECUPERACIÓN Y REVEGETACIÓN PERMANENTE DE ÁREAS ALTERADAS - SERVIDUMBRE / MANTENIMIENTO - ÁRBOLOÑES Y ARBUSTOS - GLOBAL	U	2	\$ 2,760.00	\$ 5,520.00
			<b>TOTAL</b>				<b>\$578,451.84</b>

## CONCLUSIONES A NIVEL DE DISEÑO DEFINITIVO

- Del Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Línea de Transmisión, tanques de almacenamiento y redes Calderón, fase Diseño definitivo, se observan que los impactos generados son mitigables mediante la aplicación de las medidas correctivas descritas en el mismo.

### 10.5 SERVICIOS AFECTADOS

- Vías y Caminos (GADS Parroquiales, EPMMOP, MOP)

Una de las características principales del Diseño Definitivo de la LTRC, es precisamente, la utilización de vías y caminos públicos o privados, que disminuyan las afectaciones directas a edificaciones y/o viviendas. En la tabla 88, se puede observar el porcentaje de afectación de vías y caminos por tipo.

**Tabla 87 Porcentajes de afectación de Vías y Caminos por tipo**

TIPO	%
ADOQUINADO	50,24%
CAMINERA	1,20%
CULTIVOS	4,23%
DE TIERRA	33,22%
EMPEDRADO	6,86%
NO CALCULADO	1,25%
NO DEFINIDO	0,28%
PAVIMENTADO	0,60%
PAVIMENTADO-E35	1,51%
PAVIMENTO	0,60%

Fuente: INGECONSULT, 2021

- ALCANTARILLADO (EPMAPS)

Se ha identificado 8 sectores importantes en los cuales necesariamente la LTRC afectara al Sistema de Alcantarillado, en la Tabla 89 se pueden observar dichos sectores identificados por la calle principal de afectación y su intersección más cercana.

**Tabla 88 Sectores de Afectación Alcantarillado**

SECTOR	Calle	Intersección Principal
Sector 1	24 se Junio	Felix de Azara
Sector 2	24 se Junio	Francisco Javier

SECTOR	Calle	Intersección Principal
		Vergara
Sector 3	25 se Junio	San Isidro
Sector 4	San isidro	Pascual Aguirre
Sector 5	Pascual Aguirre	Daniel Puebla
Sector 6	Fausto Espinoza	Vicente Rocafuerte
Sector 7	De los fundadores	Richard Bolaños
Sector 8	Avenida Cacha	Toda

Fuente: INGECONSULT, 2021

- Se identificarán acciones específicas para el cruce del alcantarillado en tuberías paralelas, en las cuales se podría tener dos escenarios, el uno de tubería descubierta por la excavación de la zanja para lo cual se realizará un entibado provisional que sirva de sostenimiento al sistema de alcantarillado. En el caso que la tubería se encuentre cercana a la excavación de la zanja se realizara un entibado auxiliar que permita manejar un talud de 90 grados que no altere las condiciones de vecindad de la tubería del alcantarillado.
- Para el cruce perpendicular del alcantarillado con la LTRC se tiene un escenario en el cual necesariamente se requiere realizar un puente provisional con pingos y tablas que permita dar el sostenimiento temporal que requiere la tubería de alcantarillado.
- AGUA POTABLE (EPMAPS)

La localización de dichas potenciales interferencias se ubican en todo el trazado de la LTRC. La zona que no es de interferencia se ubica en la parte alta del barrio Bellavista es decir el tramo inicial que saldrá de la nueva Planta de Agua Potable de Calderón. En la tabla 90 se tiene las abscisas donde se tiene el cruce de tubería de agua potable.

**Tabla 89 Abscisa – Cruce de Tubería**

LINEA 1					
2+520	3+067.06	4+069.49	5+053.45	6+094.48	7+024.35
2+700	3+174.70	4+174.72	5+140.58	6+281.83	7+114.05
2+640	3+228.62	4+230.67	5+228.50	6+401.91	
2+740	3+268.75	4+278.30	5+315.62	6+496.01	
2+769	3+565.23	4+358.20	5+418.98	6+445.87	
2+867.47	3+773.68	4+420.18	5+416.28		
2+883.74	3+800.00	4+435.35	5+611.78		
LINEA 2		4+470.18	5+623.44		
0+010.35	1+036.59	4+523.29	5+728.63		
0+062.32	1+224.78	4+566.88	5+868.85		

0+187.01		4+167.86	5+978.82		
0+270.06		4+665.90	5+990.80		
0+414.71		4+714.34	LINEA 3		
0+487.56		4+763.72	0+025.62	1+042.39	2+008.20
0+683.85		4+812.42	0+538.19	1+651.55	2+100.49
0+723.17		4+863.62	0+591.02	1+704.24	2+294.47
0+836.45		4+912.76	0+700.00	1+818.67	2+373.00
		4+961.40	0+811.75	1+917.21	2+570.00
			0+916.66		

Fuente: INGECONSULT, 2021

- Para el cruce en tuberías de agua potable para tuberías paralelas al igual que con las de alcantarillado se podría tener dos escenarios el uno de tubería descubierta por la excavación de la zanja para lo cual se realizará un entibado provisional que sirva de sostenimiento al sistema de agua potable. En el caso de que la tubería se encuentre cercana a la excavación de la zanja se realizara un entibado auxiliar que permita manejar un talud de 90 grados que no altere las condiciones de vecindad de la tubería del agua potable.
- Para el cruce perpendicular de tuberías de agua potable con la TRC, se tiene un escenario en el cual necesariamente se requiere realizar un puente provisional con pingos y tablas que permita dar el sostenimiento temporal que requiere la tubería.

**Tabla 90 Tipo de servicio afectado**

TIPO	MAGNITUD
Agua Potable	78 intersecciones

Fuente: INGECONSULT, 2021

- CRUCE OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS OCP

La Línea de transmisión de agua del Proyecto, intersectará en un único lugar al OCP, específicamente en el Kp. 0+850;

Para el cruce entre los dos sistemas de agua potable con el Oleoducto se espera tener un único escenario en el cual se analizará para el diseño definitivo un embaulado estructural de la Tubería.

## 10.6 COORDINACION CON OTROS ORGANISMOS

El Proyecto de construcción de la Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes Calderón, deberá contar con el apoyo de todas las instituciones involucradas en el mismo.

Es necesario mencionar que de una reunión inicial con funcionarios del a EPMAPS se pudo identificar los principales actores a ser contactados los cuales son:

- Ministerio de Obras Públicas.
- Administración Zonal de Calderón.
- Secretaria de Ambiente.
- Secretaria de Hábitat y Vivienda.
- Dirección Metropolitana de Gestión Territorial.
- Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, EPMMOP.
- GAD Parroquial de Calderón.

**Tabla 91 Requerimientos de Organismos Gubernamentales**

ORGANISMO	REQUERIMIENTO
<b>MTOPE</b>	Permisos para la ocupación y uso de la franja subyacente dentro del derecho de vía de las vías estatales, así como también el trámite de expropiaciones. La declaratoria de utilidad pública (predios y bienes que van a hacer ocupados para la realización de una obra), se deriva de la ley de Caminos por motivo de construcción, ampliación y/o mejoramiento de las carreteras del país.
<b>EPMMOP</b>	Aprobación rotura de pavimento en vías asfaltadas y/o levantamiento de los adoquines dentro del DMQ. Se encuentra en la página web: <a href="https://www.gob.ec/gaddmq/tramites/aprobacionrotura-pavimento-vias-asfaltadas-levantamientoadoquines-distrito-metropolitano-quito">https://www.gob.ec/gaddmq/tramites/aprobacionrotura-pavimento-vias-asfaltadas-levantamientoadoquines-distrito-metropolitano-quito</a>  Es necesario que todos los usuarios soliciten autorización a la EPMMOP para realizar la rotura
	del pavimento en vías asfaltadas y/o levantamiento de los adoquines de las vías comprendidas o ubicadas dentro del DMQ. Se mantienen un convenio vigente interinstitucional de reposición de carpeta asfáltica con la EPMAPS.

ORGANISMO	REQUERIMIENTO
AMT	<p>La entidad que emite el permiso de uso de vía, es la AMT (Agencia Metropolitana de Tránsito), a través de la DIRECCIÓN DE FISCALIZACIÓN DE TRÁNSITO, Agencia Metropolitana de Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad, cuyo director para la fecha (período actual) es el señor Francisco Arauz Ríos.</p> <p>Para obtener el permiso de USO DE VÍA, se requiere enviar un oficio a la Dirección de Fiscalización de Tránsito, ubicada en el antiguo aeropuerto, al cual se adjuntará el protocolo de obras y plan de mitigación y control del tránsito.</p> <p>Cabe mencionar que la Dirección de Fiscalización de Tránsito exige reuniones permanentes para que tanto fiscalización como el contratista, expongan a detalle la información enviada.</p>
SECRETARIA DE AMBIENTE	<p>Visitas de Control y Seguimiento a la aplicación del PMA. Potencial lugar por donde se canalizarían probables denuncias.</p>

Fuente: INGECONSULT, 2021

- Los procesos de socialización del Proyecto se realizarán de manera inicial a las instituciones y representantes de la comunidad.
- La EPMAPS, institución que lidera el proyecto, tiene credibilidad entre las demás instituciones.

## 10.7 SOCIALIZACION

### PARROQUIA CALDERÓN

#### Organizaciones y tejidos sociales

Calderón es una de las Parroquias más grandes del Cantón Quito, por su cercanía a la metrópoli ha crecido significativamente, esto ha ocasionado que se formen nuevos barrios siendo estos en su mayoría ilegales. En estos casos las organizaciones son dinámicas y existe la participación de todos sus miembros, este compromiso y cooperación se evidencia hasta que sus propiedades están legalizadas y cuentan con los servicios básicos necesarios, una vez conseguidos los fines, la participación de la comunidad disminuye. En la actualidad la parroquia de Calderón ha realizado un papel importante en el campo organizativo, lo que constituye un factor fundamental para mantener su identidad, si se analiza desde la perspectiva de que la participación de las comunidades rurales es un aporte valioso al desarrollo del nivel territorial; cantonal, provincial y nacional.

En la Parroquia coexisten formas organizativas estables y bien definidas organizaciones de diversa índole, en cada sector de las comunas y barrios que mantiene una tradición organizativa en cuanto a la resolución de problemas y

necesidades de la comunidad a través de la conformación de comités pro mejoras, ligas barriales, la realización de mingas, etc. Según el Registro Único de Organizaciones de la Sociedad Civil – RUOSC, en Calderón están registradas 243 organizaciones entre las que se destacan:

- Comités Pro mejoras de barrios
- Cooperativas y/o Asociaciones de Vivienda
- Ligas Barriales Deportivas
- Asociaciones de Artesanos principalmente de mazapán y madera
- Centros de desarrollo integral de la niñez
- Asociaciones de transportistas
- Fundaciones
- Organizaciones femeninas
- Grupos culturales.

La diversidad de la población de Calderón tiene un agregado en relación al ámbito cultural con características de una ruralidad que se resiste a la globalización con todo el proceso de transformación urbana que vive. Entre las organizaciones relacionadas con la cultura por ejemplo existen Grupos culturales con diferentes expresiones artísticas de música: andina, bandas de pueblo, popular y nuevas expresiones como hip hop, reggeaton y otras; grupos de danza y teatro afroecuatoriana, indígena y mestiza.

### **Asentamientos humanos**

La parroquia está conformada por los siguientes barrios:

#### **▣ Sector Bellavista (31)**

Terrazas de Bellavista, San Vicente, Mirador de Bellavista, Cristo Rey, Pradera, San Antonio, Sol Norte, Daniel Montoya 1, Babilonia, Los Nardos, Nueva Generación, Laderas de San Francisco, Nueva Bellavista, María Magdalena, Bellavista Bajo, 10 de Agosto, San Francisco, Balcón de Bellavista, Valle Hermoso de San Francisco, Bosque 1, Bosque 2, Bello Horizonte 9na etapa, Divino Niño, Pinos 3, San Francisco de Bellavista, Comuna Elena Enríquez, Planadas de San Francisco, Oasis del Valle, Puertas del Sol, La Esperanza, Corazón del Norte.

#### **▣ Sector San Juan (63)**

Reina del Cisne # 1, Reina del Cisne #2, Reina del Cisne #3, Reina del Cisne #4, Jesús del Gran Poder #1, Jesús del Gran Poder # 2, San Carlos de San Juan, San Carlos Centro, San Carlos #2, El Arbolito #1, El Arbolito #2, Los Eucaliptos 3era Etapa, Santa Clara "A", Sol Naciente, Belén de San Juan, Bello Horizonte Etapa A y B, Bello Horizonte 7ma Etapa, Bello Horizonte 1era-2da-3era Etapa, Senderos del Sol, El Mirador #1, Santa Rosa del Norte, San Juan Bajo, Centinela del Sur, Los Geranios #1, Los Geranios #2, El Madrigal #1, El Madrigal #2, Nuevo Horizonte, Getsemaní, San Martín, Pinos Primera Etapa, San Francisco de San Juan, Pacpo Siglo XXI, Playas del Norte,

Prados de San Juan, El Edén de San Juan #1, Nuevo Horizonte 3era Etapa, Buena Vista, La Tolita, el Edén #2 de San Juan, La Esperanza 2, Santa Clara de Pomasqui, Sn Arsenio, Alborada de la Paz, El Porvenir, Portal de San Juan, San Juan Centro, San Marcos, San Juan Santa Clara, San Juan Bautista #4, Clavel #1, Sol del Norte #2, Valle de San Juan, Tajamar, Las Lajas, La Esperanza 3, Los Olivos, Vista Hermosa, Colinas del Sol, Nuevos Horizontes 2, Brisas de San Juan, Bello Horizonte 6ta Etapa A y B, La Tolita Sector San Carlos.

#### □ **Centro Parroquial (28)**

La Concordia, Central, Plateado por la Luna, Amistad, Panamericano, Esquina del Movimiento, Tarqui, Duchicela, Psje. Santa Fe, Bolivariana, José Terán, Aguirre, Calle Independencia, La Alborada, Landázuri, Calle Cacha, El Calvario, Bonanza, El Cajón, Semillas, El Clavel 1, El Clavel 2, Calle Caran, Arco Iris, Coop. María Urive, Alcázar de San José, Los Geranios, Ulpiano Becerra.

#### □ **San José de Morán**

La Planicie, Unidad Nacional, Ecuador, Coop. Nuevo Amanecer, Luz y Vida, San José de Morán, San José alto, Las Acacias, San José, Acacias #2, Acacias #3, Nueva Vida, Jardines del Norte, Urb. San José, Brisas dl Norte, Colinas del Valle, La Macarena, Tajamar 1, Aso. Vivienda Sinchy Mushuc, Pomasqui, Valle Hermoso, la Esperanza 1, La Morenita, Los Eucaliptos 1, Lot. Los Eucaliptos 2, Lot. Valle Hermoso, Rocío de Morán, La Esperanza de San José de Morán, Mercedes 1, El Vergel, 15 de Julio.

#### □ **Marianas – Zabala**

Servidores del IESS, Coop. Julio Zabala, Mariana de Jesús, Utilcar, Vilcabamba, Collas, Sendero del Quinde, Los Eucaliptos de Calderón, La Llanura, La Unión/Parada 12, Reina del Cisne de Zabala, San Patricio, Calle La Tola Marianas, Colinas de Bellavista, Urb. San Francisco, Urb. San Ignacio, Esperanza y Progreso del Pueblo, Matilde Godoy, 24 de mayo, Albornoz, La Cruz, Coop. Benito Juárez, Los Capulies, Conj. Santa Marianita 1-2-3-4, Julio Zabala, San Patricio, El Muelle, La Tola, Huertos Familiares, Cdma. Pro mejoras Marianitas, Mariana 5000 Valle, Comité Pro Mejoras Cdma. Jardines del Mar, Mariana 4000, Las Orquídeas, Lotización Días Pillajo, Coop. De Vivienda María de las Mercedes, Urb. Mariana de Jesús, Conj. La Pradera.

#### □ **Carapungo**

Lotización la Rioja, Acacias de Carapungo, Acacias 2, Hernando Parra, A1, MZ A2, MZ A3 A5, MZ 5, MZ 6, MZ 7, MZ A8, MZ A10, MZ A11, MZ B3, B4, B5, MZ B6, Batea – MZ

B8 – MZ B9, MZ B10, Amigos del Parque B11 Parque Juan Montalvo, MZC7, Etapa CC3, MZC4, MZ C5, MZ C6, Etapa F Bajo, Sector F MZ 13-15 Valle de la E Alto Carapungo, Etapa E Bajo, MZ D4, MZ D5, MZD9, La Puntilla, Urb. Puertas del Sol 1, Coop. Puertas del Sol A1.

#### □ **Comuna de Llano Grande**

Cabildo de Llano Grande, Candelaria Alta, Cuatro esquinas, El Carmen 1, El Carmen 2,

Hinga Huayco, Huaco, Huala, La Tola, Redin 1, Redin 2, San Juan, Loma Bajo, Calixto Muzo, San Juan Loma Bajo 1ª, San Juan Loma Bajo 1B, San Vicente 1, San Vicente 2, Urb. Ciudad Alegría, Central, Valle de Tinallo, Valle Hermoso del Carmen, El Mercado,

La Candelaria I, La Candelaria II, Las Heliconias, Colinas de Llano Grande, Urb. Casa Tuya, Calle Eduardo Racines, Conjunto Parque Alegre, Conjunto Santa Rosa, Rinconada del Sol N°2, Conj. Paseos de Calderón, San Cayetano, Conj. Villa Vittoria, Puente del Niño Lote 20, Pasaje Orbea el Carmen N° 1.

#### **Centro Administrativo**

Urb. Sierra Hermosa 1, El Arenal, San Luis de Calderón, San Camilo 1, Comité Pro Mejoras San Rafael, San Camino 2, Churuloma, Urb. Mariana de Jesús, Lot. Boada, Pamela Cristina Borja 3, Corazón de Jesús, Urb. Sierra Hermosa 2, El Clavel 1, Cuerpo de Bomberos, Calle Quitus, Conj. Olivares, Conj. Cielo Azul, Conj. Los Eucaliptos, Conj. England Garden, Conj. La Piedra, Conj. San Antonio 3, Conj. Pueblo Blanco 1, Conj. Pueblo Blanco 2, Conj. San Camilo, Conj. Casales Buena Ventura.

#### **Comunas (6)**

San Francisco de Oyacoto, La Capilla, Santa Anita, Llano Grande, San Miguel del Común, Comuna Elena Enríquez.

#### **Actores Sociales**

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, Barrios/Comunas, Centros de Desarrollo Infantil, Casas hogar, Casas religiosas, Centros de Ayuda social a niños, jóvenes y madres solteras, Unidad de Policía Comunitaria, Tenencia Política, Instituciones educativas, Subcentro de Salud, Organizaciones culturales, Ligas Deportivas, Microempresas, ONG's.

#### **Mapeo de Actores**

A continuación, en la Tabla 100, se describen actores Institucionales del Distrito Metropolitano de Quito y autoridades locales, que intervendrán en las diferentes fases de ejecución de este estudio y que deberán interactuar para viabilizar su ejecución.

Tabla 92 Actores Institucionales

ACTORES SOCIALES	AUTORIDADES	DESCRIPCIÓN
Concejo del Distrito Metropolitano de Quito	El Concejo Metropolitano cumple la tarea legislativa para la aprobación de ordenanzas, resoluciones y acuerdos en el Distrito Metropolitano de Quito. El Concejo está conformado por 21 concejales cada uno encargado de diferentes comisiones.	Su período Legislativo corresponde desde año 2014 al año 2019
Comisión Propiedad del Espacio Publico Período Legislativo 2019-2023	Integrada por tres Concejales Renata Salvador; Ivone Von Lippke; y Luis Reina, Presidente de la comisión.	Ordenanza Metropolitana No.194 sobre sus atribuciones ...Estudiar, elaborar y proponer al Concejo Municipal proyectos e ordenan y estudiar, analizar y formular lineamiento de política general que aseguren que los bienes inmuebles municipales y en general el uso del espacio público cumplan con sus fines de acuerdo a la Ley Orgánica de Régimen municipal. Esta comisión también revisa e informa al Concejo sobre las solicitudes de declaratoria de utilidad pública previa a expropiaciones; adquisiciones y remate de bienes, comodatos, cambio de categoría de bienes según el Art. 258 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal, y sobre las revisiones de avalúo de los bienes en el Distrito que, de acuerdo con la Ley se realicen periódicamente”...
Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda	Arq. Rafael Carrasco	La Secretaría lidera los procesos de desarrollo: arquitectónico urbano – territorial del espacio público, de la recuperación paisajística y equipamiento urbano; a través de la formulación y aplicación de políticas públicas territoriales, de usos del suelo, de hábitat, de patrimonio edificado y vivienda, bajo conceptos de sostenibilidad, inclusión, calidad, universalidad, que promueva la convivencia, la apropiación y la identidad ciudadana en el marco del buen vivir.

ACTORES SOCIALES	AUTORIDADES	DESCRIPCIÓN
Secretaría General de Coordinación Territorial y Participación Ciudadana.	Dr. Juan Sebastián Medina	Ordenanza Metropolitana N° 102 que «Promueve y Regula el Sistema Metropolitano de Participación Ciudadana y Control Social». Establece los mecanismos de Participación Ciudadana y Control Social expresamente señalados por la ley de Participación Ciudadana y Control Social
Administración Zonal de Calderón	Castellanos Toscanos Johana Patricia Administrador	tiene una jurisdicción territorial de 8 731 hectáreas, comprende las Parroquias Calderón y Llano Chico. Distribuida geográficamente en 10 sectores: Carapungo, Centro Administrativo, Calderón, Llano Grande, Llano Chico, Marianas-Zabala, San José de Morán, San Juan, Bellavista y las Comunas (Oyacoto, San Miguel del Común, La Capilla y Santa Anita).
Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS	Ingeniero Guido Andrade Gerente General EPMAPS / Secretario del Directorio	El Directorio es el órgano de gobierno de la Empresa. Su función principal es definir el marco político y estratégico de acción de la Empresa concordancia con las políticas nacionales, regionales, provinciales y locales, conocer, aprobar y evaluar los planes, programas y presupuestos de la Empresa, así como conocer y resolver sobre asuntos de la Empresa vinculados con el direccionamiento estratégico del quehacer de la Empresa. El Directorio está conformado por: El /la Alcalde o Alcaldesa de la ciudad o su delegado, Dos concejales o concejalas designados por el Concejo Metropolitano, la Secretaria o Secretario Metropolitano de Planificación del DMQ y la Secretaria o Secretario Metropolitano de Territorio, Hábitat y Vivienda.
GAD Parroquial de Calderón	Sra. Rosa Salazar Presidenta	INEC para el año 2015 la población de Calderón asciende a 173.491, mientras que para el año 2020 la población parroquia será 189.123 habitantes.
GAD Parroquial de Llano Chico	Sr. Eladio Parra Presidente	La superficie de Llano Chico es de 7,57km <sup>2</sup> , su población es de 17.000 habitantes. El territorio de Llano Chico se extiende en una parte de la meseta del Guanguiltagua, debido a la presencia de sembríos de maíz en este pequeño llano, es conocido como "sarapamba", <b>el valle del maíz</b> .

### Actores de los barrios de la zona del Proyecto

En la tabla se presentan los nombres de los barrios y sus representantes, también como actores en el área de influencia del estudio.

**Tabla 93 Representantes de los Barrios de la Zona del Proyecto**

BARRIOS	NOMBRE DEL PRESIDENTE/A
Nueva Generación	Sra. Rocío Places Places
Colinas del Valle	Sr. Carlos Ferigra
Jesús del Gran Poder	Abogado Milton Oswaldo Romero Álvaro
Nuevo Amanecer	Psicólogo Omar Angulo
Luz y Vida	Contador Público Martín Vaca
Santa Clara de Pomasqui del Sector San Juan de Calderón	Comerciante Edgar Eduardo Quisilema
San José de Morán	Auxiliar de enfermería Piedad Vera
Acacias de Carapungo	Sra. Maribel Armas Obando
Comité Pro Mejoras	Sr. Edgar Buenaño
San Camilo	Sra. Mercedes Mogro
Esperanza y Progreso	Tecnóloga en Sección de Transportes Carmita Toapanta
El Arenal	Chofer Profesional Yolanda Catayo
El Clavel	Docente Jorge Revelo
Collas	Jubilado Luis Vallejo
El Carmen 2	Electrónico Homero Ushiña
San Francisco de Quito	Jubilado Mariano Guañuna
Sierra Hermosa	Comerciante Lilia Proaño
Ciudad Alegría	Ingeniero en Administración Turística
Bonanza	Jubilado Segundo Ramos
El Cajón	Ing. Darwin Yajamín
Candelaria No. 1	Chofer Luis Humberto Zuquillo
Landázuri	Comerciante Marcelo Collaguazo
La Capilla	Doctor-Abogado Gonzalo Farinango
Santa Anita	Ingeniero Luis Farinango
San Miguel del Común	Jubilado Luis Vallejo
Presidenta del Comité de Seguridad de la Junta Parroquial de Calderón	Señora Magali Delgado

BARRIOS	NOMBRE DEL PRESIDENTE/A
Jardines de Babilonia	Luis Galarza
Calle Ricardo Calderón	Beatriz Rodríguez
Llano Chico	Sonia Quiñónez
San José Obrero	Julio Pambi
Gualo	Victor Tufiño

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### **“Socialización, Asambleas realizadas<sup>8</sup>**

El día sábado 10 noviembre del 2018, representantes de la EPMAPS, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, realizaron la socialización de los proyectos: Línea de conducción de Agua Potable Puembo – Calderón, construcción de la Planta de Tratamiento de Agua y Redes de tanques y líneas de conducción. En la reunión estuvieron presentes representantes y moradores de los diferentes barrios de la Parroquia.

Jorge Terán, técnico ambiental de la empresa pública, mencionó que el proyecto: Línea de conducción de Agua Potable, se encuentra en proceso de factibilidad, y se espera que hasta el mes de mayo ya se culmine el estudio.

Además, remarcó que el mismo logrará sanear los déficits de agua del sector de Calderón, pero además beneficiará a San Antoni, Calacalí y Pomasqui.

La obra será financiada a través de un préstamo del BID, Banco Interamericano de Desarrollo, por una cantidad estimada de 87 millones de dólares. Por lo cual, la empresa municipal se encuentra gestionando los requisitos para acceder al crédito.

Justamente uno de los requerimientos de la entidad financiera, es la socialización del proyecto a la comunidad; se podría decir una vinculación activa de la ciudadanía.

Luego de la exposición de los personeros municipales, los vecinos participaron de un taller, para finiquitar acuerdos de la realización de dichas obras. **Luis Galarza** comentó que se debe tomar en cuenta a la mano de obra ecuatoriana de la zona en el momento de ejecución de los proyectos.

Por su parte, **Verónica Andino** resaltó que se debe realizar un trabajo de campo previo para conocer las necesidades de los moradores.

Al igual que Andino, **Hugo Navarrete** también remarcó la importancia de conocer los requerimientos de los grupos vulnerables y la permanente socialización de las etapas de estas obras.

<sup>8</sup> Tomado de <https://www.cerolatitud.ec/proyecto-de-agua-potable-para-calderon/>

A continuación, se tiene una descripción más amplia de dicha asamblea realizada en la población de Calderón.

**Proyectos:** Línea de Conducción Puembo Calderón, Planta de Tratamiento de Agua y Líneas de Transmisión y Tanques.

**Lugar:** Auditorio del GAD de Calderón/Casa Parroquial de Calderón (Calderón)

**Fecha:** Sábado 10 de noviembre de 2018 **Hora:** 15:00

**Material convocatoria:** volantes y afiches

**Material asamblea:** Presentación en Mapas Tématicos, papelotes, marcadores, cámara fotográfica.

Idioma: español

**Coordinación:** Presidente del GAD de Calderón

Resumen de Participantes				
CALDERÓN	PUEMBO - CALDERÓN	PTAP CALDERÓN	LT-TANQUESREDES CALDERÓN	
Número de participantes en Asamblea	30			
Número de participantes mujeres	17			
Número de participantes hombres	13			
Número de participantes autoadscritos mestizos	29			
Número de participantes autoadscritos blancos				
Número de participantes autoadscritos indígenas				
Número de participantes autoadscritos ecuatorianos	1			
<b>Fuente:</b> Asambleas de socialización de Proyectos a ser financiada por el BID				
<b>Fecha:</b> 17 de diciembre 2018				
Resumen de Representatividad				
CALDERÓN	PUEMBO - CALDERÓN	PTAP CALDERÓN	LT-TANQUES - REDES CALDERÓN	NOTA EXPLICATIVA
Número de convocados	41			
Número de asistentes	30			

Representantes de barrios de la zona de influencia directa e indirecta	28	
Pobladores/frentistas de las vías por dónde se implantarán los Proyectos	15	
<b>GÉNERO</b>		
Representantes de grupos de mujeres	2	
Representantes de grupos étnicos	1	
<b>VULNERABILIDAD SOCIAL</b>		
Representantes de población vulnerable: atención a grupos prioritarios, de la zona de influencia directa e indirecta	1	
<b>ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>		
Representantes de gremios de actividades económicas que se desarrollan en la zona de influencia directa e indirecta	5	Personas que representaban a los vendedores de productos agrícolas
Fuente: Asambleas de socialización de Proyectos a ser financiados por el BID		
Fecha: 17 de diciembre de 2018		

Fuente: Asamblea realizada por la EPMAPS 2018

### ***Principales temas abordados y conclusiones***

Las convocatorias a las reuniones tendrán que ser efectuadas a través del GAD o de la Administración Zonal de manera de promover la participación de los beneficiarios y a la vez afectados durante la construcción de las obras.

Para mejorar la calidad de los estudios, la comunidad desea mantener reuniones con los Consultores de los Proyectos. Por su parte la comunidad se comprometió en conformar comisiones de seguimiento para que se concrete la ejecución de los proyectos presentados.

Los participantes de la Asamblea indicaron que la iniciativa de la EPMAPS de enrolar desde tempranas etapas de los Proyectos a la comunidad es positiva. Es necesario que exista cercanía entre la comunidad y los funcionarios de la EPMAPS, que ellos cuenten con el apoyo de la población local en los recorridos de manera que cuando se elaboren los estudios no queden fuera algunos barrios, cuyo crecimiento es acelerado y debido a la dinámica poblacional cada día pasan a ser parte de consolidado urbano de Calderón.

Para asegurar la participación de la población sugirieron que se conformen grupos de personas que representan a las comunidades afro ecuatorianas, indígenas, mujeres y personas con discapacidad.

Con respecto a los mecanismos para resolver conflictos los asistentes solicitaron fortalecer el canal de comunicación entre los funcionarios y población beneficiaria.

Por último, las aspiraciones de la población local, manifestadas en la Asamblea son las siguientes:

Priorizar la contratación de la mano de obra local para la construcción de los Proyectos presentados, preferentemente ecuatorianos y ecuatorianas.

Aprovisionamiento de materiales en la localidad de manera que se dinamice la economía.

A manera de conclusión, los Proyectos fueron difundidos entre los actores claves del AID y AII. Estos son aceptados por los involucrados, a sabiendas de que la fase de construcción tiene problemas generados por el polvo producto de la excavación de zanjas para colocar la tubería y que estas molestias son temporales.

## **11. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**

### **11.1 METODOLOGÍA UTILIZADA**

Para estimar el costo del Proyecto se utiliza la metodología de análisis de precios unitarios. Esta evaluación requiere un balance correcto entre las cuantificaciones de los diferentes volúmenes de obra y los precios unitarios.

Se debe tener en cuenta que el Costo de Construcción calculado, es un costo a nivel de Diseño Definitivo, dinámico y específico para el Proyecto Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes Calderón.

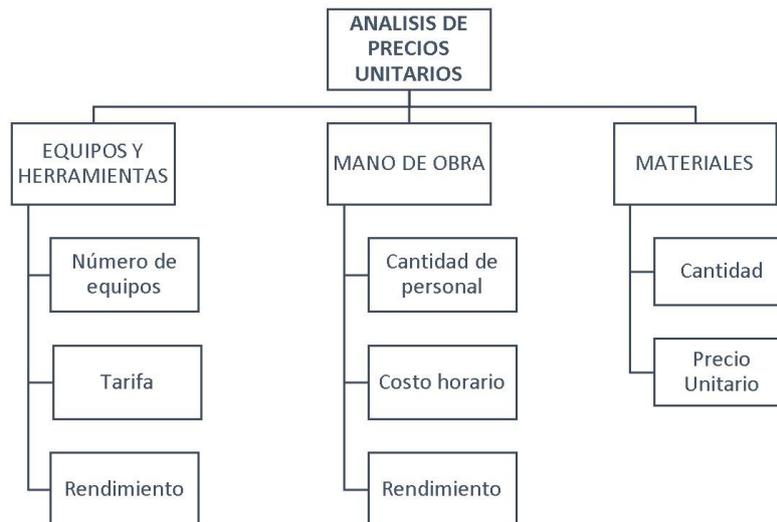
### **11.2 VOLÚMENES Y CANTIDADES DE OBRA**

Las cuantificaciones del proyecto se hacen en base a los planos y diseños de ingeniería disponibles en este nivel de diseño del estudio. En el cálculo de volúmenes

de obra se utilizan específicamente los reportes de AutoCAD®. Para algunos casos también se ha obtenido los volúmenes utilizando hojas de cálculo proporcionadas por los diferentes especialistas.

### 11.2.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

En la siguiente figura se desglosan los componentes para la elaboración de los análisis de cada precio unitario.



**Figura 76 Componentes de un Análisis de Precios Unitarios**

Fuente: (Suarez, 2002)

#### EQUIPO Y HERRAMIENTAS

Considerando cada rubro, se elige el equipo a participar en la construcción y los materiales necesarios.

El costo del equipo y herramienta, es un valor por hora y existe independientemente de si el equipo está o no en uso.

#### MANO DE OBRA

Al igual que el equipo, el costo de la mano de obra es un costo horario, y está en función de la tabla salarial vigente a enero 2020 y dispuesta por la Contraloría General del Estado.

El costo horario considera, el salario básico unificado, los fondos de reserva, vacaciones, días no laborables, fines de semana, jornadas, décimo tercero, décimo cuarto, y el tipo de trabajo.

#### MATERIALES

El precio utilizado, constituye el valor que se paga por el material puesto en obra, es decir está formado por el costo propio del material en el centro abastecedor y el

transporte al lugar del proyecto. El valor de IVA no se considera para ninguno de los materiales.

## COSTOS INDIRECTOS

Son costos de los recursos que participan en el proceso productivo, pero que no se incorporan físicamente al producto final. Estos costos están vinculados al periodo productivo y no al producto terminado.

En la siguiente Tabla se detallan los diferentes ítems considerados en la determinación del porcentaje de costo indirecto, válido para el presente proyecto.

**Tabla 94 Costos indirectos**

PROYECTO DISEÑO DEFINITIVO DE LA LINEA DE TRANSMISION, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES DE CALDERON					
ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS					
Gastos de Administración Central					
I ALQUILERES AMORTIZACIONES					
	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	TOTAL
a)	Alquiler Oficina Central	mes	27	1000,0	\$ 27.000,00
b)	Computadoras, impresoras	mes	27	1500,0	\$ 40.500,00
c)	Pago agua, luz, teléfonos, fax, correos	mes	27	1000,0	\$ 27.000,00
d)	Mobiliario de oficina	mes	27	1000,0	\$ 27.000,00
e)	Alquiler terrenos para bodegas/campamento	mes	27	1000,0	\$ 27.000,00
f)	Vehiculos de oficina (3 control técnico)	mes	81	1000,0	\$ 81.000,00
<b>TOTAL I</b>					<b>\$ 229.500,00</b>
II CARGOS ADMINISTRATIVOS					
	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P, UNIT,	TOTAL
a)	Almacenista	mes	27	2055,0	\$ 55.485,00
b)	Mensajeros	mes	27	685,0	\$ 18.495,00
c)	Choferes	mes	81	959,0	\$ 77.679,00
d)	Recepcionista/secretaria	mes	27	1096,0	\$ 29.592,00
<b>TOTAL II</b>					<b>\$ 181.251,00</b>
III CARGOS TÉCNICOS Y PROFESIONALES					
	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P, UNIT,	TOTAL
a)	Gerente de proyecto	mes	27	4110,0	\$ 110.970,00
b)	Superintendente de obra	mes	27	3014,0	\$ 81.378,00
c)	Ingeniero Hidráulico	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
d)	Residentes	mes	81	1644,0	\$ 133.164,00
e)	Control de proyecto - costos, programación y control de obra	mes	27	1644,0	\$ 44.388,00
f)	Coordinador de topografía	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
g)	Ingeniero Geotécnico	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00

h)	Ingeniero Estructural	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
i)	Ingeniero Eléctrico - Electromecánico	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
j)	Ingeniero en control y SCADA	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
k)	Ingeniero salud, seguridad y ambiente	mes	12	1644,0	\$ 19.728,00
l)	Abogado	mes	4	1644,0	\$ 6.576,00
m)	Contador	mes	4	1644,0	\$ 6.576,00
n)	Auxiliares de Ingenierías	mes	100	1096,0	\$ 109.600,00
<b>TOTAL III</b>					<b>\$ 624.172,00</b>
<b>IV GASTOS DE LICITACIÓN</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT,</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Preparación de oferta	gbl	1	10000,0	\$ 10.000,00
<b>TOTAL V</b>					<b>\$ 10.000,00</b>
<b>V RETENCIONES</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Impuesto a la renta	gbl	1	284131,3	\$ 284.131,35
f)	Gastos notariales y de registro	gbl	1	50000,0	\$ 50.000,00
<b>TOTAL VI</b>					<b>\$ 334.131,35</b>
<b>VI MATERIALES DE CONSUMO</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Artículos de limpieza	mes	27	800,0	\$ 21.600,00
b)	Copias	mes	27	2000,0	\$ 54.000,00
c)	Material de oficina	mes	27	1500,0	\$ 40.500,00
<b>TOTAL VII</b>					<b>\$ 116.100,00</b>
<b>VII SEGUROS</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Equipo y Vehículos	mes	27	\$ 3.375,00	\$ 91.125,00
b)	Personal	mes	27	\$ 13.500,00	\$ 364.500,00
<b>TOTAL IX</b>					<b>\$ 455.625,00</b>
<b>TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>					<b>\$ 1.950.779,35</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>\$ 14.206.567,25</b>
<b>PORCENTAJE GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>					<b>13,73%</b>
<b>Gastos en Obra</b>					
<b>IX CARGOS DE CAMPO</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Equipo de protección personal (EPP)	gbl	1	20000,0	\$ 20.000,00
b)	Movilización de Maquinaria	gbl	1	10000,0	\$ 10.000,00
<b>TOTAL XII</b>					<b>\$ 30.000,00</b>
<b>X CONSTRUCCIÓN PROVISIONAL</b>					
<b>CONCEPTO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
a)	Campamentos	mes	27	4700,0	126900,0

			TOTAL XIII	126900,0
XI ENSAYOS Y LABORATORIO	Gbl.	1	26000,0	\$ 26.000,00
XII GARANTÍAS ANTICIPO (30% DE ANTICIPO)			4,00%	\$ 170.478,81
XIII GARANTÍAS FIEL CUMPLIMIENTO (10% DE GARANTÍAS DE ANTICIPO)			10,00%	\$ 17.047,88
XIV IMPREVISTO GASTOS DE CONTRATACIÓN S			0,50%	\$ 71.032,84
XVI IMPREVISTOS			0,50%	\$ 71.032,84
XVII UTILIDAD			3,00%	\$ 426.197,02
TOTAL DE GASTOS INVERSIÓN (GASTOS DE OBRA)				\$ 938.689,38
% DE GASTOS INVERSIÓN				6,61%
INDIRECTOS= % DE GASTOS ADMINISTRATIVOS +% GASTOS DE OBRA				20%

Elaboración: INGECONSULT, 2021

### 11.2.2 CUADRO DE APUS

Los análisis de precios unitarios (APU's) de todos los rubros resultantes del diseño a nivel de factibilidad del Proyecto Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión Tanque de Almacenamiento y redes de Calderón, se encuentran consignados en el Anexo 2 del Informe Presupuestos y Justificación de Precios

### CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

En la siguiente Tabla 97 se muestra el Cronograma de Ejecución del proyecto, para el análisis de nivel de diseño definitivo.

Tabla 95 Cronograma de Ejecución del Proyecto Línea de Transmisión, Tanques y Redes Calderón

ITEM	DESCRIPCIÓN	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	ACTIVIDADES PREVIAS (Campamentos, Centros de acopio, contratación de equipos / subcontratistas, permisos para compra de tubería, elementos electrónicos y electromecánicos)	█	█																											
1	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE SISTEMAS EXISTENTES (Planos de Infraestructura existente y planos As-Built)			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
2	<b>CONSTRUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DE TANSMISIÓN</b>																													
3	ADQUISICIÓN Y TRANSPORTE al sitio de LÍNEA DE TRANSMISIÓN				█	█	█	█	█	█	█	█																		
4	INSTALACÓN DE TUBERÍA DE ACERO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN								█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO PARA LÍNEAS DE REFORZAMIENTO EN TRANSMISIÓN																				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
6	<b>CONSTRUCCIÓN DE TANQUES Y AMPLIACIONES</b>																													
7	ADQUISICIÓN DE INSTRUMENTACIÓN, EQUIPOS Y ACCESORIOS			█	█	█	█	█	█																					
8	ARENAL 1 (INCLUYE DERROCAMIENTO)																													
9	ARENAL 2																													
10	SAN LUIS																													
11	MARIANA DE JESUS 1																													
12	MARIANA DE JESUS 2																													
13	LLANO GRANDE BAJO																													
14	SAN MIGUEL DEL COMUN ALTO 1 y 2																													
15	SAN MIGUEL DEL COMUN MEDIO																													
16	SAN MIGUEL DEL COMUN BAJO																													
17	OYACOTO																													
18	SAN JUÁN DE CALDERÓN 1																													
19	SAN JUÁN DE CALDERÓN 2																													
20	SAN JUÁN DE CALDERÓN ALTO																													
21	BRISAS DEL NORTE																													
22	CARRETAS 1 Y CARRETAS 2																													
23	SAN LUIS 2 (CUATRO ESQUINAS)																													
24	PLAN DE VIVIENDA ECUADOR																													
25	LLANO GRANDE ALTO																													
26	MORÁN 1																													
27	MORÁN 2																													
28	<b>CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN</b>																													
29	INTERVENCIÓN EN REDES																													
30	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL																													
31	PRUEBAS FINALES Y CIERRE DEL PROYECTO																													

Elaboración: INGECONSULT, 2021

## 12. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

### 12.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica - financiera del proyecto: “Línea de transmisión, Tanque de almacenamiento y Redes en Calderón” se ha enfocado dentro de una Visión de un Programa Integral que incluye adicionalmente la implementación de una línea de conducción Puembo – Calderón y una Planta de Tratamiento de Agua Potable, con el objeto de poder cuantificar los beneficios a los usuarios finales del servicio de agua (doméstico, comercial, industrial e institucional), el establecimiento del costo real de producir y distribuir agua a la población del área de influencia del proyecto, y la estructuración de un plan de financiamiento integral que mejore las condiciones del préstamo que tendría la Empresa.

La presentación de los resultados de Diseños Definitivos de las evaluaciones económicas y financiera del componente de Redes de Distribución se basa en la información de inversiones expresadas en fórmula polinómica y cuadrilla tipo (febrero de 2021). Por otra parte, en esta versión se incluyen los ajustes realizados a las inversiones de diseños definitivos de la Línea de Conducción Puembo-Calderón, correspondientes a diciembre de 2019, para la evaluación financiera se incluye las condiciones de financiamiento de los créditos obtenidos, acotándolos a la demanda de financiamiento para agua potable, conforme las directrices de EPMAPS que consta en el “Plan Financiero 20200818 Formatos BID.xlsx”.

De acuerdo con los resultados del Plan Maestro (2011) se destacan las acciones que garantizan el futuro abastecimiento de agua potable del DMQ. En este documento se propone un conjunto de proyectos de inversión que deben ser implementados a corto, mediano y largo plazo, por lo que se incluye el presupuesto de los estudios de diseños definitivos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para Calderón así como el proyecto Recuperadora Paluguillo, que forma parte del Proyecto Integral Quito Norte.

El concepto fundamental, que se considera en este proyecto, consiste en garantizar el suministro de agua potable para el área norte de la ciudad de Quito, y comprende su límite sur desde la avenida Naciones Unidas hacia el norte, incluyendo las parroquias de Cumbayá, Nayón, Zábiza, Llano Chico, Calderón, parte de la parroquia de San Antonio y Calacalí, se espera liberar el recurso que actualmente se distribuye a Calderón con lo cual es posible suministrar agua potable para la parte norte de Quito sin restricciones de abastecimiento, puesto que el agua que transportará la línea Puembo - Calderón, satisfará la demanda de Calderón y de las parroquias localizadas al norte de la ciudad.

El análisis de la demanda considera los resultados de la cuantificación de los consumos de agua potable por tipo de consumidores del área de influencia del proyecto correspondiente a los últimos cuatro años; para la estimación de la demanda futura se ha realizado ajuste a las proyecciones realizadas por la EPMAPS hasta el año 2025, éstas se basan en el censo de población y vivienda (2010); los resultados

del censo, muestran cambios significativos en el crecimiento de la población, en la mayoría de casos en todas las jurisdicciones del área de influencia la tendencia de la tasa de crecimiento de la población es decreciente. Para el análisis de simulación se proponen tres escenarios para el crecimiento de la población del área de influencia del proyecto; el primero considera los resultados de las proyecciones de población de la ciudad de Quito; un segundo escenario considera ajustes realizados a la población del año base (2010) en función de nuevos parámetros (INEC, 2013), básicamente, la tasa de omisión censal y la tasa global de fecundidad; el escenario tres es un promedio de las dos anteriores.

La metodología de evaluación económica utilizada es la de costo-beneficio, mediante la utilización del Modelo de Simulación de Obras Públicas, (SIMOP). El análisis se lo realizó para el período de diseño de 30 años, considerando una etapa de ejecución. Los flujos obtenidos se descontaron a una tasa de descuento social del 12%, la misma que es la recomendada por el Proyecto de Saneamiento Ambiental (PSA) de la EPMAPS en el documento Reglamento Operativo de Evaluación Económica.

Para efectos del presente análisis, la oferta sin proyecto corresponde a la cantidad de agua que la EPMAPS cuenta para distribución desde la Planta de Tratamiento de Bellavista; es decir, 3.000 lt/s.

Para la situación con proyecto, se prevé incorporar a la planta de Bellavista un nuevo módulo con capacidad de 750 l/s, éste entraría en operación en el año 8 del proyecto. Además, con las obras planificadas para Calderón, para la situación con proyecto se prevé disponer de 650 l/s hasta el año 2030 a partir de ese año la oferta se duplica hasta 1.300 l/s para las parroquias de Calderón, Llano Chico, Zámbiza, San Antonio y Calacalí.

De acuerdo con la información disponible (2018), la empresa ha cuantificado un racionamiento de agua potable de 6.570 horas, lo que equivale a 274 días al año, esto afecta mayormente a unos 3.500 hogares, si asumimos un tamaño del hogar de 3,2, la población afectada con racionamiento alcanza a 11.200 habitantes, si se asume una dotación de 150 l/hab/día, la cantidad de agua no disponible es de 459,9 miles de m<sup>3</sup> anuales.

Si se compara la oferta sin proyecto descontadas las pérdidas estimadas en el 24% (para Bellavista) y 30% para el agua que se oferta a Calderón, para el año 8 la oferta alcanzaría los 70,5 millones de m<sup>3</sup>, para ese año la demanda total habría crecido hasta 82,11 millones de m<sup>3</sup>, claramente para ese año la oferta disponible no alcanza para cubrir el crecimiento de la demanda, para ese año el déficit alcanzaría a 11,6 millones de m<sup>3</sup>. Por ello que es importante la incorporación en el proyecto integral de una mayor capacidad de oferta del sistema de agua potable, esto se proveerá a través de la línea de conducción Puenbo-Calderón, la planta de tratamiento, las redes de distribución y tanques de almacenamiento. Nótese que para el final del período nuevamente es necesario incrementar la oferta de agua, según el modelo de simulación a partir del año 25 se presentan restricciones porque existe un déficit de oferta de agua potable.

Los costos totales para el proyecto integral Quito Norte, con la actualización de los

costos de redes y almacenamiento, alcanzan a USD 199,25 millones de dólares a precios de mercado y USD 171,1 millones de precios de eficiencia. Para efectos de evaluación estos valores se agregan conforme el cronograma de inversiones propuesto por la Empresa de Agua Potable de Quito

Los costos de operación y mantenimiento de la situación con proyecto fueron calculados por los técnicos que elaboraron el proyecto y comprenden rubros de mano de obra calificada, no calificada, componente nacional e importado y energía eléctrica. En el flujo de costos de administración, operación y mantenimiento fueron excluidos los impuestos y aranceles con el objeto de eliminar distorsiones, para efectos de la evaluación económica se determinó una vez transformados los valores de mercado a precios de eficiencia, se determinó la anualidad que para el caso de agua potable alcanza a USD 1.164 miles de dólares y estos valores operarán a partir del año 6 del proyecto, toda vez que los cinco primeros años corresponden a la etapa de construcción del proyecto, el costo variable de producción de un m<sup>3</sup> equivale a USD 3 centavos, el costo variable de distribución es de USD 3,5 ctvs<sup>9</sup>.

La cuantificación de beneficios del proyecto de Agua Potable se realizó mediante la utilización del Modelo de Simulación de Obras Públicas, (SIMOP). Este modelo simula las curvas de demanda, la distribución y la producción de agua en un sistema público. El proyecto se diseña para un período de vida útil de 30 años, la oferta sin proyecto alcanza a 3.000 l/s; se han definido 5 grupos de consumidores, la demanda al año 2017 cuantificada para los consumidores: domésticos, comerciales, industriales e institucionales alcanza a 64,7 millones de m<sup>3</sup>; para el caso de los consumidores conectados al sistema actual, equivale a 0,5 millones de m<sup>3</sup> anuales, de manera que el consumo total para ese año 65,2 millones de m<sup>3</sup>.

Los resultados del análisis costo beneficio, siguiendo el escenario dos, determina una tasa interna de retorno del 15,17% un valor presente neto equivalente a USD 41.907 miles de dólares y una relación beneficio costo de 1,41. Estos resultados se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 96 Análisis Costo - Beneficio**

TIRE	15,17 %
VANE (miles USD)	41.907
B/C	1,41

Elaboración: INGECONSULT, 2021

## 12.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

El horizonte para el cual se plantea el proyecto es hasta el año 2048. Los componentes del modelo en la parte operativa se vinculan con el objetivo de estructurar una tendencia temporal de cada una de las variables principales que determinan la rentabilidad del proyecto.

Para el análisis se parte de una tasa de inflación equivalente a 0,30% anual y para el horizonte del período llega al 1,051%.

Para efectos de la evaluación financiera se utiliza la demanda incremental ajustada por tasas de crecimiento de la población, elasticidades, precios y norma de

<sup>9</sup> 12 EPMAPS-GERENCIA FINANCIERA

racionamiento, el grupo de consumidores domésticos representa más del 80% de la demanda total de agua potable. En orden de importancia se tiene al segmento de consumidores comerciales, institucionales e industriales.

Las tarifas medias para la situación con proyecto en el año base (2018) se obtiene a través de la facturación realizada a los clientes del área de influencia del proyecto, misma que se basa en el pliego tarifario vigente. Las tarifas media se proyectan durante el horizonte del proyecto considerando básicamente el impacto de la inflación, se espera que las tarifas medias proyectadas sirvan para determinar la autosuficiencia del proyecto, esta es una condición primaria de todo esquema de inversión.

Los ingresos corresponden al producto de la cantidad de agua demandada para cada período y por tipo de consumidores y la tarifa proyectada en términos corrientes. Se asume para efectos del proyecto un factor tarifario equivalente al 95%.

La inversión total asciende a USD 234 millones de dólares, de los cuales en los años 6 y 7 se concentra más del 60% de las inversiones previstas para el proyecto, esto guarda relación con la programación de las actividades consideradas para las líneas de conducción Paluguillo-Puembo, Puembo-Calderón, la construcción de la planta de tratamiento de Calderón, las líneas de distribución para Calderón, San Antonio y Calacalí, los tanques de reserva. Es importante señalar que en este esquema de inversión se incluye también los costos de inversión de la planta de generación de energía eléctrica denominada “Recuperadora”.

Los valores que se asume tanto para costos de producción como de distribución y los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, provienen de los costos históricos que la empresa de agua potable tiene para cada uno de estos componentes de costo, para el caso de los costos de producción y distribución se aplica el respectivo costo unitario para la cantidad de agua que será ofertada en la situación con proyecto.

El financiamiento del proyecto se hará mediante crédito de la banca multilateral; un primer segmento de deuda se contrató con el BID con una tasa de interés del 3,78%, un período de gracia de 6,5 años y un plazo para repago de 24,5 años; el segundo tramo de deuda se ha realizado con FONPRODE, con una tasa de interés del 3,3%, un período de gracia de 6,5 años y un plazo para repago de 25 años. En total el financiamiento de acuerdo con la programación de EPMAPS corresponde al 57% del valor del proyecto.

La demanda total de financiamiento para los componentes de **agua potable** asciende a USD 117,3 millones de dólares, este se efectivizaría en cinco años, iniciando en el año 2021, esto corresponde al cronograma de ejecución del proyecto, en este año se prevé concluir los estudios a nivel de diseños definitivos todos los componentes del proyecto. El valor de las comisiones corresponde a una estimación de comisión inicial, una comisión de compromiso, costos operativos para manejo del crédito, el valor estimado asciende a USD 896 miles de dólares.

Los resultados del análisis costo-beneficio financiero muestran los indicadores de rentabilidad que se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 97 Indicadores de Rentabilidad**

<b>INDICADORES</b>	<b>ESCENARIO 2</b>
TIR PROYECTO PURO	6,71%
TIR INVERSIONISTA	7,58%
VNA INVERSONISTA (miles USD)	22.785
RELACION B/C	1,13
COBERTURA DE DEUDA	2,07
PRK	24

Anexo 3: Evaluación Financiera

Fuente: INGECONSULT, 2021

El punto de equilibrio de largo plazo se ubica en el 12,1%, la tendencia es decreciente, para el primer año de entrada en operación del proyecto, es decir en el año 8, el punto de equilibrio se ubica en el 22,6%, siempre el esfuerzo va a ser mayor mientras se repaga la deuda, el punto de equilibrio en promedio para el período 10 al 30 es del 11,1%. Para los otros escenarios los resultados no son significativamente diferentes.

Combinando variaciones en los costos e ingresos totales de manera inversa, es decir mientras los ingresos se incrementan un 10%, los costos totales se reducen en un 5%, la tasa de retorno alcanzaría al 9,71%. Los resultados del análisis de sensibilidad cruzada, en el escenario menos favorable, es decir, si los ingresos se reducen un 20% y los costos se incrementan en la misma magnitud, la tasa interna de retorno obtenida llega al 2,14%, por otra parte, si los ingresos se incrementan un 20% y los costos se reducen un 10%, la tasa interna de retorno alcanzaría al 11,88%. Una reducción de costos del 10% y de ingresos en un 20% daría como resultado una tasa interna de retorno de 5,95%.

Los resultados del análisis de riesgo para la tasa interna de retorno, la probabilidad de ganancias para la situación con proyecto alcanza al 83,3%, en tanto que la probabilidad de pérdidas es de 16,7% la probabilidad de obtener ganancias desde el 6,38% hasta el 11,81% es del 72,3%.

Los ajustes realizados en los presupuestos de inversión en obras civiles y equipamiento (diseños definitivos), para los distintos componentes del proyecto integral, permiten concluir con la obtención de indicadores de rentabilidad económicos y financieros que aseguran la rentabilidad del proyecto, por lo tanto, es rentable para la empresa de agua potable como para los consumidores de la parte norte de Quito.

Los ajustes realizados a los costos de inversión del proyecto de Redes de Distribución más los ajustes finales del componente de Línea de Conducción Puembo-Calderón, muestran que el proyecto aún continúa siendo rentable económicamente.

El proyecto de líneas de transmisión, tanques de almacenamiento y redes de distribución para Calderón en el marco del proyecto Integral Quito Norte, sin duda beneficiará principalmente al conglomerado de habitantes de las parroquias Calderón, San Antonio de Pichincha y Calacalí, y garantizará el suministro de agua para el norte de Quito hasta el año 2050.

## 6.5 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

El “Proyecto Integral Quito Norte” es rentable económicamente. La tasa interna de retorno alcanza al 15,17%, el valor presente es positivo y la relación beneficio costo es mayor que uno. Los resultados del análisis costo beneficio desde el punto de vista financiero con la aplicación de los supuestos utilizados, determinan que el proyecto, es rentable para el inversionista por cuanto la tasa interna de retorno para el inversionista es superior a la tasa de descuento, el valor presente neto es positivo y la relación beneficio/costo es mayor que uno, el período de recuperación del capital se ubica en 25 años.

Este proyecto integral permitirá asegurar la oferta de agua potable para una población que actualmente significa más del 50% de la población de Distrito Metropolitano de Quito. Los ajustes realizados en los presupuestos de inversión en obras civiles y equipamiento (diseños definitivos), para los distintos componentes del proyecto integral, permiten concluir con la obtención de indicadores de rentabilidad económicos y financieros que aseguran la rentabilidad del proyecto, por lo tanto, es rentable para la empresa de agua potable como para los consumidores de la parte norte de Quito.

El proyecto de Redes de Distribución en el marco del proyecto Integral Quito Norte, sin duda beneficiará principalmente al conglomerado de habitantes de las parroquias Calderón, San Antonio de Pichincha y Calacalí, y garantizará el suministro de agua para el norte de Quito hasta el año 2050.

Quito, Septiembre 2021.