

Quito, 29 de Octubre de 2018  
OFICIO No. 14-PEBCC-2018

Señor Ingeniero  
José Luis Santos  
GERENTE GENERAL  
EMAPAG - EP  
Francisco de Orellana y Víctor Hugo Sicouret, Edificio Las Cámaras  
Torre B, Mezzanine.

+ 1 Factura P&T  
+ 12 Folders  
+ 1 perche.

Guayaquil

**Referencia:** Diseño de Ampliación y Repotenciación Integral de la Estación de Bombeo de Aguas Servidas Cerro Colorado.  
Entrega Informes Fase III: Diseño Definitivo

De mi consideración:

En conformidad con lo señalado en el numeral 9. de los Términos de Referencia: Forma de Entrega de Productos e Informe Final, envío para su conocimiento, las dos (2) versiones originales del Informe Principal de la Fase III: Diseño Definitivo, en forma impresa y digital, que contienen el resultado de las actividades y de los estudios en la Consultoría a cargo de INGECONSULT.

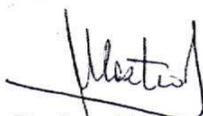
Los volúmenes entregados se detallan en la siguiente Tabla No. 1:

No.	Título
1	Diseño Hidráulico
2	Diseño Mecánico
3	Diseño Eléctrico y Comunicaciones SCADA
4	Diseño Arquitectónico y Diseño Estructural
5	Geología - Geotecnia y Mecánica de Suelos
6	Presupuesto, Desagregación Tecnológica, Fórmula Polinómica y Cronograma Valorado
7	Especificaciones Técnicas
8	Estudio Ambientales
9	Manual de Operación y Mantenimiento
10	Informe Final
11	Informe Ejecutivo
12	Planos

De igual modo, solicito a Usted de inicio al trámite de pago del valor correspondiente al Contrato Complementario; es decir, por la cantidad de US\$ 43.007,20 (valor sin IVA), de conformidad con lo que se señala en el numeral 3.1.1 de la Cláusula Tercera del mencionado Contrato Complementario.

Por su amable atención y trámite de aprobación del Informe Principal de la Fase III: Diseño Definitivo, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente;



Dr.-Ing. Marco Castro  
Director de Proyecto  
INGECONSULT Cía. Ltda.

c.C. :

- Ing. Juan Lasso C. 
- DIRECTOR DE REGULACIÓN Y CONTROL TÉCNICO DRT
- Ing. Isabel Valero M.
- SUPERVISORA DE METAS E INDICADORES DE GESTIÓN EMAPAG EP

Adjunto: Dos (2) versiones de los doce volúmenes, en forma impresa y en digital.  
Factura.

**“REPOTENCIACIÓN INTEGRAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS SERVIDAS CERRO COLORADO Y SU LÍNEA DE IMPULSIÓN CON DESCARGA A LA PLANTA LOS MERINOS”.**

**FASE No. 3: DISEÑO DEFINITIVO**



**RESUMEN EJECUTIVO**

## INDICE

<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. OBJETIVO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. ALCANCE .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. UBICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. CONFIGURACIÓN GENERAL: ESTACIÓN DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>4. diseño hidráulico .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. CRITERIOS Y BASES DE DISEÑO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Dimensionamiento de la línea de impulsión.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.1. Diseño Tubería.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.2 Trazado de la Línea de Impulsión.....</b>	<b>17</b>
<b>5. DISEÑO MECÁNICO .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.1. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.2. OPERACIÓN DE LAS BOMBAS DE LA EBAR CERRO COLORADO .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2. EQUIPO DE CONTROL DE OLORES .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3. EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIOS: VALVULERÍA .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.1. DISEÑO DE VÁLVULAS DE GUARDIA TIPO CUCHILLA .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.2. DISEÑO DE VÁLVULAS ANTIRETORNO (CHECK).....</b>	<b>31</b>
<b>5.3.3. DISEÑO DE VÁLVULAS DE AIRE.....</b>	<b>31</b>
<b>6. ESTUDIO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS REALIZADAS.....</b>	<b>33</b>
<b>7. DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL .....</b>	<b>41</b>
<b>7.1. DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....</b>	<b>41</b>
<b>7.2. DISEÑO ESTRUCTURAL.....</b>	<b>43</b>
<b>7.2.1. Pasos estructurales para la tubería en los esteros .....</b>	<b>43</b>
<b>7.2.2. Estación de Bombeo .....</b>	<b>45</b>
<b>7.2.3. Cámara de control .....</b>	<b>48</b>
<b>8. DISEÑO ELÉCTRICO, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>50</b>
<b>8.1. DISEÑO ELÉCTRICO .....</b>	<b>50</b>
<b>8.1.1. Listado de Cargas de instalación .....</b>	<b>50</b>
<b>8.1.2. Conexión a la red pública de media tensión .....</b>	<b>51</b>

8.1.3.	<i>Arquitectura de distribución eléctrica</i> .....	51
8.1.4.	<i>Transformador PADMOUNTED 900 KVA.</i> .....	51
8.2.	<i>Diseño del Sistema de Comunicación SCADA</i> .....	53
9.	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTOS</b> .....	54
9.1.	<i>Especificaciones técnicas</i> .....	54
9.2.	<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b> .....	54
9.3.	<b>PRESUPUESTO</b> .....	55
10.	<i>cronograma de ejecución de obras</i> .....	55
11.	<b>EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA</b> .....	57
11.1.	<b>EVALUACION ECONOMICA</b> .....	57
11.2.	<b>EVALUACION FINANCIERA</b> .....	57
12.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	57
12.1.	<b>FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO</b> .....	59

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación de la estación existente de bombeo EB Cerro Colorado</i> .....	9
<i>Figura 2: Implantación de la Línea existente de Impulsión desde la EB Cerro Colorado hasta el sitio de la PTAR Los Merinos</i> .....	9
<i>Figura 3: Implantación de las obras civiles en la EB Cerro Colorado</i> .....	10
<i>Figura 4: Implantación de la Línea de Impulsión. Foto GoogleEarth</i> .....	17
<i>Figura 5: Implantación de la Línea de Impulsión</i> .....	18
<i>Figura 6: Corte transversal Tramo I, cruce del Ducto Los Vergeles</i> .....	19
<i>Figura 7: Corte típico Tramo I (zona urbana consolidada)</i> .....	19
<i>Figura 8: Corte transversal Tramo II (inicio parque Samanes)</i> .....	20
<i>Figura 9: Corte transversal Tramo III</i> .....	20
<i>Figura 10: Curvas características de las bombas diseñadas</i> .....	23
<i>Figura 11: Curvas características de NPSH para la Alternativa 1</i> .....	23
<i>Figura 12: Curvas características de las bombas centrifugas WILO (referencia)</i> .....	24
<i>Figura 13: Volúmenes en el pozo húmedo para diferentes alturas del pozo húmedo</i> .....	26
<i>Figura 14: Datos para el escenario 1</i> .....	26
<i>Figura 15: Variación de nivel en el pozo húmedo para el escenario 1</i> .....	27
<i>Figura 16: Variación temporal de caudales de aducciones y bombas escenario 1</i> .....	27
<i>Figura 17: Variación de nivel en el pozo húmedo para el escenario 2</i> .....	28
<i>Figura 18: Variación temporal de caudales de aducciones y bombas escenario 2</i> .....	28

<i>Figura 19: Mapa de ubicación de las investigaciones geotecnicas en la fase de factibilidad...</i>	33
<i>Figura 20: Columnas estratigraficas de los sondeos realizados estudio. ....</i>	35
<i>Figura 21: Esquema de la fundacion de la estacion de bombeo y del nivel freatico considerado. ....</i>	38
<i>Figura 22: Esquema de la planta de las obras civiles para la ampliación de la EB Cerro Colorado.....</i>	41
<i>Figura 23: Planta de la ubicación de los equipos en la Sala de Control a ser modificada.....</i>	42
<i>Figura 24: Corte longitudinal con la modificación planteada para la losa de cubierta .....</i>	42
<i>Figura 25: Tipo de armadura metálica Para Pasos de tubería Sobre los Esteros.....</i>	44
<i>Figura 26: Vista frontal y lateral del cruce con la tubería .....</i>	45
<i>Figura 27. Diagrama de Anclaje y Soporte Para Tuberías en la Estación de Bombeo .....</i>	46
<i>Figura 28. Sistema de Anclaje de Hormigón Armado en Bombas y Válvulas. ....</i>	47
<i>Figura 29. Diagrama del anclaje de hormigón armado en la tubería de impulsión.....</i>	47
<i>Figura 30. Diagrama del Sistema de vigas y columnas del Cuarto de Control remodelado o ampliado.....</i>	48
<i>Figura 31. Arquitectura de distribución para la EB-CC.....</i>	52
<i>Figura 32. Componentes para el análisis de precios unitarios.....</i>	55
<i>Figura 33. Cronograma estimado de obra .....</i>	56

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Altura estática de bombeo.....</i>	13
<i>Tabla 2: Velocidades y Diámetros máximos, mínimos y recomendados, para la tubería de impulsión.....</i>	14
<i>Tabla 3: Pérdidas Totales en la Línea de Impulsión para el caudal de diseño .....</i>	14
<i>Tabla 4: Cotas del Sistema de Bombeo .....</i>	15
<i>Tabla 5: Datos del diseño de la tubería PE.....</i>	16
<i>Tabla 6: Características técnicas de la estación de bombeo .....</i>	21
<i>Tabla 7: Características técnicas de las bombas centrífugas.....</i>	22
<i>Tabla 8: Características técnicas de los motores eléctricos.....</i>	22
<i>Tabla 9: Volumen de Bombeo para diferentes alturas del pozo húmedo .....</i>	25
<i>Tabla 10: Datos para el escenario 2 .....</i>	28
<i>Tabla 11: Número máximo de arranques por hora de equipos de bombeo.....</i>	29
<i>Tabla 12: Características técnicas de las válvulas de guardia tipo cuchilla.....</i>	31
<i>Tabla 13: Características técnicas de las válvulas antirretorno (check).....</i>	31
<i>Tabla 14: Características técnicas de las válvulas automáticas de aire de PE.....</i>	32

<b>Tabla 15: Características técnicas de las juntas de desmontaje .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 16: Perforaciones realizadas para los estudios de Factibilidad y Diseños definitivos del sistema actual de conducción de Mucho Lote 2 – Cerro Colorado. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 17: Características litológicas y granulométricas de las unidades.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 18: Resumen de los principales parámetros característicos de cada Unidad Geotécnica .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 19: Estratigrafía tipo y parámetros de diseño Utilizados para el cálculo de la capacidad de soporte del terreno de fundación de la estación de bombeo -Mucho Lote 2 - Cerro Colorado .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 20: Coordenadas del centro de los pasos analizados .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 21: Dimensiones de los pasos analizados .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 22: Listado de cargas suministrado por el Cliente.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 23: Análisis de costos indirectos .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 24: Resumen del presupuesto.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **1. ANTECEDENTES**

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG-EP) adjudicó en el 2011, la concesión para los servicios públicos de agua y de alcantarillado de la ciudad de Guayaquil, a INTERAGUA Cía. Ltda.

El contrato de concesión contempla el mejoramiento de los servicios de agua potable, aguas servidas y drenaje pluvial dentro de la ciudad de Guayaquil, a través de la expansión de redes y el logro de metas de calidad en etapas progresivas bajo la regulación y el control de EMAPAG-EP.

Dentro de su Plan de Inversiones, en los años 2016 - 2017, INTERAGUA llevó a cabo la Consultoría “*Estudio de Factibilidad para la Definición del Esquema de Integración de las Cuencas Norte, Orquídeas y Mucho Lote al Área de Servicio de la PTAR Merinos*”. Este estudio define un esquema de planificación de lo que se denominó la Cuenca Norte de alcantarillado, el mismo que considera la implementación de estaciones de bombeo y líneas de impulsión que conectan las áreas sin servicio de alcantarillado sanitario a la Estación de Bombeo (EB) de Mucho Lote – Cerro Colorado. Esta EB requiere evidentemente una repotenciación integral, para que a su vez pueda ser conectada con la PTAR Merinos.

En este año 2018, en base a que se define como necesario adelantar la ejecución de la consultoría para desarrollar los diseños de repotenciación de la EB Mucho Lote - Cerro Colorado (ampliación de la capacidad de la estación existente), la EMAPAG EP suscribe con INGECONSULT Cía. Ltda. el contrato de consultoría No. 009/2018, vigente a partir del 25 de enero del 2018.

El presente Resumen Ejecutivo es un informe de la Fase No. 2: Estudio de Diseño Definitivo, en el que se describen los resultados de las actividades que INGECONSULT ha realizado, de conformidad con los Términos de Referencia y del Contrato antes mencionado.

## **2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO**

De conformidad con los Términos de Referencia, se plantea el siguiente Objetivo Principal de los estudios.

### **2.1. OBJETIVO**

Realizar el diseño, a nivel de ingeniería de detalle, de la repotenciación de la Estación de Bombeo (EB) Mucho Lote - Cerro Colorado, ubicada al Norte de la Ciudad de Guayaquil.

### **2.2. ALCANCE**

El alcance de la Consultoría a cargo de INGECONSULT se orienta a ejecutar las actividades y los estudios a nivel de diseño definitivo, a preparar las especificaciones técnicas y todos los documentos y planos constructivos para alcanzar en forma eficiente la Repotenciación Integral de la Estación de Bombeo para AASS de Mucho Lote 2 -Cerro Colorado.

En base a los resultados del diagnóstico y de la evaluación del sistema existente, que está en operación, se plantearon alternativas para la estación de bombeo y de la línea de impulsión, y luego del análisis respectivo, en coordinación con la Supervisión y/o Fiscalización de los estudios, se definió la mejor alternativa desde los puntos de vista técnico, ambiental, socio económico, financiero y de gestión de servicios. Las alternativas

fueron presentadas a la EMAPAG EP, en el proceso de definición de la alternativa óptima en el desarrollo de la Fase 1: Estudio de Factibilidad.

La selección hecha en la fase de factibilidad condujo a la Alternativa de Obras, Equipamiento e Instrumentación, que en la Fase 2 ha de ser desarrollada a nivel de diseño definitivo. El presente informe resume los resultados de esta Fase 2.

El alcance de las actividades y de los trabajos en la fase de diseño definitivo comprende todas las actividades, pruebas, ensayos, cálculos y demás estudios que permiten contar con los diseños de las obras y del equipamiento, a nivel de detalle, de la repotenciación de la estación de bombeo.

Se entiende que, como mínimo, las actividades que son motivo de la consultoría comprenden lo siguiente:

- ❖ Levantamientos topográficos de precisión.
- ❖ Estudios de suelo y geotecnia.
- ❖ Estudios y diseños hidráulicos, mecánicos, eléctricos, de la obra civil, estructurales, arquitectónicos, de instrumentación, control, telecomunicaciones, seguridad física y electrónica y señalización.
- ❖ De ser necesario, rediseño del pozo húmedo y del canal de aproximación
- ❖ Definición del número de equipos de bombeo
- ❖ Diseño del diámetro económico de la nueva tubería de impulsión por análisis de costo mínimo de largo plazo o metodología similar, que permita contar con la configuración óptima de equipos de bombeo – línea de impulsión.
- ❖ Selección de equipos de bombeo considerando la eficiencia energética, la variación de caudales a lo largo del día y la evolución a través del periodo de diseño (caudales mínimos y máximos), curvas del sistema en mejor y peor escenario, sumergencia, cabeza de succión disponible (NPSHA) y cabeza de succión requerida por los equipos (NPSHR), entre otros.
- ❖ Incorporación del sistema de control de olores con capacidad de tratamiento mínimo de 1,5 veces los volúmenes de recambio que resulten del análisis de la configuración del sistema existente.
- ❖ Intervención arquitectónica de la sede en la cual se encuentra la estación de bombeo, incluye las áreas comunes, cerramiento perimetral de los predios, iluminación, parques, CCTV, etc.,
- ❖ Especificaciones técnicas particulares para la contratación de la obra,
- ❖ Presupuesto y programa de ejecución de obra, preparado en programa MS Project. Cálculo de fórmula de reajuste de precios y análisis de componente nacional del proyecto.
- ❖ Ajuste del plan de manejo ambiental (PMA) existente para el proyecto; señalando los cambios que lo demanden.

Como se mencionó anteriormente, la consultoría ha sido desarrollada en dos fases:

- Fase No.1. Estudio de Factibilidad;
- Fase No.2. Diseño Definitivo;

La Fase No. 1 ha permitido seleccionar la alternativa óptima. La Fase No. 2, objeto del presente informe, permite obtener los diseños definitivos o finales y las especificaciones

técnicas, incluyendo los planos y los documentos necesarios para la contratación y ejecución de las obras.

La Fase No. 2 debe entregar los siguientes productos:

- Memoria Técnica Final que incluya los Diseños Definitivos.
- Memoria de Especificaciones Técnicas.
- Planos.
- Resumen Ejecutivo y su presentación en formato Microsoft Office PowerPoint.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO**

#### **3.1. UBICACIÓN**

La infraestructura existente de la estación de bombeo EB Cerro Colorado se ubica sobre el costado nor-este de la intersección de la Av. Narcisa de Jesús y la calle 24A-NE. Es en este sitio donde se realizarán los trabajos de ampliación y de repotenciación de la EB Cerro Colorado y de la línea de impulsión (LI) entre la EB y la PTAR Los Merinos. En las Ilustraciones Nos. 1 y 2 se indican las implantaciones respectivas.

Inspecciones efectuadas en sitio, permitieron verificar que las obras civiles existentes, se ajustan en implantación, dimensiones, materiales y acabados a lo contemplado en los planos y especificaciones de los estudios de diseño definitivo realizados por la firma consultora CONSULTPIEDRA Cía. Ltda. Estas obras civiles, en su mayoría, serán utilizadas para la repotenciación de la EB, en base a los resultados del presente estudio de diseño definitivo.

Dicha infraestructura principal, a nivel de obras civiles, incluye:

- Cámara húmeda receptora del agua residual transportada por el colector afluente.
- Cámara seca de instalación de bombas, válvulas y accesorios hidromecánicos complementarios
- Edificación sobre la losa de cubierta de la cámara húmeda prevista para alojar los equipos de cribado y control de olores.
- Estructura de cubierta de la cámara de bombas y válvulas que soporta el puente grúa para desplazamiento lateral, izaje y descenso de los equipos y accesorios durante tareas de mantenimiento.
- Edificación de instalaciones y servicios logísticos complementarios que incluye las siguientes salas y ambientes:
  - Sala de montaje del transformador y tableros de distribución
  - Sala de tableros de comando y control
  - Bodega de herramientas y suministros básicos.
  - Baño para el personal
- Infraestructura complementaria (cámaras, ductos y similares) para las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas internas.
- Circulación vial interna, áreas de parqueo, cerramiento y obras menores complementarias.

La implantación de estas obras se indica en la Ilustración No 3.



**Figura 1: Ubicación de la estación existente de bombeo EB Cerro Colorado**



**Figura 2: Implantación de la Línea existente de Impulsión desde la EB Cerro Colorado hasta el sitio de la PTAR Los Merinos**



**Figura 3: Implantación de las obras civiles en la EB Cerro Colorado**

### 3.2. CONFIGURACIÓN GENERAL: ESTACIÓN DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN

En la siguiente Tabla No. 3.2.1 se resume la Ficha Técnica de la EB Cerro Colorado y de la Línea de Impulsión (LI) que conducirá las aguas servidas desde la EB Cerro Colorado hasta la PTAR Los Merinos.

<b>FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO</b>	
<b>A. IDENTIFICACIÓN</b>	
A.1	<b>PROYECTO:</b> <b>AMPLIACIÓN Y REPOTENCIACIÓN INTEGRAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS SERVIDAS CERRO COLORADO Y DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN HASTA LA PTAR LOS MERINOS</b>
A.2	<b>UBICACIÓN:</b> Se localiza en el nor-orient de la ciudad de Guayaquil, y se extiende entre el sector de la EB “Mucho Lote II” hasta la PTAR “los Merinos”, entre las coordenadas geográficas 622760.00 m E, 9769810.00 m S' y 624265.00 m E y 9765794.00 m S. Jurisdiccionalmente, el proyecto se ubica en la ciudad de Guayaquil.
<b>B. DESCRIPCIÓN</b>	
B.1	<b>OBJETO DEL PROYECTO:</b> La repotenciación de la Estación de Bombeo (EB) de Mucho Lote – Cerro Colorado, permitirá conducir el caudal actual y futuro que se prevé debido al incremento en el área a servir con alcantarillado sanitario, conforme a la planificación de Interagua, hacia la PTAR los Merinos para su correcto tratamiento y posterior disposición.

B.2	<b>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:</b>		
	Dentro de su Plan de Inversiones, en los años 2016 - 2017, INTERAGUA llevó a cabo la Consultoría “Estudio de Factibilidad para la Definición del Esquema de Integración de las Cuencas Norte, Orquídeas y Mucho Lote al Área de Servicio de la PTAR Merinos”. Este estudio define un esquema de planificación de lo que se denominó la Cuenca Norte de alcantarillado, el mismo que considera la implementación de estaciones de bombeo y líneas de impulsión que conectan las áreas sin servicio de alcantarillado sanitario a la Estación de Bombeo (EB) de Mucho Lote – Cerro Colorado. Esta EB requiere una repotenciación integral, para que a su vez pueda ser conectada con la PTAR Merinos.		
B.3	<b>ALCANCE DEL PROYECTO:</b>		
	El proyecto abarca el diseño de repotenciación de la actual Estación de Bombeo, con todos sus componentes, equipos de bombeo, sistema de control de olores, cámara húmeda, cámara seca, válvulas y demás dispositivos necesarios para su correcto funcionamiento; y el diseño de la línea de impulsión, con todos sus componentes, que conduce las aguas servidas hasta la PTAR "Los Merinos". La línea de impulsión tiene una longitud de 5,3 km, de los cuales 4,2 km (79%) se emplazan en la inmediaciones del parque “Samanes”, y el resto 1.1 km (21%) atraviesa zona urbana consolidada.		
B.4	<b>OBRAS ESPECIALES:</b>		
	· Cruce aéreo ducto cajón Vergeles (L=35.37 m)		
	· Cruce aéreo ducto cajón Vergeles Chico (L=5.85 m)		
	· Cruce aéreo ducto cajón Carolina (L=26.94 m)		
	· Cruce aéreo ducto cajón Guayacanes (L=32.39 m)		
B.5	<b>PARÁMETROS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Tipo de estación	Aguas servidas	-
	Cota del eje de las bombas	0.00	m.s.n.m.
	Número de bombas en operación paralela	2	-
	Número de bombas en stand by	1	-
	Altura de succión	0	m.s.n.m.
	Altura de impulsión	12,7	m.s.n.m.
	Caudal colector Av. Narcisca de Jesús	400	l/s
	Caudal estación de bombeo EB2	1.170	l/s
	Caudal de diseño de la EB Cerro Colorado	1.570	l/s
	Caudal por bomba	785	l/s
B.6	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE CADA BOMBA CENTRIFUGA</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Tipo de bomba	Sumergible centrífuga eje vertical	-
	Tipo de fluido	Aguas residuales	-
	Tipo de instalación	Pozo seco	-
	Altura neta	25,80	m
	Caudal de diseño	785,00	l/s
	Velocidad de rotación	890,00	rpm
	Potencia mecánica nominal (rated)	300,00	kW
	NPSHa disponible nominal	8,15	m
	NPSHr requerido nominal	7,00	m
	Caudal máximo	800,00	l/s
	Caudal mínimo	400,00	l/s
B.7	<b>CARACTERÍSTICAS MOTOR ELÉCTRICO DE LAS BOMBAS</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Potencia nominal	184	kW

	Velocidad nominal	890	RPM
	Número de polos	10	-
	Número de fases	Trifásico	-
	Voltaje nominal	460	V
	Corriente nominal	460	A
	Arranques por hora máximo	8	-
B.8	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Material	PE 100 RC (Polietileno con Alta Resistencia a las Fisuras Monocapa)	
	Longitud	5.352	m
	Diámetro exterior (diámetro interior)	1.200 (1.108)	mm
	Clase Tubería	6.3	PN
	Tipo de unión	Fusión a tope o electrofusión	-
	Cruces Aéreos	4	-
	Caudal de diseño de la tubería	1.570	l/s
	Pérdidas por fricción	10.1	m
	Pérdidas Totales	15.8	m
B.9	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES SISTEMA ELECTRICO</b>		
	Carga instalada (kW)	715,21	kW
	Factor de demanda	0,75	-
	Demanda máxima (kW)	536,41	kW
	Factor de potencia	0,94	-
	Demanda máxima (kVA)	900	kVA
	Corriente máxima	954,94	Amp
	Disyuntor	800 /1000-3P	-
B.10	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL TRANSFORMADOR</b>		
	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Tipo	Pad Mounted radial	-
	Potencia	900	KVA
	Tipo de enfriamiento	Natural	-
	Numero de fases	3	-
	Frecuencia	60	Hz
	Voltaje primario	13,2-13,8KV	kV
	Voltaje secundario	460V	V
	Conexión primaria	Delta	-
	Conexión secundaria	Estrella con bushing de neutro	-
	Cambiador de derivación	Manual	-
	Zona de regulación	+/- 2x2,5%	-
	Bobinas	Cobre	-
	Tipo de aceite dieléctrico	Vegetal tipo FR3	-
	Relación Beneficio / Costo (económico)	(-)	4.13
	Período de recuperación de capital	años	2
	Viabilidad económica	(-)	Es rentable

#### 4. DISEÑO HIDRÁULICO

Al disponerse de una normativa técnica particular expedida por las entidades locales a cargo de la regulación y prestación de los servicios sanitarios (EMAPAG-EP e INTERAGUA), el proyecto para su desarrollo a nivel de diseño definitivo, adopta las directrices aplicables constante en la Norma Técnica NTD-IA-001, Revisión 004 de fecha 12 de marzo del 2015.

Aspectos técnicos complementarios se adoptan de la normativa nacional (Norma CO 10.07-601: Código Ecuatoriano para el Diseño y Construcción de Obras Sanitarias), normativa internacional (ISO, AWWA y similares), así como de la bibliografía técnica y catálogos de fabricantes.

Adicionalmente, para asegurar la compatibilidad del presente diseño con la planificación integral contemplada en los Estudios de Factibilidad, se adoptan los criterios y parámetros definidos en el mismo respecto de los siguientes aspectos fundamentales:

- Caudales de diseño; y,
- la repotenciación del sistema Cerro Colorado debe mantener una sola línea de impulsión.

##### 4.1. CRITERIOS Y BASES DE DISEÑO

###### **Caudal de bombeo ( $Q_D$ )**

En base a la información entregada por el cliente , el valor es igual a:  $Q_D = 1,57 \text{ m}^3/\text{s}$ .

###### **Altura dinámica total (TDH)**

Representada por la diferencia del nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga al reservorio) y el nivel dinámico del pozo, incluido las pérdidas de carga totales (de fricción y locales) desarrolladas durante la succión y la descarga. También se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más altura de succión.

Según los planos entregados de la PTAR “Los Merinos”, se tienen los datos siguientes indicados en la Tabla No.1.

**Tabla 1: Altura estática de bombeo**

Cota Mínima de Succión	0	Cota (msnm)
Cota Entrega Tanque PTAR	12,25	Cota (msnm)
DH (estática)	12,25	Altura m

###### **Pérdidas de Carga**

Para la evaluación de las pérdidas principales o de fricción se aplicará la ecuación de Darcy – Weisbach. Las pérdidas locales son determinadas como una fracción de la carga de velocidad, medida en el tramo inmediatamente aguas abajo del accesorio.

### Diámetro Óptimo

En conducciones por bombeo, la selección del diámetro y material de la tubería considera, además de los aspectos técnicos, el costo de instalación y el costo de la energía que implica su funcionamiento durante la vida útil del proyecto. El análisis considera que, si el diámetro adoptado es grande, la pérdida de carga en la tubería será pequeña y por tanto, la potencia y costo de la impulsión (sistema de bombeo y consumo energético) disminuye; pero el costo de la tubería de impulsión será relativamente elevado. Por otro lado, si se adopta un diámetro pequeño, el costo de la tubería de impulsión se reduce; pero el costo total de la potencia y de la energía requerida en la impulsión será elevado. El diámetro económicamente óptimo es aquel que minimiza la suma de los dos costos.

### Diámetro máximo y diámetro mínimo

Los límites, máximo y mínimo, para la selección del diámetro se determinan a partir de las recomendaciones de velocidades máximas y mínimas en la línea de impulsión. La velocidad debe ser de, al menos, 0.76 m/s para mantener los sólidos en movimiento. La velocidad máxima no debe superar los 2.4 m/s debido a las altas pérdidas de carga y la posibilidad de golpe de ariete<sup>1</sup>.

Por otra parte, la Norma: “NTD-IA-001\_Estaciones de bombeo alcantarillado Sanitario y Pluvial\_V-004 –CNC”, recomienda una velocidad, en la tubería de impulsión, de 1,5 m/s.

Siguiendo las recomendaciones anteriores, se tiene para el caso de la línea de impulsión EB Mucho Lote – PTAR Los Merinos los siguientes resultados:

**Tabla 2: Velocidades y Diámetros máximos, mínimos y recomendados, para la tubería de impulsión**

Qd	1,57	m <sup>3</sup> /s
Velocidad	m/s	D <sub>interno</sub> (m)
Max	2,4	0,91
Min	0,76	1,64
Recomendada	1,5	1,15

Se observa que el diámetro de diseño para la tubería de impulsión está limitado en el rango de los valores:  $0.91 \text{ m} < D_n < 1.64 \text{ m}$ .

### Pérdidas totales de carga o energía

Para el caudal de diseño se obtiene:

**Tabla 3: Pérdidas Totales en la Línea de Impulsión para el caudal de diseño**

Pérdidas de Carga	Inicio del periodo de vida útil	Fin del periodo de vida útil	Unidades
Pérdidas en la succión	1,87	1,87	mca
Pérdidas localizadas	2,10	2,91	mca

<sup>1</sup> *Pumping Station Design*, Second Edition, Butterworth-Heinemann; 2 edition (July 1, 1998)

Pérdidas por fricción	8,65	8,78	mca
Pérdidas totales en la conducción ht (m)	12,62	13,56	mca
Altura de Impulsión	12,25	12,25	mca
<b>TDH</b>	<b>24,87</b>	<b>25,81</b>	mca

En resumen, los datos de las cotas relevantes se muestran en la Tabla No.4

**Tabla 4: Cotas del Sistema de Bombeo**

Cota Fondo Pozo Húmedo	-1.85	(m.s.n.m)
Cota Mínima de Succión	+0.00	(m.s.n.m)
Cota Eje Bomba	-0.35	(m.s.n.m)
Cota Entrega Tanque PTAR	12.25	(m.s.n.m)
DH (estática)	12.25	m

## **4.2. Dimensionamiento de la línea de impulsión**

### **4.2.1. DISEÑO TUBERÍA**

El material seleccionado para la tubería es POLIETILENO PE-100 RC monocapa con certificación PAS1075 – SDR 26 – PN 6.3, con garantía de longevidad de 100 años de vida del material, con protector UV en su fabricación. Esta selección es el resultado del estudio técnico – económico desarrollado en la Fase 1: Factibilidad.

Las ecuaciones, coeficientes y recomendaciones utilizadas en el dimensionamiento hidráulico se obtienen del Manual AWWA M55, 2006 “PE Pipe Design and Install”. Con los datos de los fabricantes de tubería de Polietileno PE-100-RC monocapa, se define la clase de la tubería y su resistencia.

Los resultados del diseño se detallan en la Tabla No.5 siguiente:

**Tabla 5: Datos del diseño de la tubería PE 100 RC monocapa**

<b>DATOS</b>			
<b>Símbolo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observaciones</b>
Q	1,57	m <sup>3</sup> /s	Caudal de diseño
Di	1108,2	mm	Diámetro Interno
Do	1200	mm	Diámetro Externo
V	1,628	m/s	Velocidad en tubería
t	45,9	mm	Espesor tubería
Ft	0,9	-	Factor Temperatura
HDB	2400	psi	Carga hidrostático de diseño
K_BULK	300000	psi	Módulo de compresibilidad para el agua igual a 2.07 GPa.
Ed	150000	psi	Módulo dinámico instantáneo efectivo de material de tubería
DF	0,5	-	factor de diseño
DR	26,14	-	Dimension ratio
IDR	24,14	-	Internal Dimension ratio
<b>Cálculos</b>			
a	202,4	m/s	Celeridad de propagación de onda en el material en m/s.
PC	85,9	psi	Presión Clase (PN 6 Bar)
Ps	47,6	psi	Sobrepresión máxima (golpe de ariete)
P_RS	43,0	psi	Tolerancia para sobrepresiones recurrentes
P_OS	85,9	psi	Tolerancia para sobrepresiones emergentes
$P_{(MAX)(OS)}$	171,8	psi	Presión máxima que resiste la tubería para el caso de sobrepresiones emergentes
$P_{(MAX)(RS)}$	128,9	psi	Presión máxima que resiste la tubería para el caso de sobrepresiones recurrentes
W_rp	68,7	psi	Work Pressure rating
<b>Solicitaciones de carga</b>			
PE	60,2	psi	Presión Estática Máxima
PT	107,9	psi	Presión transitoria Máxima
FSE	1,1	-	Factor de seguridad Presión Estática Máxima $FSE = W_{rp}/PE$
FST	1,6	-	Factor de seguridad presión transitoria Máxima $FST = P_{((MAX)(OS))}/PT$

De los cálculos se concluye que se requerirá una tubería PE-100 RC monocapa de PN 6 bares (85 psi), que cumpla con las condiciones mencionadas en la anterior Tabla No 5.

#### 4.2.2 TRAZADO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

Para el trazado de la línea de impulsión se considera:

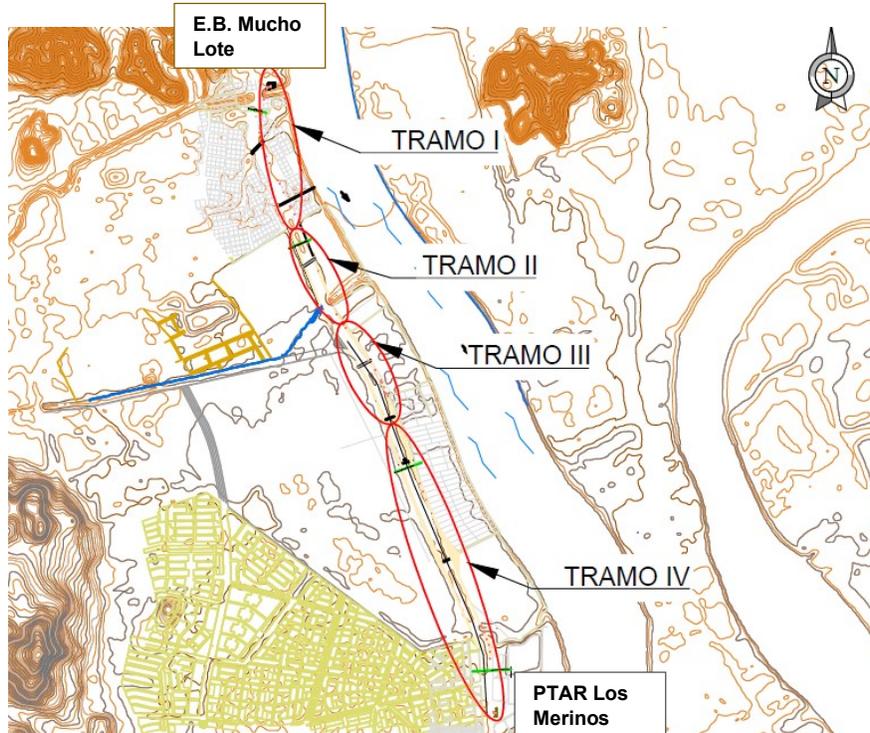
- Limitar al mínimo el número de inflexiones del alineamiento de la tubería, tanto en vertical como en planta.
- Limitar las inflexiones a ángulos, de preferencia, menores a 45 grados
- Evitar interferencias, como instalaciones sanitarias existentes, postes. Se plantea el trazado de la línea por el tercio interno de la vereda a lo largo de la Av. Narcisca de Jesús.
- Aprovechar los cruces de los conductos (cajones) hidráulicos existentes.
- Evitar afectación a vías existentes, interrupción de tráfico, reposición de pavimento etc.
- Limitar la profundidad de excavación de zanja.

El trazado definitivo de la línea de impulsión se presenta en los planos del Volumen 11, anexo al Informe Principal. En forma resumida se describe en los párrafos siguientes, según se muestra en la siguiente Figura No.4



**Figura 4: Implantación de la Línea de Impulsión. Foto Google Earth**

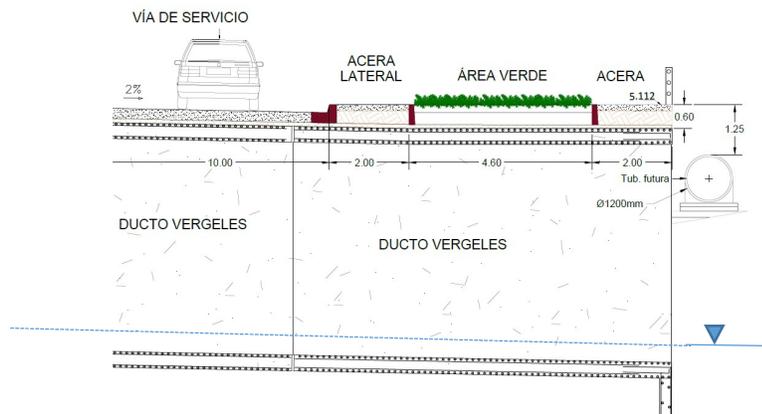
El trazado se divide en cuatro tramos, como se indican en la figura No. 5; y que son descritos a continuación.



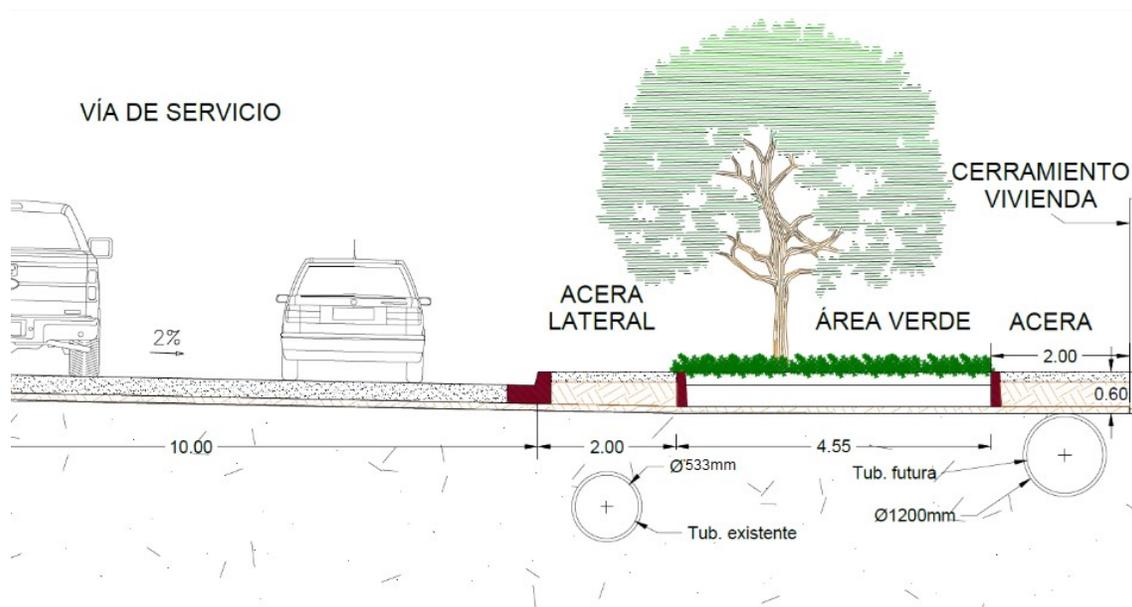
**Figura 5: Implantación de la Línea de Impulsión**

**Primer tramo:** Se refiere al inicio de la línea. Este tramo cruza una zona urbana consolidada, desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 1+036, y tiene una longitud de 1036 m. En este trayecto la vereda consta de tres partes (ver Figura 5). El primer tercio, que se encuentra junto a la vía, es la vereda que alberga las instalaciones hidro sanitarias de la vía. En el tercio central, se encuentra un cerco vivo de árboles. Finalmente, en el último tercio se encuentra una vereda proyectada para servir como caminería; es en este tercio donde se proyecta instalar la tubería de la nueva línea de impulsión.

Este tramo urbano consolidado, inicia en la estación de bombeo, donde la tubería es de acero hasta el caudalímetros que se implanta en la línea en la abs 0+030, luego de lo cual la tubería cambia de material a PE. Una vez que sale de las instalaciones de la EB la tubería se implanta sobre el tercio interno de la vereda (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ). En este primer tramo la tubería se encuentra enterrada a una profundidad de 0.80 m, medidos desde la cota del suelo natural hasta la clave del tubo. En este recorrido, la tubería, atraviesa algunas calles secundarias que se conectan a la avenida Narcisca de Jesús, en estos cruces la tubería se profundiza hasta 1.20 m. Adicionalmente se hallan, en este tramo, dos ductos cajón, donde la tubería se emplaza junto a los cruces viales (ver figura 7). Finalmente, el tramo finaliza cuando ingresa a las inmediaciones del parque Samanes.



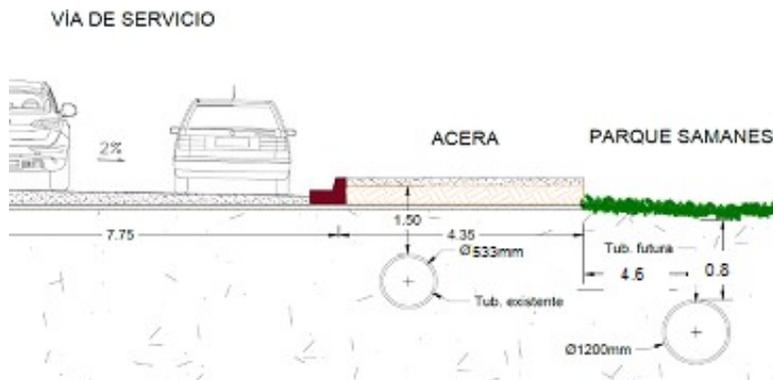
**Figura 6: Corte transversal Tramo I, cruce del Ducto Los Vergeles**



**Figura 7: Corte típico Tramo I (zona urbana consolidada)**

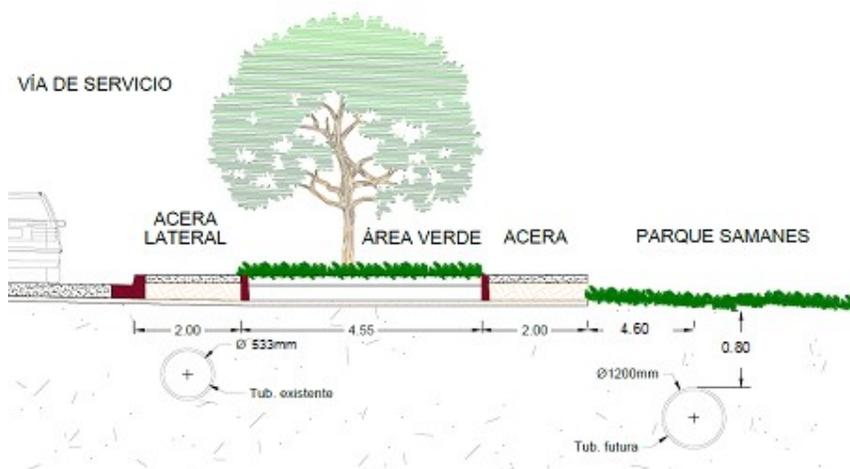
**Segundo Tramo.** Desde la absc 1+036 hasta la absc 1+260, tiene una longitud de 224 m. Este tramo se desarrolla dentro de las inmediaciones del parque Samanes, y no existen interferencias importantes (ver Figura No. ...). Al inicio de este tramo desaparece el cerco vivo de árboles el cual se va incorporando hasta el final del tramo. La tubería se implanta 4 metros desde el filo de la vereda hacia el parque. En este tramo no se encuentran mayores obstáculos, más que dos cruces de ductos tipo cajón. La tubería se la propone con una profundidad de enterramiento de 0.80 m, menos en los lugares donde se han identificado interferencias con colectores existentes, en estos casos la tubería se la implanta con a menor profundidad de 0.4 m (profundidad mínima recomendada por la AWWA M55).

Este tramo finaliza cuando la tubería ingresa a las inmediaciones de la PTAR Los Merinos.



**Figura 8: Corte transversal Tramo II (inicio parque Samanes)**

**Tercer Tramo.** Desde la absc 1+260 hasta la absc 2+440, tiene una longitud de 1180 m. En este tramo se continúa por el parque Samanes y vuelve a aparecer el cerco vivo de árboles.



**Figura 9: Corte transversal Tramo III**

**Cuarto Tramo.** Desde la absc 2+440 hasta la absc 5+352, tiene una longitud de 4092 m. Este tramo se encuentra también en el parque Samanes. En dicho tramo se inicia un alineamiento de postes que se extiende hasta la PTAR Merinos, esta línea de conducción eléctrica no se ve influenciada por la presencia de la tubería de impulsión, ya que debido a la naturaleza del material no es necesario colocar ningún tipo de corriente como medida para protección contra la corrosión. En las inmediaciones de la PTAR Merinos, la línea se dispone en un corredor de tuberías hasta su ingreso en la cámara de mezcla (diseños de la PTAR Merinos)

En conclusión se puede mencionar los siguientes resultados importantes:

- ❖ El material seleccionado para la tubería es POLIETILENO PE100 RC monocapa con certificación PAS 1075 – SDR 26 – PN 6.3, con garantía de longevidad de 100 años de vida del material, con protector UV en su fabricación.

- ❖ El DN seleccionado como diámetro técnica y económicamente óptimo es igual a 1200 mm, cuyo diámetro interior es igual a 1108,2 mm.
- ❖ Las pérdidas totales de energía (fricción y locales) suman el valor de 11,69 mca y un total de 13,56 mca. incluidas las pérdidas en la succión, calculadas para el caudal de diseño igual a  $Q_d = 1570$  l/s.
- ❖ El trazado de la línea de impulsión es paralelo a la Avda. Narcisca de Jesús, en su parte inicial sobre la vereda peatonal en el sector urbanizado y, posteriormente, en el campo todavía libre del parque Los Samanes. Se han generado los planos de implantación, perfil y cortes transversales, a nivel de factibilidad, donde se resaltan las posibles interferencias conforme a los planos disponibles “as built” de la línea de impulsión existente y de la vía.

## 5. DISEÑO MECÁNICO

### 5.1. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

De conformidad a la alternativa seleccionada en el estudio de factibilidad, el tipo de bomba recomendada es una bomba sumergible centrífuga, de eje vertical y la instalación de las bombas es en pozo seco.

Para esta tipología de bomba, se han realizado cálculos utilizando las ecuaciones pertinentes de turbomaquinaria; se han consultado varios manuales de fabricantes de bombas y también se ha utilizado software de selección de los fabricantes de bombas.

Se ha podido, entonces, calcular y seleccionar para la EBAR Cerro Colorado repotenciada, las características óptimas de la estación de bombeo, de las bombas centrífugas y los motores eléctricos correspondientes, como se presenta en los siguientes cuadros:

**Tabla 6: Características técnicas de la estación de bombeo**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Tipo de estación	Estación bombeo aguas servidas	
Cota del eje de las bombas	0	m.s.n.m.
Número de bombas en operación paralela	2	
Número de bombas en stand by	1	
Altura de succión	0	m
Altura de impulsión	12,7	m
Caudal colector Av. Narcisca de Jesus	400	l/s
Caudal estación de bombeo EB2	1170	l/s
Caudal de diseño de la estación de bombeo	1570	l/s
Caudal por bomba	785	l/s
Pérdidas en impulsión	11,23	m
Pérdidas en succión	1,87	m
Pérdidas totales	13,10	m
Altura neta	25,80	m
Potencia por motobomba instalada	275	kW
Potencia de bombeo de la EBAR	550	kW
Peso del motor - bomba	6040	kg
Altura de arranque de las 2 bombas en paralelo	N+0.40	m.s.n.m.
Altura de apagado de las bombas	N+0.00	m.s.n.m.
Presión atmosférica	10,33	m
Densidad	997,1	kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática	0,886	mm <sup>2</sup> /s
Temperatura de operación	25	oC
Altura de vaporización	0,314	m

**Tabla 7: Características técnicas de las bombas centrífugas**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Tipo de bomba	Sumergible centrífuga eje vertical	
Tipo de fluido	Aguas residuales	
Tipo de instalación	Pozo seco	
Altura neta	25,80	m
Caudal de diseño	785,00	l/s
Velocidad de rotación	890,00	RPM
Eficiencia mecánica de la bomba	76,0	%
Eficiencia nominal del motor eléctrico	98,0	%
Eficiencia nominal de la motobomba	74,5	%
Velocidad específica Ns	3770,00	
Potencia mecánica al eje	265,71	kW
Potencia en bornes de motor eléctrico	271,14	kW
NPSHa disponible nominal	8,15	m
NPSHr requerido nominal	7,00	m
Factor de seguridad cavitación (min. 1 m)	1,15	m
Caudal máximo en m3/s	800,00	l/s
Caudal mínimo en m3/s	400,00	l/s
Tamaño máximo de esfera en mm	100,00	mm
Diámetro nominal de brida de succión	600,00	mm
Diámetro nominal de brida de descarga	500,00	mm
Diámetro aproximado del impulsor	607,00	mm
Peso de bomba centrífuga	2350	kg

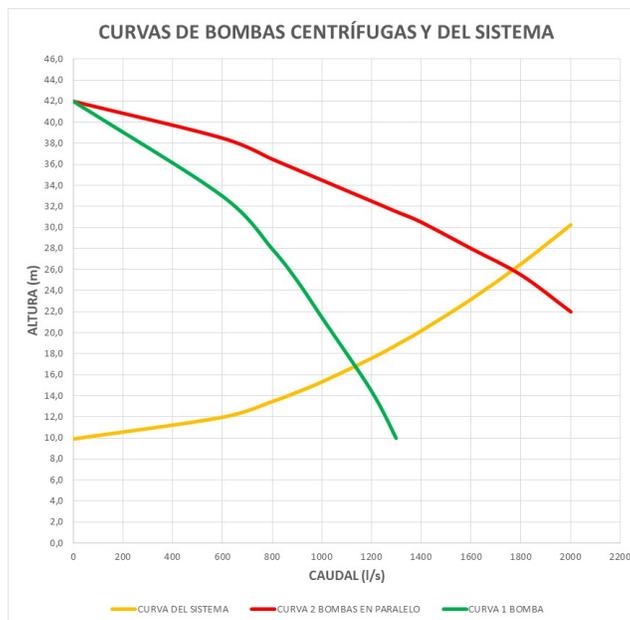
**Tabla 8: Características técnicas de los motores eléctricos**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Potencia nominal	184	kW
Velocidad nominal	890	RPM
Número de polos	10	
Número de fases	Trifásico	
Frecuencia	60,0	Hz
Voltaje nominal	460	V
Eficiencia nominal	95,20	%
Cos(φ) nominal	0,79	
Cos(φ) arranque	0,23	
Corriente nominal	460	A
Arranques por hora máximo	8	
Grado de protección	IP 68	
Peso del motor eléctrico	3120	kg

### 5.1.1. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

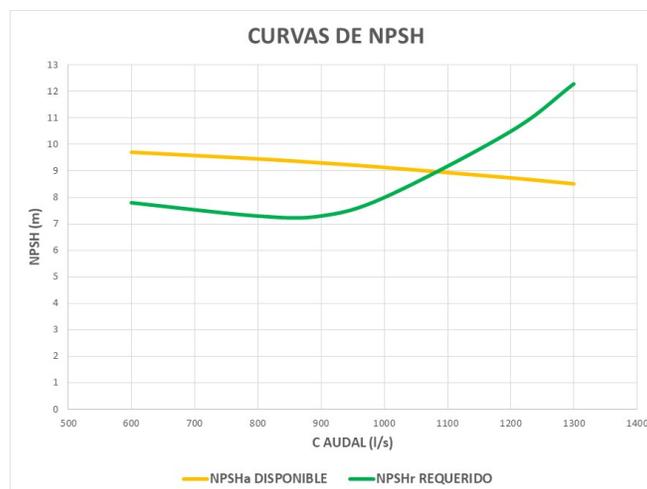
Las curvas características de las bombas diseñadas se presentan en la siguiente figura:

**Figura 10: Curvas características de las bombas diseñadas**



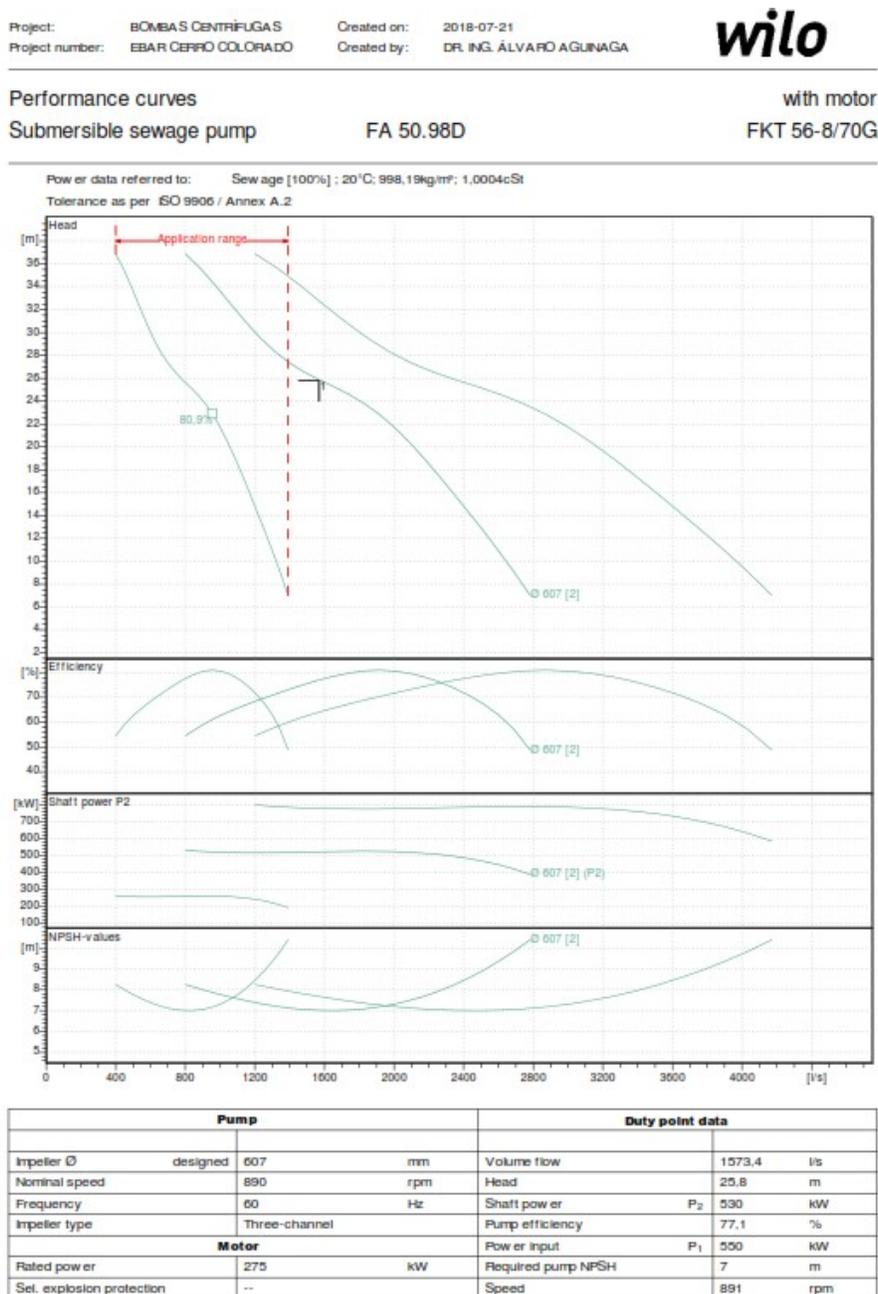
También en la figura siguiente se presentan las curvas de NPSH disponible y NPSH requerido, comprobando que, para el rango de caudal de operación de las bombas centrífugas, el  $NPSH_A$  disponible es mayor que el  $NPSH_R$  requerido en más de 1 metro, lo que está dentro de la normativa para la operación de la bomba en condiciones de cavitación controlada.

**Figura 11: Curvas características de NPSH para la Alternativa 1**



En la Memoria de Cálculo de Diseño Mecánico de Bombas y Línea de Impulsión, se presentan varias alternativas de bombas de diferente marca de fabricante existentes en el mercado. En la sección correspondiente del Informe Principal, como parte del Anexo No. 04, se presentan las Especificaciones Técnicas de las bombas recomendadas.

**Figura 12: Curvas características de las bombas centrífugas WILO (referencia)**



### 5.1.2. OPERACIÓN DE LAS BOMBAS DE LA EBAR CERRO COLORADO

El pozo húmedo actualmente existente en la EBAR Cerro Colorado, tiene las dimensiones que se presentan en el siguiente cuadro:

**Dimensiones del pozo húmedo EBAR Cerro Colorado**

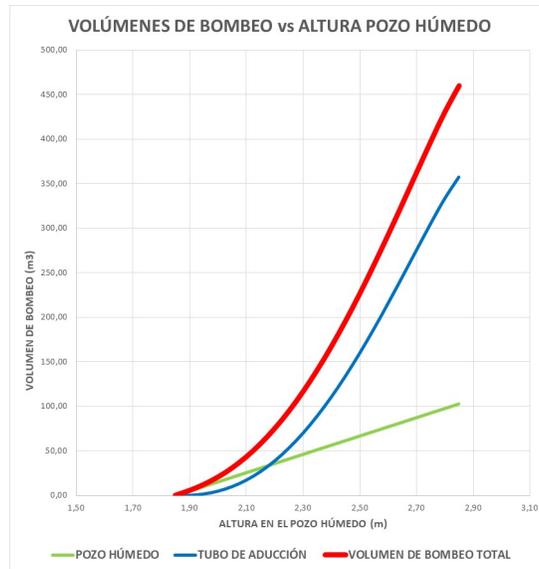
	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD	AREA	VOLUMEN
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
<b>POZO LIBRE</b>	18	7,05	6,3	126,9	799,47
<b>MESA</b>	18	1,9	1,85	34,2	63,27
<b>RAMPA</b>	18	3,2	1,85	57,6	53,28
<b>COMPUERTAS/REJA</b>	13	1	4,4	13	28,6
<b>VERTEDERO</b>	5,5	2	4,4	11	24,2
<b>POZO ÚTIL</b>					<b>630,12</b>

En la Ilustración siguiente se presentan los volúmenes de bombeo para diferentes alturas en el pozo húmedo, así como, los niveles de apagado y arranque de las bombas.

**Tabla 9: Volumen de Bombeo para diferentes alturas del pozo húmedo**

NIVEL	ALTURA DESDE EL FONDO	VOLUMEN DE BOMBEO POZO HÚMEDO	VOLUMEN BOMBEO EN TUBO DE ADUCCIÓN	VOLUMEN TOTAL DE BOMBEO	ALTURA DESDE EL FONDO	
	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	
N- 1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
N- 1,80	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	
N- 1,75	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	
N+ 0,00	1,85	0,00	0,00	0,00	1,85	<b>APAGADO BOMBAS</b>
N+ 0,05	1,90	5,15	0,33	5,48	1,90	
N+ 0,10	1,95	10,29	1,86	12,15	1,95	
N+ 0,15	2,00	15,44	5,04	20,47	2,00	
N+ 0,20	2,05	20,58	10,17	30,75	2,05	
N+ 0,25	2,10	25,73	17,45	43,17	2,10	
N+ 0,30	2,15	30,87	27,02	57,89	2,15	
N+ 0,35	2,20	36,02	38,97	74,99	2,20	
N+ 0,40	2,25	41,16	53,34	94,50	2,25	<b>PRENDEN 2 BOMBAS</b>
N+ 0,45	2,30	46,31	70,11	116,42	2,30	
N+ 0,50	2,35	51,45	89,25	140,70	2,35	
N+ 0,55	2,40	56,60	110,65	167,25	2,40	
N+ 0,60	2,45	61,74	134,19	195,93	2,45	
N+ 0,65	2,50	66,89	159,67	226,55	2,50	
N+ 0,70	2,55	72,03	186,85	258,88	2,55	
N+ 0,75	2,60	77,18	215,40	292,58	2,60	
N+ 0,80	2,65	82,32	244,94	327,26	2,65	
N+ 0,85	2,70	87,47	274,91	362,37	2,70	
N+ 0,90	2,75	92,61	304,58	397,19	2,75	
N+ 0,95	2,80	97,76	332,81	430,56	2,80	
N+ 1,00	2,85	102,90	357,00	459,90	2,85	

**Figura 13: Volúmenes en el pozo húmedo para diferentes alturas del pozo húmedo**



A continuación, se presentan dos escenarios con el objeto de presentar las variaciones temporales de nivel en el pozo húmedo y el número requerido de arranques de las bombas por hora, en cada escenario. Otros escenarios se presentan en el Anexo No. 4. Los escenarios difieren en los valores potenciales del caudal de ingreso desde el colector de la Av. Narcisca de Jesús y de la Estación de Bombeo EB2.

**ESCENARIO 1:**

En el cuadro y figura siguientes se presentan los datos de este escenario 1, la variación temporal del nivel y la operación de las bombas por cada hora de operación:

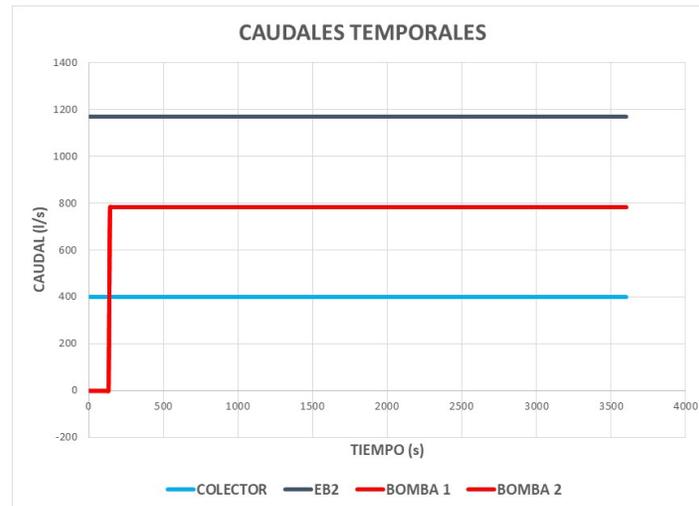
**Figura 14: Datos para el escenario 1**

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
CAUDAL COLECTOR	400	l/s
CAUDAL EB2	1170	l/s
NIVEL 0 (APAGADO)	1,85	m
NIVEL 1 (1 BOMBA)	2,25	m
NIVEL 2 (2 BOMBAS)	2,25	m
CAUDAL 1 BOMBA	785	l/s
CAUDAL 2 BOMBAS	785	l/s
TIEMPO DE MUESTREO	10	s

Figura 15: Variación de nivel en el pozo húmedo para el escenario 1



Figura 16: Variación temporal de caudales de aducciones y bombas escenario 1



### ESCENARIO 2:

En el cuadro y figura siguientes se presentan los datos de este escenario 2, la variación temporal del nivel y la operación de las bombas por cada hora de operación:

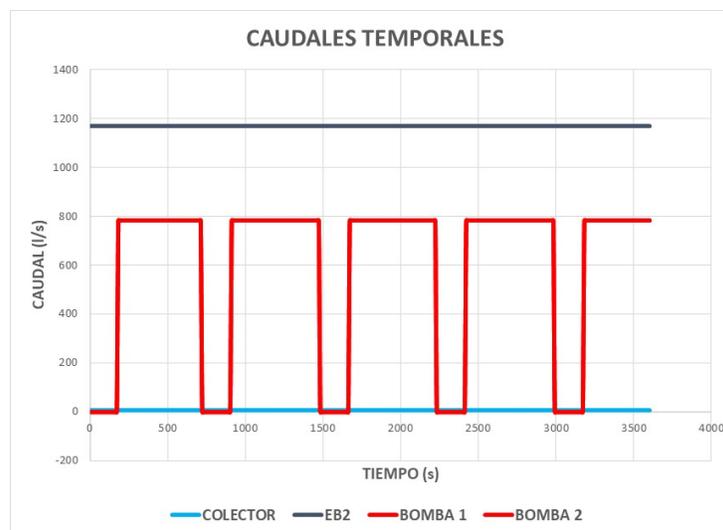
**Tabla 10: Datos para el escenario 2**

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
CAUDAL COLECTOR	5	l/s
CAUDAL EB2	1170	l/s
NIVEL 0 (APAGADO)	1,85	m
NIVEL 1 (1 BOMBA)	2,25	m
NIVEL 2 (2 BOMBAS)	2,25	m
CAUDAL 1 BOMBA	785	l/s
CAUDAL 2 BOMBAS	785	l/s
TIEMPO DE MUESTREO	10	s

**Figura 17: Variación de nivel en el pozo húmedo para el escenario 2**



**Figura 18: Variación temporal de caudales de aducciones y bombas escenario 2**



Para el diseño se adopta lo establecido en el numeral 4.5.4 de la norma NTD-IA-001, respecto del número máximo de arranques por hora según rangos de potencia nominal de los motores de las bombas, información que se resume en el siguiente cuadro:

**Tabla 11: Número máximo de arranques por hora de equipos de bombeo**

Potencia de los motores de las bombas (HP)	Número máximo de arranques por hora
< 10	15
10 a 40	12
> 40	10

Para las bombas diseñadas corresponde un número máximo de arranques por hora igual a 10. Como se puede apreciar en ninguno de los escenarios presentados se supera este valor.

## **5.2. EQUIPO DE CONTROL DE OLORES**

El objetivo del equipamiento para Control de Olores es el de extraer de manera continua los gases que presentan olores objetables y/o aquellos potencialmente explosivos (tales como el metano), generados por efecto de una descomposición anaerobia inicial de la materia orgánica contenida en el agua residual, los cuales, implican riesgos de impactos organolépticos a los operadores y/o población que habita en los alrededores, así como de afectaciones a la infraestructura en caso de una eventual combustión-exposición.

En el presente caso, es importante considerar que la nueva legislación vigente aplicable a nivel nacional respecto del control de incendios (Código NEC-HS-CI, publicada en Registro Oficial No. 630 del 18 de noviembre del 2015), establece en su Numeral 3, como referencia normativa, la legislación norteamericana expedida por la NFPA (National Fire Protection Association).

A su vez, la normativa NFPA, incluye la norma NFPA 820: “Standard for Fire Protection in Wastewater facilities and Collection Systems”, la cual, en su numeral 9, Tabla 9.1.1.4: “Minimum ventilation rates”, establece un número de recambios de aire en cárcamos de estaciones de bombeo de 12 cambios de aire por hora, lo cual supera con un importante margen de seguridad lo contemplado en el estudio previo (8 veces más) y las recomendaciones generales de ventilación (2.5 veces más el valor máximo recomendado), con lo que se cumple el requisito de diseño de los términos de referencia, previamente expuesto.

Por tanto, al ser la nueva normativa más exigente que el parámetro de diseño contemplado en el estudio previo, corresponde redimensionar el sistema de extracción de aire y control de olores. En este aspecto, personal técnico de EMAPAG e INTERAGUA, ha comunicado que se han tenido experiencias favorables en el control de olores, empleando equipamiento del tipo biofiltros percoladores.

En el sistema propuesto para la EBAR Cerro Colorado, el aire extraído de la cámara de bombeo, es alimentado en la base del biofiltro y fluye en sentido ascendente a través de un medio granular portador de bacterias adheridas a su superficie; a su vez, en la parte superior del filtro se aplica agua que percola a través del medio filtrante en sentido descendente. Los gases objetables contenidos en el flujo de aire ascendente, se disuelven en el flujo de agua descendente, quedando disponibles para su consumo (estabilización) por

parte de la biomasa adherida al medio granular, con lo que el aire que sale por la parte superior del equipo, está libre de los gases objetables y por tanto apto para ser descargado al ambiente.

Considerando el volumen de la cámara húmeda de 680 m<sup>3</sup> y el número de 12 cambios de aire por hora previstos en la normativa vigente, resulta que el biofiltro debe tener una capacidad nominal de procesamiento de aire 8.160 m<sup>3</sup>/hora.

En el caso de la EB Cerro Colorado se contempla por tanto un equipo de capacidad nominal comercial de 10.000 m<sup>3</sup>/hora.

El filtro biopercolador (BTF por sus siglas en inglés) está diseñado en una configuración de aire forzado de flujo ascendente. El aire contaminado entra por la base de la torre, después pasa a través del medio del filtro biopercolador. Este medio altamente poroso provee una matriz inmóvil, que soporta una gran población bacteriana, que forma a su vez una biopelícula. Mientras el aire entra en contacto con esta biopelícula, el Sulfuro de Hidrogeno es solubilizado y subsecuentemente bio-oxidado por las bacterias. El medio y la biopelícula se mantienen adecuadamente húmedas por medio de una recirculación continua de agua.

Los detalles del BTF asignado para el proyecto son:

<b>Parámetros de Proceso - Valor</b>	
Flujo de aire:	10.000 m <sup>3</sup> /hr
Temperatura de entrada de aire:	15 - 30 °C
Dureza del agua:	Máximo 50 ppm
Entrada H <sub>2</sub> S Promedio:	10 ppm
Pico Entrada H <sub>2</sub> S:	50 ppm

### **5.3. EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIOS: VALVULERÍA**

Los accesorios de la instalación de tuberías de la EBAR Cerro Colorado: codos, reducciones, té, campanas de succión, uniones y bridas; se han diseñado de conformidad y siguiendo las recomendaciones de las Normas ANSI/AWWA C208 y AWWA Manual M1.

En la sección correspondiente del Informe con las Especificaciones Técnicas se pueden encontrar los detalles sobre estos accesorios diseñados y los planos respectivos.

#### **5.3.1. DISEÑO DE VÁLVULAS DE GUARDIA TIPO CUCHILLA**

Las válvulas de cuchilla son de tipo 0/1, de cierre y apertura, adecuadas para la función de resguardo o guardia. Para aguas servidas se fabrican normalmente con diámetros y presiones nominales que se requieren en el proyecto, tiene un accionamiento simple y se requiere de poca instrumentación relativa; son de bajo costo relativo y tienen una confiabilidad operacional media; por lo que se consideran adecuadas para esta aplicación.

Estas válvulas en el proyecto serán de accionamiento manual y se tendrá para cada una de las bombas de la EBAR, una de DN 750 en la succión y otra de DN 500.

En el cuadro siguiente se presentan las características técnicas principales de las válvulas de guardia tipo cuchilla, basadas en las Normas ANSI/ASME B16.34 (American National Standard/American Society of Mechanical Engineers):

**Tabla 12: Características técnicas de las válvulas de guardia tipo cuchilla**

NOMBRE	CANTIDAD	DN	PN	CLASE	PESO	ACCIONAMIENTO
		mm			kg	
VCS1, VCS2, VCS3	3	750	6	150	412	Manual
VCD1, VCD2, VCD3	3	500	6	150	304	Manual
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>	<b>6</b>					

### 5.3.2. DISEÑO DE VÁLVULAS ANTIRETORNO (CHECK)

Las válvulas antirretorno o check permiten el flujo solamente en una dirección, en este caso se ubicarán en la descarga de las bombas y permitirán el flujo hacia la tubería de conducción y se cierran y no permiten el flujo hacia las bombas. Cumplen la función de mantener cebadas a las bombas centrifugas y de una protección adicional contra el golpe de ariete.

Estas válvulas serán de accionamiento automático hidromecánicamente, es decir por diferencia de presiones en el fluido y se tendrá una de estas válvulas instalada en la descarga para cada una de las bombas de la EBAR con un DN 500.

En el cuadro siguiente se presentan las características técnicas principales de estas válvulas antirretorno o check, basadas en las Normas ANSI/ASME B16.34 (American National Standard/American Society of Mechanical Engineers):

**Tabla 13: Características técnicas de las válvulas antirretorno (check)**

NOMBRE	CANTIDAD	DN	PN	CLASE	PESO	ACCIONAMIENTO
		mm			kg	
VCK1, VCK2, VCK3	3	500	10	150	220	Automático hidromecánicamente
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>	<b>3</b>					

### 5.3.3. DISEÑO DE VÁLVULAS DE AIRE

Las válvulas de aire de triple función se utilizan para controlar la presencia de aire en el interior de la tubería de conducción que puede provocar fenómenos hidrodinámicos indeseables, tales como, el golpe de ariete, sobrepresiones y presiones de vacío, tanto en régimen permanente; en operaciones de llenado, drenaje y aceleraciones o desaceleraciones del flujo (burbujas de aire).

El tipo de válvula de aire requerida en este caso, de aguas residuales, debe ser plástica de polietileno PE. En el cuadro siguiente se presentan las características técnicas principales de las válvulas de automáticas de aire de PE seleccionadas en base a las Normas ANSI/ASME B16.34 (American National Standard/American Society of Mechanical Engineers):

**Tabla 14: Características técnicas de las válvulas automáticas de aire de PE**

NOMBRE	CANTIDAD	DN	PN	CLASE	PESO	ACCIONAMIENTO
		mm			kg	
VA1 - VA14	14	200	10	150	25	Automatica hidromecánicamente
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>	<b>14</b>					

### 5.3.4 DISEÑO DE JUNTAS DE DESMONTAJE

Al lado de cada bomba centrífuga, esto es en la succión y descarga de las mismas deberán ubicarse juntas de desmontaje, indispensables para el montaje y desmontaje, de las bombas, válvulas y otros accesorios.

En el cuadro siguiente se presentan las características técnicas principales de las juntas de desmontaje, basadas en las Normas ANSI/AWWA C219:

**Tabla 15: Características técnicas de las juntas de desmontaje**

NOMBRE	CANTIDAD	DN	PN	CLASE	PESO
		mm			kg
JDS1, JDS2, JDS3	3	750	10	150	290
JDD1, JDD2, JDD3	3	500	10	150	160
<b>TOTAL VÁLVULAS:</b>	<b>6</b>				

## 6. ESTUDIO GEOTÉCNICO

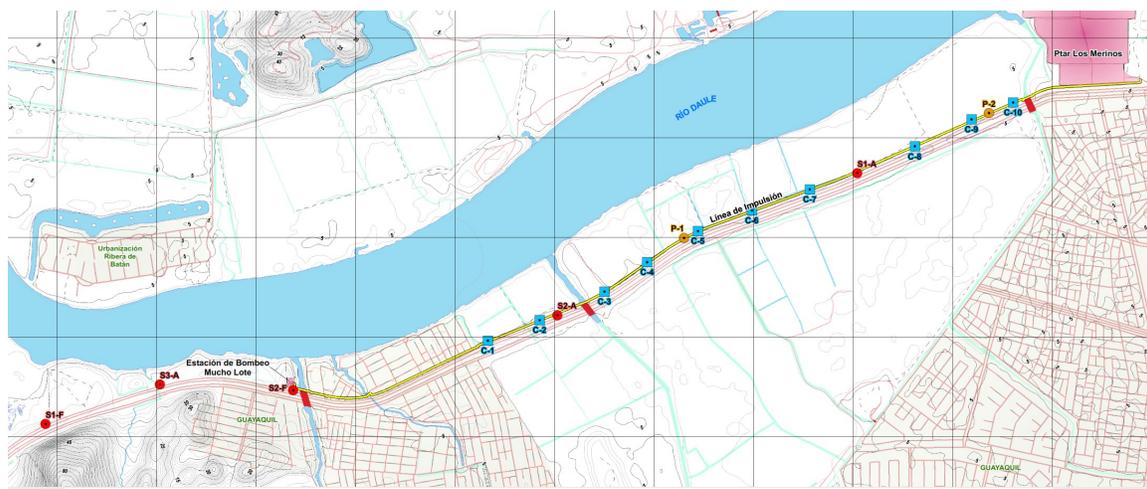
En este apartado se describen las principales características geológicas y geotécnicas del área del Proyecto, con base en la información secundaria y de los estudios previos realizados para la actual estación de bombeo y línea de impulsión Mucho Lote 2 - Cerro Colorado.

En detalle se analizan los temas y riesgos geotécnicos principales relacionados con los materiales y los suelos que se encuentran en las áreas de influencia del proyecto, a lo largo de las alternativas de trazado analizadas.

### 6.1. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS REALIZADAS

Durante las diferentes etapas del Proyecto se efectuaron investigaciones geológicas y geotécnicas que han permitido caracterizar los materiales presentes tanto a nivel de la estación de bombeo como a lo largo de la línea de impulsión actual Mucho Lote 2 – Cerro Colorado. A continuación se presenta la información breve de los estudios realizados durante las fases de factibilidad y de diseños definitivos.

**Figura 19: Mapa de ubicación de las investigaciones geotécnicas en la fase de factibilidad**



Para la caracterización geotécnica y geomecánica de los materiales aflorantes (suelos), se efectuaron investigaciones geológicas y geotécnicas en el área del Proyecto que incluyeron:

- Sondajes e Investigaciones “in Situ”
- Ensayos de Laboratorio

En la Tabla siguiente se resumen los datos principales y la ubicación (coordenadas UTM Wgs84) de las perforaciones realizadas para el estudio en las dos fases.

**Tabla 16: Perforaciones realizadas para los estudios de Factibilidad y Diseños definitivos del sistema actual de conducción de Mucho Lote 2 – Cerro Colorado.**

CODIGO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROFUNDIDAD (m)	NAF (m)	Obra de referencia
S1-F	622562	9771059	6	ND	sistema de conducción
S2-F	622733	9769814	20	2,5	estación de bombeo
S1-A	623822	9766980	10	2,3	sistema de conducción
S2-A	623109	9768486	10	1,45	sistema de conducción
S3-A	622761	9770484	10	1,9	sistema de conducción
S4-A	622008	9771592	10	ND	sistema de conducción

*Los trabajos correspondientes a la etapa de Factibilidad se realizaron en dos etapas distintas (mayo y agosto 2011) cumpliendo con las normas AASTHO T-206 y ASTM.*

Todos los resultados de los ensayos ejecutados tanto en la fase de factibilidad como de diseño definitivo se encuentran en los Anexos A-B Geología-Geotecnia: 8.4: Perforaciones-ensayos y 8.5: Calicatas y ensayos del Volumen 02: Geología – Geotecnia y del Volumen 02: Geología y geotecnia, que están adjuntos al Informe Principal.

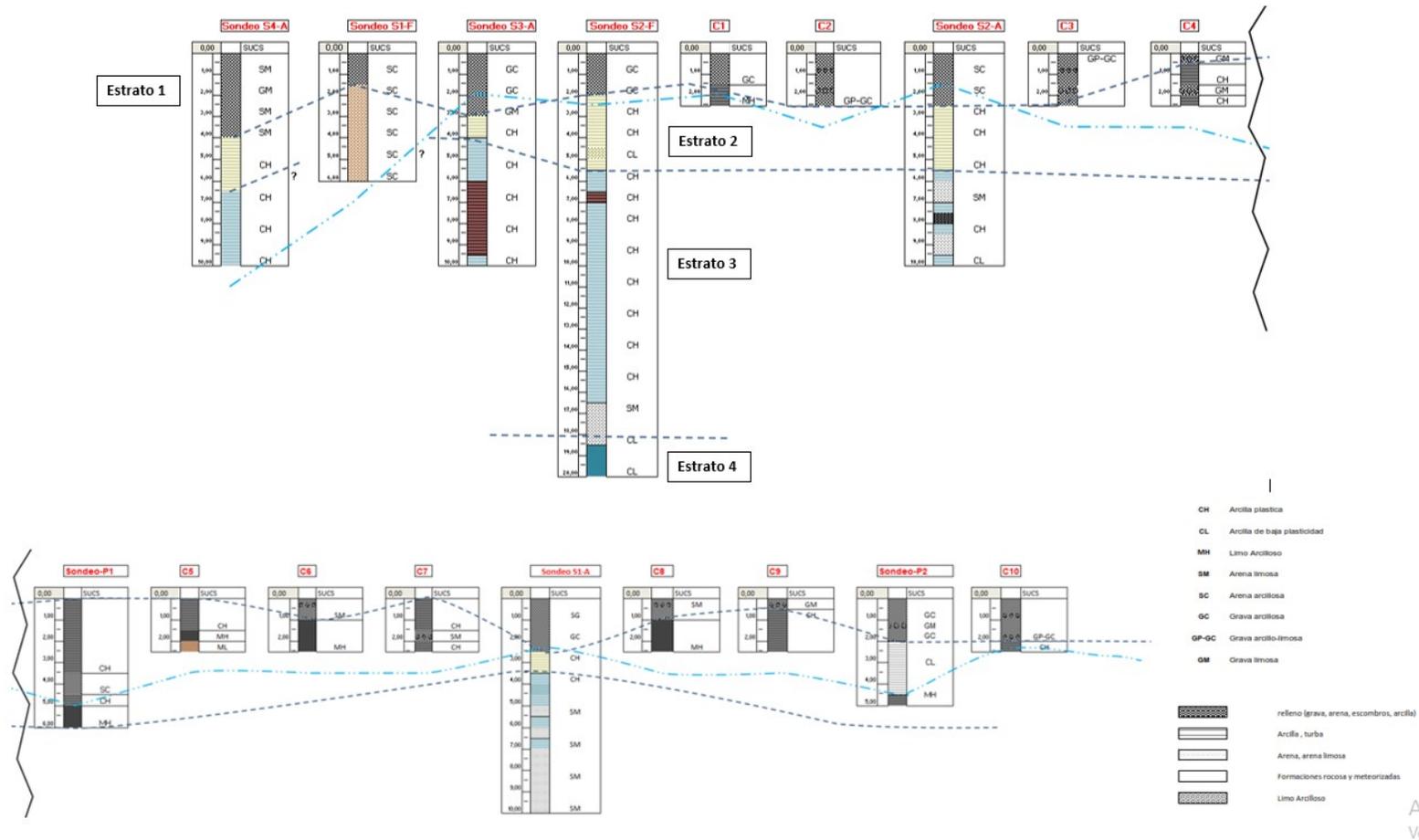
#### **ESTRATIGRAFIA TIPO DEL AREA DEL PROYECTO**

Con base en los registros estratigráficos se destacan las siguientes conclusiones:

- ❖ en los primeros 3m de profundidad se observa la presencia de material de relleno (gravas, arenas, arcilla con escombros), profundidad comparable con el promedio de las excavaciones previstas para la línea de impulsión;
- ❖ debajo del material de relleno prevalecen los suelos arcillosos, básicamente plásticos, de consistencia medianamente compacta a compacta, con capas de arenas de espesor variable; y
- ❖ en el área de la estación de bombeo se ha detectado un nivel de material arcilloso meteorizado de consistencia dura a partir de los 18 m (S2-F) con valores de SPT a rechazo en el fondo de la perforación;

En la ilustración a continuación se presenta el esquema estratigráfico representativo para el trazado de la línea de impulsión, resultado del análisis de las estratigrafías de detalle realizadas para cada sondaje y cada calicata, tanto en Etapa de Factibilidad como en la de Diseño Definitivo.

Figura 20: Columnas estratigraficas de los sondeos realizados estudio.



## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS.

En la siguiente Tabla se muestran las principales características físicas encontradas:

Tabla 17: Características litológicas y granulométricas de las unidades

Unidad - Estrato	Descripción lito - técnica	SUCS
UG0 – E1	Relleno. Grava, arena arcillo-limosa, grava con escombros, pocos sedimentos finos, plasticidad medianamente baja.	GC, GP-GC, GM, SM, SC
UG1 – E2	Arcilla con variable porcentaje de arena y material orgánico. Plástico y compacto. Lentes de arena (SM) a veces con gravilla (GM)	CH, CL y MH
UG2 – E3	Arcilla limosa con material orgánico, plástico de compactación densa.	CH-CL
	Arena limosa, con materiales finos plásticos, consistencia blanda a medianamente compacta.	SM-SC
UG3 – E4	Material meteorizado de matriz arcillosa, consistencia dura	CL
UG4 – E5	Material de matriz arenosa, con finos arcillo-limosos medianamente plásticos, consistencia muy dura.	SC

Elaboración: Ingeconsult 2018

En la tabla a continuación se resumen los parámetros obtenidos por ensayos y interpretaciones.

Unidad	Descripción del material	Clasificación SUCS	IP	Peso unitario	Angulo de Rozamiento	Módulo de Deformación
				$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	E [MPa]
UG0	Relleno: grava con poco fino, medianamente plástico, compactación densa-	GC, GP-GC, GM, SM, SC	0-15	19	32-35	10 - 30
UG1	Arcilla color café, con lentes de arena fina y materia orgánica, plástica consistencia medianamente compacta.	CH, CL y MH	9-80	16	22-33	8 - 30
UG2	Arcilla color gris verdosa, con lentes de arena fina y materia orgánica (turba), plástica consistencia blanda.	CH-CL	4-145	15	21-35	10 - 20
	Arcilla y arena fina limosa gris verdosa, ligeramente plástico, compactación densa	SM-SC		19		

<b>UG3</b>	Material meteorizado de matriz arcillosa, color gris verdoso, con arena fina, compacidad medianamente densa	CL	22-24	19	30	25 - >55
<b>UG4</b>	Material de matriz arenosa, con finos arcillo-limosos medianamente plásticos, consistencia muy dura.	SC	11-12	21	32-33	>55

**Tabla 18: Resumen de los principales parámetros característicos de cada Unidad Geotécnica**

Con base a la caracterización de los materiales estudiados se llevan a cabo las verificaciones geotécnicas de las obras principales, entre las que tenemos:

- ❖ Modelo geotécnico para la cimentación de la estación de bombeo existente.
- ❖ Verificación de la estabilidad de la zanja para la instalación de la tubería, a lo largo del trazado.

**MODELO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO EXISTENTE.**

Como verificación geotécnica preliminar, se ha realizado un análisis de la estratigrafía tipo y del modelo geotécnico de cálculo, aplicado al diseño de la cimentación de la estación de bombeo existente del sistema Mucho Lote 2- Cerro Colorado.

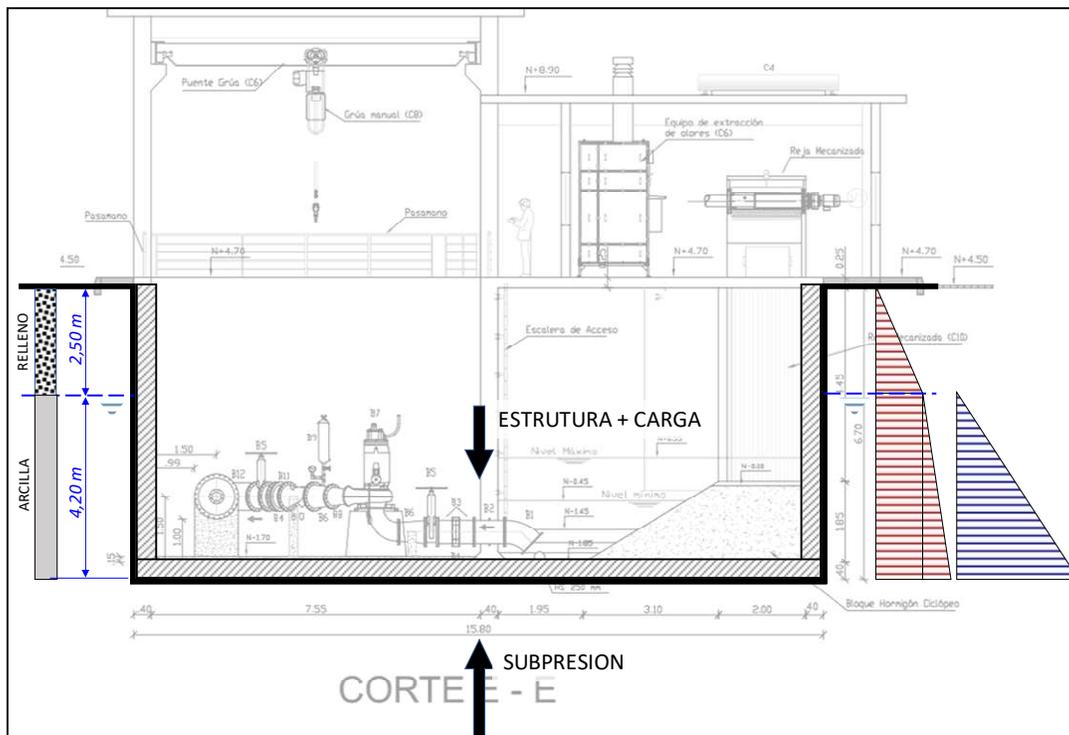
En el cuadro a continuación se resume el modelo estratigráfico y los parámetros geotécnicos considerados, conforme con los resultados de las investigaciones realizadas (Sondaje S2-F en correspondencia de la estación de bombeo).

**Tabla 19: Estratigrafía tipo y parámetros de diseño Utilizados para el cálculo de la capacidad de soporte del terreno de fundación de la estación de bombeo -Mucho Lote 2 - Cerro Colorado.**

Unidad	Descripción del material	Profundidad	Peso unitario	Angulo di Resistencia al corte	Cohesión eficaz - cohesión no drenada
		Z [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [grados]	$c' - cu$ [kPa]
UG0	Relleno: grava con poco fino, medianamente plástico, compacidad densa-	da 0.00 a 2.00	19	30	-
UG1	Arcilla color café, con lentes de arena fina y materia orgánica, plástica consistencia medianamente compacta.	da 2.00 a 5.60	16	-	32
UG2	Arcilla color gris verdosa, con lentes de arena fina y materia orgánica (turba), plástica consistencia blanda.	da 5.60 a 16.5	15	-	18
	Arcilla y arena fina limosa gris verdosa, ligeramente plástico,	da 16.5 – 18.6	19	-	20

Unidad	Descripción del material	Profundidad	Peso unitario	Angulo di Resistencia al corte	Cohesión eficaz - cohesión no drenada
		Z [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grados]	$c' - cu$ [kPa]
	compacidad densa				
UG3	Material meteorizado de matriz arcillosa, color gris verdoso, con arena fina, compacidad medianamente densa	>18.6	19	15	40

**Figura 21: Esquema de la fundacion de la estacion de bombeo y del nivel freatico considerado.**



En base a los datos disponibles, la sobrecarga adicional generada con la repotenciación de las bombas no parece determinar un cambio de las condiciones geotécnicas y del estado tensional presente a nivel de la cimentación de la estación de bombeo.

### **MODELO GEOTÉCNICO PARA LA LÍNEA DE IMPULSIÓN (ZANJA)**

Para el análisis de las condiciones geotécnicas esperadas a lo largo de la línea de impulsión se han considerado los datos de las perforaciones y de los ensayos realizados para los estudios previos los cuales serán comprobados y/o afinados con las investigaciones integrativas propuestas a realizarse en la fase de diseño definitivo del presente proyecto.

En línea general se deberá considerar una profundidad de influencia de las excavaciones entre 2 y 3m, con una cota promedio de la cimentación de la tubería de 2,5m. Con base en

los registros estratigráficos de los sondeos y calicatas realizadas en el tramo de la línea de impulsión, los materiales que serán afectados por las excavaciones serán básicamente los pertenecientes al nivel de relleno antrópico superficial (Estrato 1 – UG0) conformado por gravas, arena y finos poco plásticos, y las arcillas plásticas, de consistencia medianamente compacta a compacta, con lentes de arena fina y materia orgánica, del Estrato 2 – UG1.

Paralelamente se llevó a cabo una verificación preliminar de los asentamientos potenciales generados en la cimentación por efecto de la sobrecarga de la tubería, considerando la condición más desfavorable. Las hipótesis de cálculo consideradas prevén un diámetro de la tubería de 1200 mm, un terreno natural arcilloso, plástico y poco consolidado a nivel de la cimentación y finalmente un área de repartición de la carga aplicada de 0.4m de lado.

La carga de la tubería aplicada en el fondo de la zanja será de aproximadamente 13kN por metro; dicho valor se obtiene sumando el peso por metro lineal de la misma tubería más el peso del agua. Además, se considera en vía preliminar que el peso del material del recubrimiento de la tubería compense el volumen del material removido durante las excavaciones; por lo tanto la sobrecarga tota se estima en 32,5kN/m<sup>2</sup>.

En dichas condiciones, es poco creíble la posibilidad de una rotura del terreno de fundación, así que se verifica solo la magnitud de los asentamientos potencialmente generados por los trabajos. Considerando la presencia de material arcilloso poco consolidado a nivel de la fundación, el espesor del estrato compresible que puede generar un asentamiento superficial corresponde al espesor de material que puede ser afectado por un aumento superior al 20% de la tensión vertical por efecto de la sobre carga. En el caso específico, bajo este criterio se considera una profundidad de influencia hasta 2,5m de profundidad debajo de la cota de cimentación de la tubería (alrededor 5 m debajo de la superficie topográfica).

Los parámetros de deformación considerados son los obtenidos de los ensayos de consolidación realizados sobre las muestras de los sondajes P-1 y P-2 realizados en el tramo de ubicación de la zanja para la tubería de la línea de impulsión (Etapa de Diseño Definitivo). Las muestras, tomadas a las profundidades respectivas de 3,0-3,5 y 3,5-4,0 metros, son representativas de la unidad geotécnica UG1 (Arcillas) la cual será interesada, junto con la UG0 (Relleno), por la excavación de la zanja para la instalación de la tubería.

De las unidades identificadas en el área de influencia del proyecto, las que están interesadas por excavación de la zanja para la tubería de impulsión, corresponden a las unidades UG0 y UG1; la profundidad de excavación promedia es de aproximadamente 2,5 m con excepciones hasta 4 m en puntos donde se necesita evitar obstáculos existentes. Asimismo, en correspondencia de la estación de bombeo las profundidades del fondo de la cámara alcanzan los 6,5m interfiriendo con las unidades superficiales hasta la capa superior de la unidad UG2, localizada en el sondaje S2-F a los 6 m de profundidad; dicha unidad es predominantemente argiloso-limosa con alternancias de lentes arenosos.

Los parámetros estimados para los materiales, más precisamente los superficiales, no garantizan la estabilidad a corto plazo para cortes de taludes en operaciones de excavación tal como se detalla a continuación.

Con respecto a las condiciones de estabilidad de la zanja de la tubería a lo largo del trazado se pueden resumir las siguientes observaciones:

- ❖ En la mayoría del trazado, la excavación de las zanjas para la instalación de la tubería se realizará en los materiales pertenecientes a la Unidad Geotécnica UG1 (Arcillas - Estrato 2) cubiertas en ciertos tramos por material de Relleno superficial más granular.
- ❖ Con base en la información a la fecha disponible, el valor más probable de asentamiento por consolidación es de alrededor 2,0 cm. Dicha magnitud de asentamiento no determina condiciones de peligro para la integridad de la estructura, sin embargo, puede generar un hundimiento mínimo del material del relleno y consecuentes deformaciones superficiales.

#### Medidas Técnicas Recomendadas

Tratándose de excavaciones temporales se realizarán con pendientes elevadas de taludes, tentativamente con relación 1H:4V.

En todo caso se deberá necesariamente implementar un sistema de soporte temporal para las paredes de la excavación de tipo “entibado” removible a lo largo de todo el trazado de la zanja, siendo presentes materiales potencialmente inestables, mitigando el riesgo de colapso de las paredes y garantizando de esta forma la seguridad de los operadores durante las fases de emplazamiento, ajuste y soldadura de la tubería.

En superficie, a los lados de la zanja, se recomienda la realización de un sistema de drenaje temporal para controlar los eventuales flujos de agua superficial que podrían afectar a la estabilidad de la excavación.

Además se recomienda, en fase de excavación de la zanja, de reducir el talud superficial bajando la pendiente, en las zonas donde este interese el estrato más granular de relleno (UG0).

## 7. DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

### 7.1. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

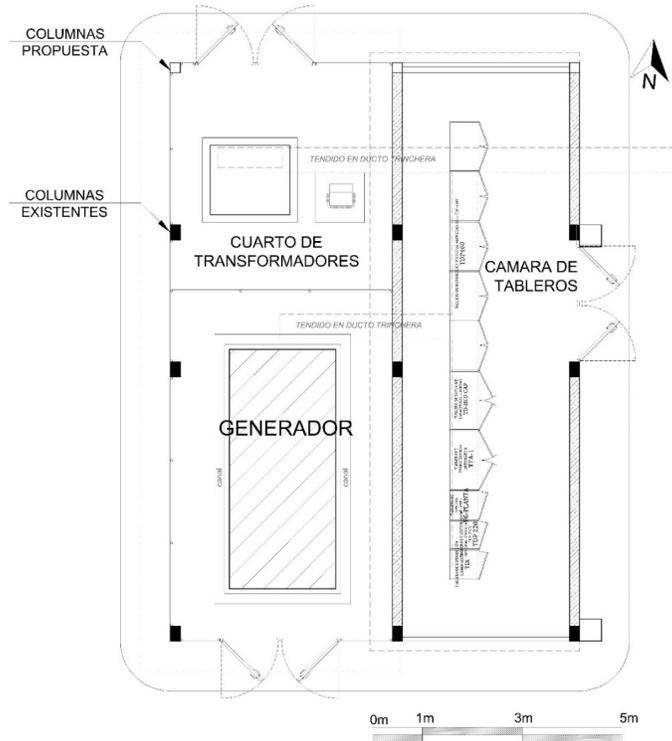
Actualmente la EB Cerro Colorado consta de tres edificaciones: la sala de rejás, la estación de bombeo y la sala de control. De estas edificaciones se afecta exclusivamente la sala de control, debido a la ampliación que se realiza para la repotenciación de la estación de bombeo. Esto implica la ampliación de la sala de control hacia el lado norte en 3.25 m, dado que se procede a reubicar la cámara de tableros y el cuarto de transformador. Adicionalmente se implementa un generador eléctrico; lo que conduce a que se tenga que romper la losa en el lado oeste para dejar una altura libre de 3.80 m del piso al techo.

También se plantea la reubicación del baño y la bodega que se encuentran dentro de la sala de control. Estos dos espacios se ubican en el lado oeste, sobre el área verde existente. Todos estos cambios funcionales están sustentados por la memoria de cálculo de diseño eléctrico.

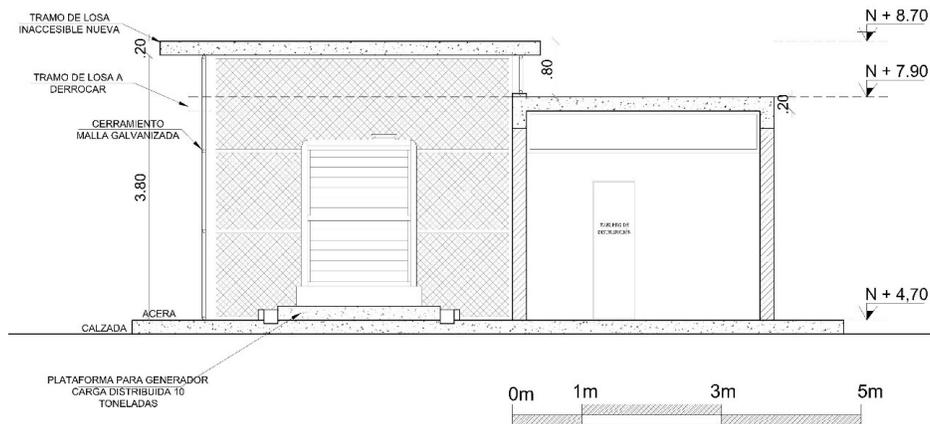
En la siguiente Figura No. 22 se indica la planta con las modificaciones estructurales introducidas en la solución arquitectónica.



**Figura 22: Esquema de la planta de las obras civiles para la ampliación de la EB Cerro Colorado**



**Figura 23: Planta de la ubicación de los equipos en la Sala de Control a ser modificada**



**Figura 24: Corte longitudinal con la modificación planteada para la losa de cubierta**

Para la *implementación paisajística* se toman en cuenta tres factores: el clima el porcentaje de área verde y el impacto ambiental con los olores que genera la estación de bombeo.

Para resolver la problemática se implementa una jardinera en la franja verde, conformada por una masa vegetal de plantas de lavanda y palmeras fénix en el centro de este jardín. Esta jardinera permitirá combatir los olores emitidos por la estación de bombeo, así como evitar la proliferación de mosquitos, ya que la planta de lavanda es un repelente natural.

## 7.2. DISEÑO ESTRUCTURAL

INGECONSULT elabora los estudios definitivos estructurales mediante el análisis y diseño de los pasos de tubería por cuatro esteros, que cruzan la Av. Narcisa de Jesús y que se desarrollan paralelos al trazado de la línea de impulsión; de igual modo, se lleva a cabo el análisis y diseño de las obras estructurales en la remodelación de la estación de bombeo y de los anclajes en los codos de la tubería para la línea de impulsión.

Se diseñan los cruces de la línea de impulsión con los esteros: San Carlos, Vergeles, Ducto Vergeles Chico y Guayacanes. Se proponen estructuras metálicas construidas con perfiles laminados y apoyados sobre los tabiques de los pasos viales de la Av. Narcisa de Jesús.

En la estación de bombeo se diseña el nuevo cuarto de control para viabilizar la ampliación de la estructura y poder ubicar un transformador y un generador para el aumento de la capacidad de impulsión, aprovechando la estructura existente.

En la cámara de bombeo se diseñó una estructura capaz de resistir las cargas de la tubería y soportar la impulsión de las bombas, así como los anclajes para soportar la carga de las bombas y de las válvulas.

### 7.2.1. PASOS ESTRUCTURALES PARA LA TUBERÍA EN LOS ESTEROS

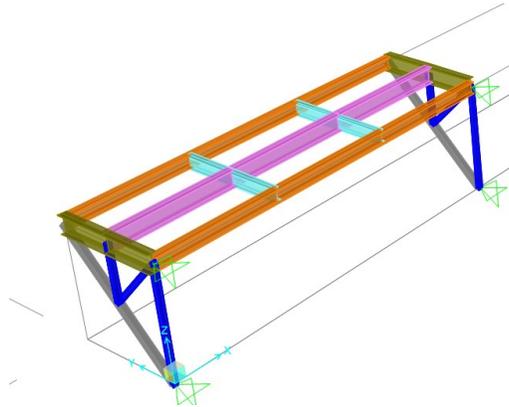
La ubicación y la información topográfica de los tramos de cruce se obtuvieron del levantamiento topográfico presentado en el plano de DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN AV. NARCISA DE JESUS (EMAPAG).

La ubicación referencial de las secciones de cruces en las variantes analizadas se resume en la siguiente Tabla No. 20.

<b>CRUCE DE ESTERO</b>	<b>N</b>	<b>E</b>
VERGELES	2012195.25	498106.18
GUAYACANES	2008514.47	499577.86
CAROLINA	2010736.44	498523.12
VEGELES CHICO	2011831.11	498078.17

**Tabla 20: Coordenadas del centro de los pasos analizados**

Para el diseño se utilizó un tipo de paso formado por vigas metálicas de perfil I distribuida de la forma como consta en la figura, formando una plataforma en la cual está apoyada la tubería, y una cercha triangular en sus extremos. Estos se encuentran empotrados a los tabiques transversales del paso vial.



**Figura 25: Tipo de armadura metálica Para Pasos de tubería Sobre los Esteros**

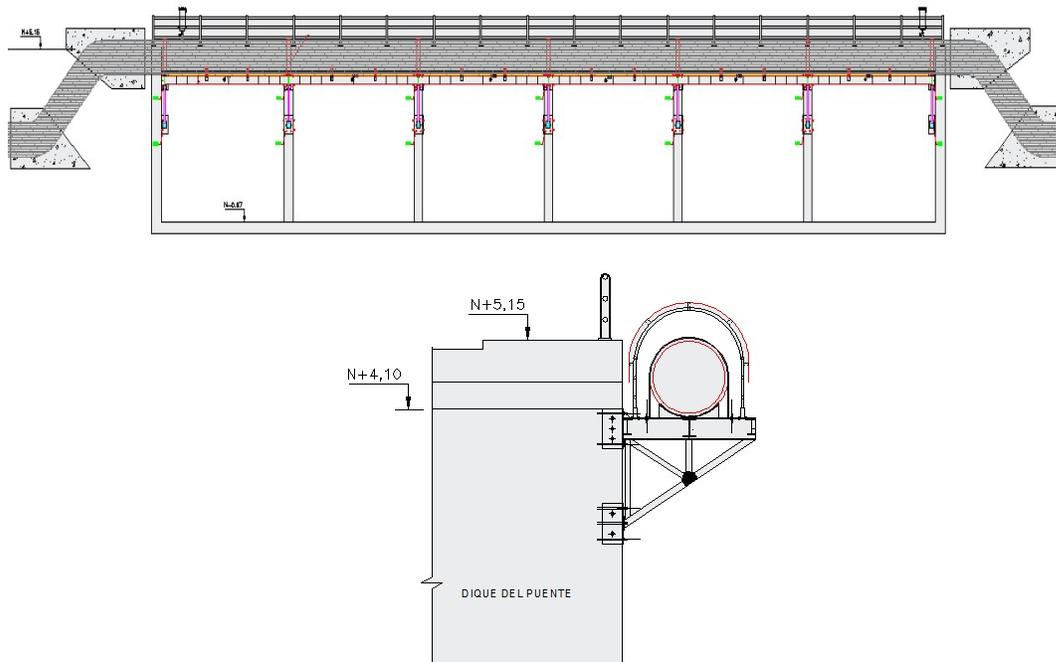
Para los pasos de tuberías se utilizan perfiles metálicos laminados utilizando procesos de soldadura, automáticos, certificados bajo AWS D1.1( Electrodo revestido), Elementos estructurales fabricados con planchas de acero estructural según especificaciones solicitadas en el diseño (ASTM A36 / A572 / A588) y según los criterios del AISC 360 10 con referencia a secciones compactas y sísmicas.

Las estructuras comprende de una plataforma conformada por vigas I en el cual se apoya la tubería de  $\varnothing = 120 \text{ cm}$  , tendrá una luz libre como determina en la siguiente tabla:

<b>CRUCE DE ESTERO</b>	Longitud total	N° de tabiques	Long. Entre tabiques
VERGELES	35,37 m	7	5,74-6,00 m
VEGELES CHICO	5,85 m	2	5,85 m
CAROLINA	26,94 m	6	5,45,m
GUAYACANES	32,39 m	7	5,45 m

**Tabla 21: Dimensiones de los pasos analizados**

La tubería se ubica en la parte superior, permitiendo el paso de crecidas en los esteros. El ancho del paso será de 2,00 m, en el que su eje de simetría es el eje de apoyo de la tubería. Se recubre la tubería con una estructura de cubierta circular soportada por perfiles tubulares apoyadas en la plataforma del paso de tubería. La plataforma se apoya en unas estructuras triangulares, tipo cercha, articulada en sus uniones, en cada uno de los tabiques del paso vial y estás a la vez se encontraran unidas a unas placas metálicas que están empernadas a los tabiques.



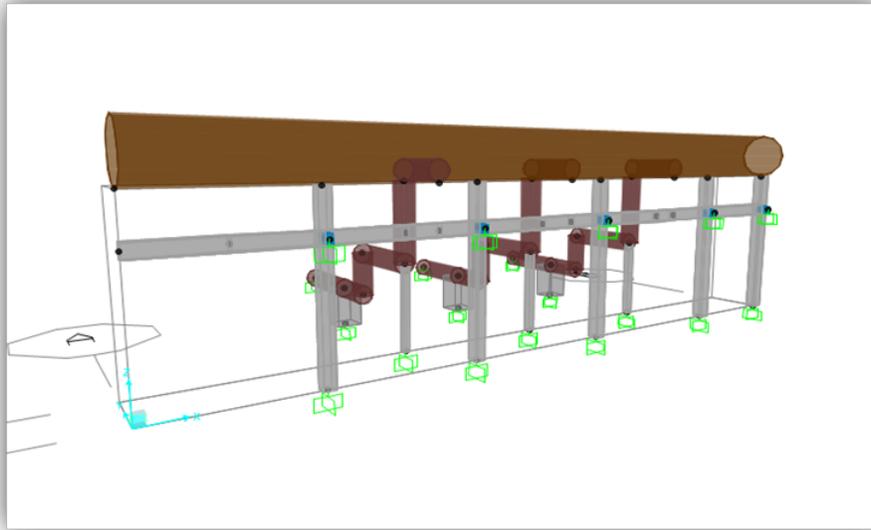
**Figura 26: Vista frontal y lateral del cruce con la tubería**

Los tabiques del paso vial son de hormigón armado, tiene un espesor de 30 y 40 cm respectivo a cada paso; sus tabiques extremos tienen un espesor de 60 cm en su eje longitudinal por donde atraviesan el total de la vía en sentido transversal. Para el diseño se consideró la posible utilidad que se le pueden dar al paso como podría ser el paso de tubería de agua potable o el paso de cableado eléctrico, por lo que su carga muerta fue mayorada en un 10% de la carga utilizada.

### 7.2.2. ESTACIÓN DE BOMBEO

De acuerdo a la repotenciación en la cámara seca, la tubería se encontrará a una altura de 3,55 m medido desde el nivel N-1,95 que es la cota de la losa de piso, se une con tres salidas de tuberías de impulsión por lo que se diseñara los soportes metálicos adecuados para que la tubería pueda mantenerse estable, en conjunto con las tres uniones de las tuberías que proviene de las succiones de las bombas.

Se propone anclar al piso las diferentes accesorios de impulsión existentes y propuestos para la repotenciación de la estación en la pozo seca, en base al peso y las cargas extras de la tubería, bombas y válvulas, se diseñara un anclaje que resista las cargas antes descritas que no se fisure y mantenga estática los diferentes accesorios de impulsión por lo que se propone para cada accesorio un tipo de anclaje diferente.



**Figura 27. Diagrama de Anclaje y Soporte Para Tuberías en la Estación de Bombeo**

Para la tubería metálica de diámetro 1,20 m, elevada a 3,55m desde el nivel N-1,95 se diseñó una estructura aporticada conformada por vigas formadas por perfiles 2G empotradas a columnas cuadrada rectangular formada por perfiles de acero laminar de TC 20x20x0,4, el cual estará emperrada sobre una base de hormigón armado de 280 Kg/cm<sup>2</sup> con dimensiones de 55 X 55cm y 30cm de altura que será fundido sobre la losa de hormigón actual de e=55cm. Tendrá en la cabeza de columna un estructura formada por laminas sujetas por placas triangulares a la columna de tal manera que pueda apoyarse la tubería.

Las varillas de anclaje serán de Ø=16mm, L=25 cm y colocado previo a la fundación y de la base de hormigón. Previo a la colocación de la base de hormigón se colocara varillas de acero de refuerzo Ø=12mm, en perforaciones de 30 cm en la losa existente rellenándolo con un epóxido para que esta se ancle tanto a la base de hormigón como a la losa de cimentación existente evitando así el deslizamiento de la columna debido a cualquier factor externo pueda producir el deslizamiento como el sismo o vibración de la estructura.

Para las tuberías de diámetro 0,50m, elevada a 1,40m desde el nivel N-1,95 se diseño un anclaje de hormigón armado con  $f'c=280\text{Kg/cm}^2$  una el cual servirá para reducir el empuje que se produce por la impulsión de la bomba en el codo de salida de 90° , este anclaje estará adherido a la losa existente mediante varillas Ø=12mm evitando así el deslizamiento del bloque de anclaje, La bomba en sus especificaciones tiene una base metalica de anclaje la cual será emperrada directamente a la losa de piso con Varillas de anclaje Ø=16mm, L=25 cm, y las válvulas anteriores a la impulsión estarán sujetas a bases de hormigón armado permitiendo así la linealidad del eje en la tubería.

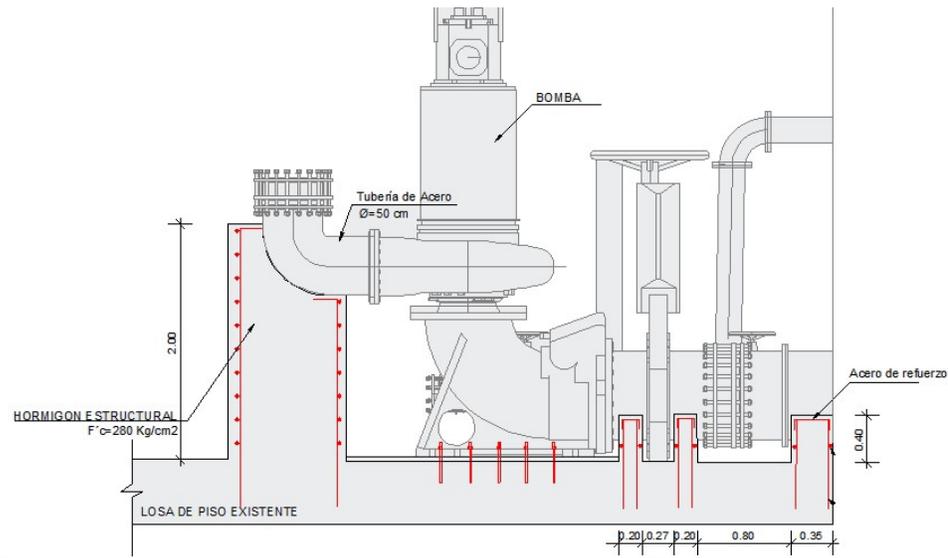


Figura 28. Sistema de Anclaje de Hormigón Armado en Bombas y Válvulas.

### 7.2.3 LINEA DE IMPULSIÓN (CONDUCCIÓN)

Los codos y derivaciones en las tuberías de alta presión están sujetas a fuerzas que tienden a desplazarlos. Estas fuerzas son tal que por su magnitud que las derivaciones y codos necesitan anclarse a estructuras de hormigón.

En general se busca considerar si en los diseños de los anclajes se puede dimensionar a relación de bloque cúbicos simples en los cuales se halle embebida la tubería de conducción, aprovechando las condiciones de peso del bloque de hormigón y empuje pasivo del suelo, fricción entre el suelo - hormigón, entre otras fuerzas a desarrollar en los anclajes y tubería.

Si en análisis y diseño de los anclajes se observa que estas no resuelven los requerimientos se utilizara perfiles anclados o bloques anclados auxiliares.

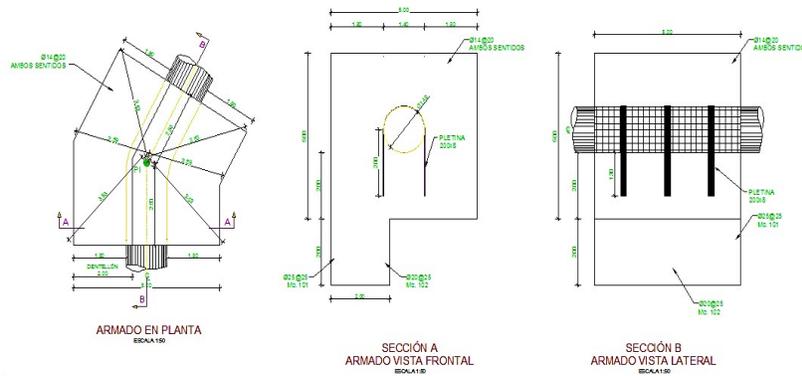


Figura 29. Diagrama del anclaje de hormigón armado en la tubería de impulsión.

Dependiendo del tipo de fuerza y la resultante que interviene en el cambio de dirección de la tubería se analizan los siguientes tipos de anclaje.

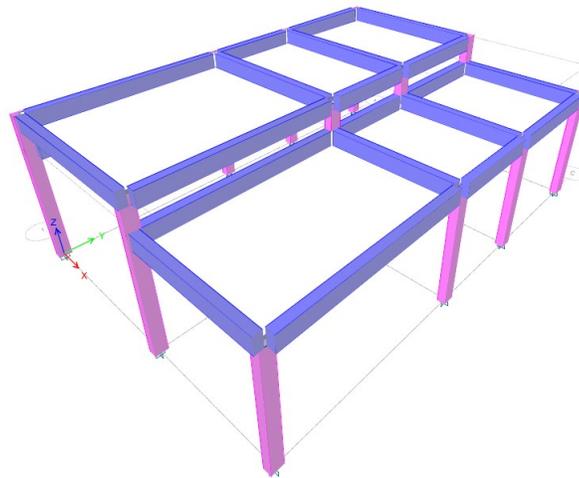
- Tipo A. Se utilizará cuando se presente mayor demanda solo en la reacción a la FUERZA VERTICAL NEGATIVA (dirección en contra de la gravedad) ocasionada por la presión del agua en el cambio de dirección de la tubería.
- Tipo B. Se utilizará cuando se presente mayor demanda en reacción a la FUERZA HORIZONTAL y menor demanda en reacción de la FUERZA VERTICAL, ocasionada por la presión del agua en el cambio de dirección de la tubería, (se diferencia del tipo C porque varía en la dimensión del alto del anclaje)..
- Tipo C. Se utilizará cuando se presente mayor demanda en reacción a la FUERZA VERTICAL (dirección a favor de la gravedad) y menor demanda en reacción de la FUERZA HORIZONTAL ocasionada por la presión del agua en el cambio de dirección de la tubería, (se diferencia del tipo B porque varía en la dimensión del ancho del anclaje).

Los bloques de anclaje serán de hormigón armado con una resistencia a la compresión de  $f'c=280$  Kg/cm, armados con varilla corrugada con  $f_y=4200$  Kg/cm<sup>2</sup>, serán enterrados en el suelo natural del terreno a nivel de la tubería de conducción.

### 7.2.3. CÁMARA DE CONTROL

En este numeral se resumen los criterios y la metodología que sirven de base para el análisis de las acciones de las cargas y sollicitaciones que actuarán sobre varias estructuras que conforman la sala de control, para la ampliación de la losa de cimentación y de la losa de cubierta para el generador y transformador.

El sistema del cuarto o cámara de Control está localizado junto a la autopista Terminal Terrestre – Pascuales, al norte de la ciudad de Guayaquil, y es un sistema aporticado con vigas y columnas como se describe a continuación en la Figura No. ....



**Figura 30. Diagrama del Sistema de vigas y columnas del Cuarto de Control remodelado o ampliado.**

Se ha considerado que la mejor opción para la estructura del generador y transformador, tanto por razones económicas, cuanto por razones técnicas, es la utilización de un sistema estructural constituido por un pórtico espacial dúctil, con columnas y vigas peraltadas de hormigón armado, losa aliviana de 20 cm con bloque de pómez. El sistema utilizado es un sistema resistente a flexión, pero con la capacidad suficiente para resistir empujes sísmicos laterales.

El análisis ha sido realizado bajo las disposiciones sismo resistentes especificadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – SE) para edificaciones.

Para proceder al análisis de los pórticos espaciales dúctiles, se arma un modelo matemático tridimensional y se lo resuelve en el programa ETABS Versión 16.2.1 Ultimate.

El programa analiza el pórtico espacial, obteniendo como resultados las deformaciones, reacciones en los apoyos, esfuerzos axiales, cortantes, flectores y torsionales en todos los elementos que lo conforman, tanto para cargas verticales, muerta y viva, como para cargas sísmicas en ambos sentidos y para el espectro incorporado, también en ambos sentidos.

Posteriormente, se aplican los factores de mayoración sobre los esfuerzos obtenidos, de acuerdo con la NEC - SE, para finalmente diseñar cada elemento por la Teoría de Última Resistencia, de acuerdo con el ACI 318-14 en cada elemento de hormigón armado y de acuerdo con el AISC 360-10, para los elementos de acero estructural.

Para poder correr el programa, es necesario realizar un pre dimensionamiento de las secciones transversales de cada uno de los elementos, después se debe correr el programa respectivo y analizar los resultados de deformaciones y esfuerzos obtenidos.

En base a los primeros resultados, se revisa que las derivas cumplan con los límites exigidos, luego de lo cual se procede al diseño de los elementos, lo que permite analizar si es que la sección se encuentra sub o sobre dimensionada, o si está correcta.

Esto se hace el número de veces que sea necesario hasta obtener el diseño óptimo, cuyos resultados se adjuntan en la Memoria de Cálculo.

Dentro de los resultados del Programa utilizado, están las reacciones en los apoyos, las mismas que son requeridas para proceder al diseño de la cimentación.

## 8. DISEÑO ELÉCTRICO, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

En el Anexo No. 6: “*Memoria de Cálculo de Diseño Eléctrico y Comunicaciones SCADA*”, que es parte del Informe Principal, se desarrolla la ingeniería de detalle del sistema de distribución eléctrica, que suministre de manera segura las necesidades de energía de la nueva planta a instalarse y de la infraestructura necesaria para el cableado y conexión de los equipos de control e instrumentación; así como la ingeniería del sistema SCADA.

### 8.1. DISEÑO ELÉCTRICO

#### 8.1.1. LISTADO DE CARGAS DE INSTALACIÓN

En la siguiente tabla se expone la descripción y el servicio del equipo con la potencia expresada en kW.

**Tabla 22: Listado de cargas suministrado por el Cliente**

Ítem	Descripción	Servicio	Potencia (kW)	Voltaje operación (V)
1	CM	Compuerta motorizada	0.67	460
3	CR	Tablero criba automática	3.00	460
5	T-EC	Tablero equipo compactador	0.75	460
6	B-1	Bomba #1	226,2	460
7	B-2	Bomba #2	226,2	460
9	B-3	Bomba #3 (reserva) 275 kW		460
10	BA	Bomba de achique	7.50	460
11	TR	Transformador seco	60	460
12	RE	Reserva 15%	93,29	

Dentro de las planillas de cargas detalladas en el mencionado Volumen 06, se muestran los cálculos en detalles de la demanda y la utilización de los factores mencionados. En resumen se seleccionó un transformador reductor de 13800 voltios a 460 voltios con la capacidad de 900 KVA.

DEMANDA TDP - 460V	
Carga instalada (kW)	715,21
Factor de demanda	0,75
Demanda máxima (kW)	536,41
Factor de potencia	0,94
Demanda máxima (kVA)	900,00
Corriente máxima(Amp)	954,94
Disyuntor	800/1000-3P
Alimentador cuádruple terna (3#500+N#500+T#1/0 - XLPE)	

### 8.1.2. CONEXIÓN A LA RED PÚBLICA DE MEDIA TENSIÓN

Siguiendo las disposiciones generales que exigen las normas locales, se indica que para obtener el servicio eléctrico el diseño debe garantizar condiciones de seguridad y calidad del servicio. Como exigencia de la distribuidora local dentro de sus normativas se indica cuando la demanda del sistema trifásico del predio sea mayor a 30 kW y menor a 1000 kW el suministro del servicio eléctrico será a 13.800 voltios.

### 8.1.3. ARQUITECTURA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Se elige una arquitectura de distribución convencional para obtener el funcionamiento de la instalación durante el ciclo de operación. Con el esquema presentado dentro del gráfico siguiente se muestra la configuración espacial, la elección de fuentes de alimentación, la definición de los distintos niveles de distribución, un diagrama en una sola línea y la elección de los equipos necesarios.

#### **Diseño de arquitectura simplificada de distribución**

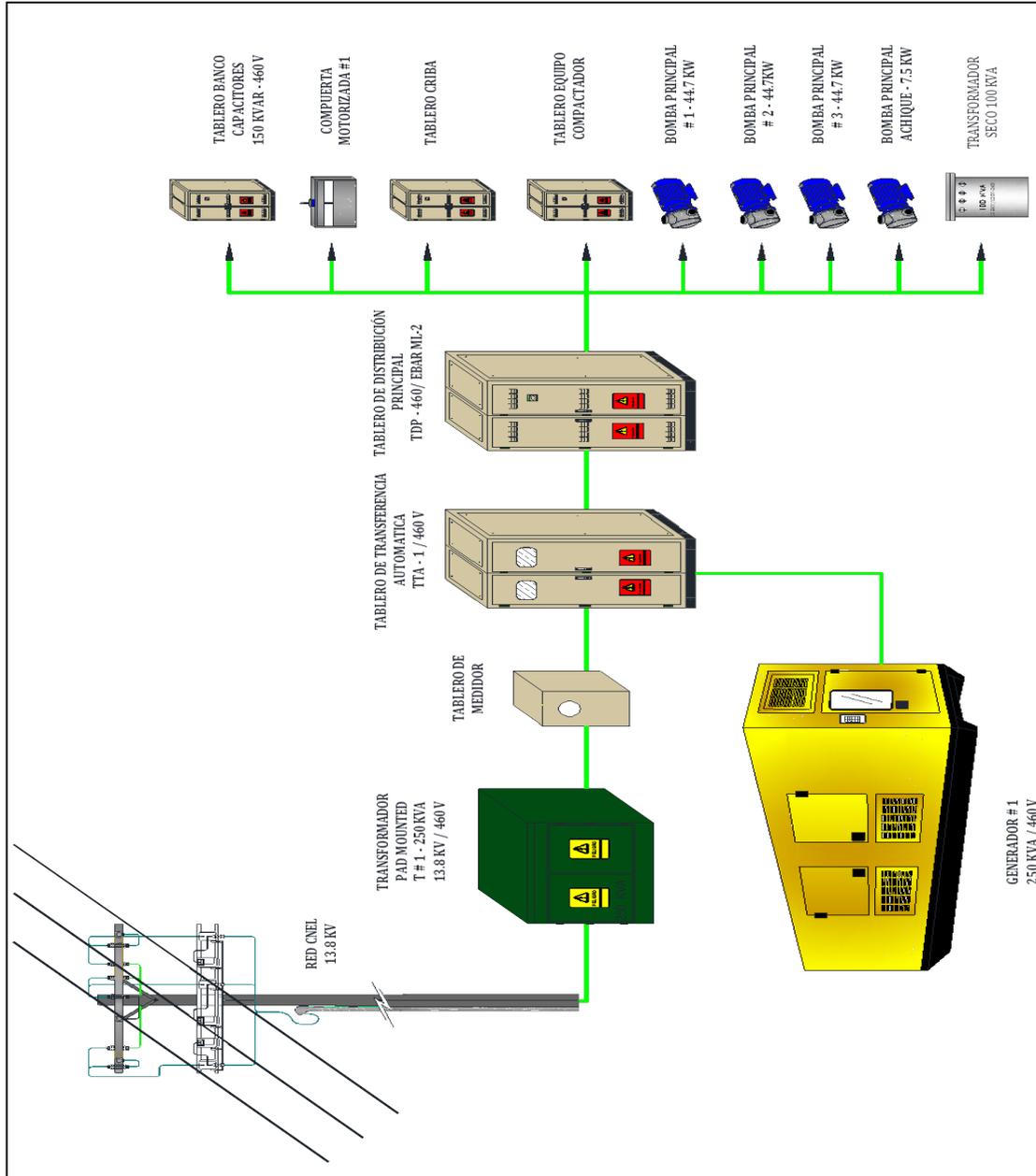
En el siguiente esquema unifilar se evidencian las secciones importantes en el diseño; a saber:

- Distribución en media tensión
- Generación
- Distribución en baja tensión

### 8.1.4. TRANSFORMADOR PADMOUNTED 900 KVA.

Sus principales características son:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	NOMBRE/VALOR
Normas	-	INEN, ANSI/IEEC57.12.26
Tipo	-	Pad Mounted radial
Potencia	KVA	900
Tipo de enfriamiento	-	Natural
Numero de fases	-	3
Frecuencia	Hz	60
Voltaje primario	kV	13,2-13,8KV
Voltaje secundario	V	460V
Conexión primaria	-	Delta
Conexión secundaria	-	Estrella con bushing de neutro
Cambiador de derivación	-	Manual
Zona de regulación	-	+/- 2x2,5%
Bobinas	-	Cobre
Tipo de aceite dieléctrico	-	Vegetal tipo FR3



**Figura 31. Arquitectura de distribución para la EB-CC**

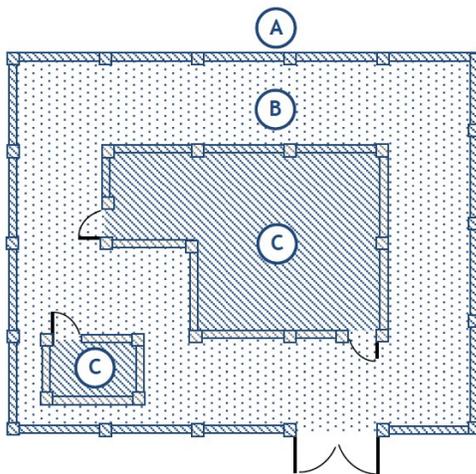
## 8.2. Diseño del Sistema de Comunicación SCADA

La descripción del diseño definitivo del sistema SCADA y de la instrumentación requerida para garantizar el óptimo funcionamiento de la EB Cerro Colorado y de su línea de impulsión hasta la PTAR Los Merinos se encuentra en el Volumen 06: “*Memoria de Cálculo de Diseño Eléctrico y Comunicaciones SCADA*”, el mismo que se encuentra anexo al Informe Principal.

El Sistema SCADA diseñado para la automatización de la EB Cerro Colorado, se basa en una arquitectura de sistemas que permite la adquisición de información en tiempo real, atendiendo los requerimientos de interoperabilidad, interconectividad, modularidad y expansibilidad, con los demás componentes de la estación de bombeo y del Sistema SCADA que tiene implementado la EMAPAG – EP.

Por tanto, la arquitectura del Sistema SCADA será tanto en hardware como en software, compatible con los sistemas y equipos que se encuentran en funcionamiento en las instalaciones y sistema SCADA de la EMAPAG – EP.

Para el diseño y selección de los diferentes equipos para seguridad de la Estación de Bombeo Cerro Colorado, se adoptará lo establecido en el numeral 4.3 de la norma NTD-IA-009 “Normas Técnicas de Diseño Medios Físicos y Electrónicos de Seguridad”, para el área vital asegurada, considerando la siguiente gráfica:



Donde:

**(A) Perímetro**, En su concepción debe ser la que obstaculice cualquier tipo de intrusión y genere la alerta temprana al equipo suficiente para contener y detener la intrusión.

**(B) Zona intermedia**, se encuentran localizadas entre el perímetro y las zonas interiores o edificaciones construidas dentro del predio.

**(C) Zona interior**, estas zonas corresponden a la estructura misma y la parte interna de cada una de las edificaciones construidas dentro del predio.

ÁREA VITAL ASEGURADA	MEDIOS FÍSICOS	MEDIOS ELECTRÓNICOS
PERÍMETRO	Cerramiento Concertina Puertas de acceso Iluminación	Cerco eléctrico Contacto magnético
ZONA INTERMEDIA	Puesto de control Iluminación	Sensor unidireccional Sensor multidireccional
ZONA INTERIOR	Iluminación Puertas de acceso Ventanas	Sensor 360° Contacto magnético Sistema de prevención de incendios Concentrador del sistema de seguridad electrónico

## **9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTOS**

### **9.1. Especificaciones técnicas**

En la definición del proyecto se toma en cuenta el trazado de la línea de impulsión, específicamente en el tipo de los cruces que debe realizar la tubería por los esteros presentes en la zona.

Como condiciones generales se tiene:

- Cambio de las bombas en la estación de bombeo.
- Cambio del sistema SCADA.
- Cambio del sistema de seguridad.
- El trazado de la línea de impulsión se lo realiza teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
  - 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. Con este propósito se plantea el trazado de la línea por el tercio interno de la vereda
  - Evitar la afectación a la vía existente, interrupciones de tráfico, reposición de pavimento etc.
  - Limitar la profundidad de excavación de zanja.

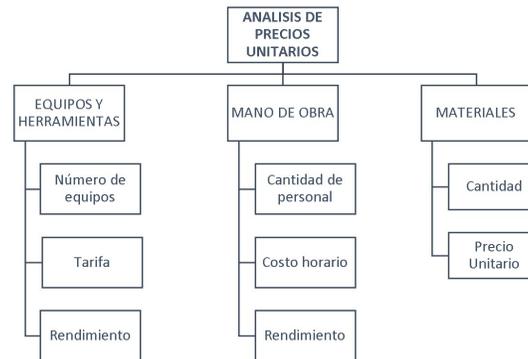
En la solución propuesta para el proyecto se cambian las bombas con otras de mayor capacidad de bombeo, manteniendo el volumen existente del cárcamo húmedo. Para la línea de impulsión, se realiza el cambio total de la tubería a lo largo de su trazado, se la ubica paralela a la tubería antigua a lo largo de toda la línea de impulsión y se analizan los pasos sobre los esteros, utilizando parcialmente los apoyos en los tabiques de los ductos cajón.

Se debe tener en cuenta que el costo de construcción calculado, es un costo a nivel de diseño definitivo para el Proyecto *“Diseños de Repotenciación Integral de la Estación de Bombeo de Aguas Servidas Cerro Colorado”*.

Las Especificaciones Técnicas se presentan en el Anexo No. 8.1 del Volumen 8: *“Especificaciones Técnicas, Análisis de Costos y Presupuesto Referencial”*, que forma parte de este Informe Principal.

### **9.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Para la estimación de los costos se utiliza la metodología de análisis de precios unitarios. En la siguiente figura se desglosa los componentes para la elaboración de este análisis



**Figura 32. Componentes para el análisis de precios unitarios.**

### 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 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. El costo horario considerado incluye 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.

## **9.3. PRESUPUESTO**

El costo generado para la solución planteada en la Repotenciación de la EB Cerro Colorado y en la LI desde la Estación de Bombeo hasta la PTAR Los Merinos; tiene un valor total de \$ **9.404.726,80** (nueve millones cuatrocientos cuatro mil setecientos veintiséis 80/100).

## **10. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRAS**

El Cronograma estimado de Obra se evalúa, en primer lugar, en base a las cantidades de obra evaluadas tanto para la repotenciación de la EB Cerro Colorado como para la Línea de Impulsión desde la EB hasta la PTAR Los Merinos. En segundo lugar, se toma en consideración la metodología y la secuencia de construcción descritas tanto en el Anexo No. 9: *Metodologías Constructivas y Programación de Obra* como en el Anexo No. 05: *Memoria de Cálculo de Diseño Arquitectónico y Estructural*.

Se ha estimado una duración mínima de la obra en 540 días calendario

COMPONENTE		Tiempo de ejecución																		
No.	DESCRIPCIÓN	meses	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18
A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA BOMBEO	7																		
B	CÁMARAS PARA LA ESTACION DE BOMBEO	7																		
C	LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUAS SERVIDAS	10																		
D	RECONEXIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	3																		
E	PASO DE ESTEROS	3																		
F	SISTEMA ELÉCTRICO	10																		
G	CONTROL DE OLORES	2																		
H	SCADA Y COMUNICACIONES	5																		
I	SISTEMA DE SEGURIDAD	3																		
J	PLANDS AS BUILT	2																		
K	INSPECCIONES	5																		
L	RUBROS AMBIENTALES DEL PROYECTO	18																		
<b>MONTO TOTAL</b>			<b>\$ 11.345.426,45</b>																	

Figura 33. Cronograma estimado de obra

## 11. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA

En el Anexo No. 10: “Análisis Económico Financiero” del Informe Principal se detalla la metodología utilizada, los criterios e hipótesis asumidas y los resultados obtenidos, los mismos que se resumen en este numeral.

### 11.1. EVALUACION ECONOMICA

El cuadro a continuación presenta resume los indicadores de rentabilidad económicos para el proyecto.

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD ECONOMICA</b>	
<i>TIR CASO BASE ANUAL</i>	<i>62,32%</i>
<i>TIR CASO BASE INTERES COMPUESTO</i>	<i>86,49%</i>
<i>RELACION BENEFICIO/COSTO</i>	<i>4,13</i>
<i>VALOR PRESENTE NETO</i>	<i>41.289.118</i>
<i>PERIODO DE RECUPERACION DEL CAPITAL</i>	<i>2</i>

Elaboración: Ingeconsult Cía. Ltda.

### 11.2. EVALUACION FINANCIERA

Para la ejecución del proyecto, si se considera realizarlo mediante crédito de la banca pública, las condiciones propuestas corresponden un período de plazo para amortizar el capital, 10 años; dos años de gracia y, una tasa de interés del 8% anual. La demanda de financiamiento equivale al 80% del valor de la inversión. La demanda de financiamiento asciende a USD 11,3 millones de dólares, el valor de los intereses devengados alcanza a USD 6,95 millones de dólares.

Los resultados de la evaluación financiera muestran que el proyecto es rentable, la tasa interna de retorno para el proyecto sin financiamiento equivale al 9,22%, ésta puede asimilarse a los resultados para el caso de que la empresa ejecuta las inversiones con recursos propios; en tanto que si se financia la tasa de retorno equivale a 12,82%, asociado a este último con un valor presente neto de USD 3,8 millones de dólares estadounidenses. La relación beneficio/costo para el inversionista alcanza a 1,33.

De acuerdo con los resultados, el proyecto es financieramente rentable, en la condición más básica, el proyecto se encuentra apalancado, esto puede comprobarse al comparar la tasa de retorno del proyecto puro y la tasa de retorno con financiamiento.

Por lo tanto, una vez que los estudios definitivos demuestran que el proyecto es rentable financieramente, es preciso continuar con la ejecución de los trabajos propuestos en este esquema de inversión.

## 12. CONCLUSIONES

En el Informe Principal se presentan los cálculos a nivel de diseño definitivo para la determinación de las obras y equipamiento requeridos en el proyecto “Ampliación y Repotenciación Integral de la EB de AA SS Cerro Colorado”.

Se determina el diámetro óptimo para la línea de impulsión, sobre la base de los resultados de un problema de costos relativos al diámetro de la tubería, y potencia del sistema. El costo total, en valor presente, demuestra que el diámetro óptimo económico para la línea de impulsión debe ser cercano a 1200 mm (1108 mm de diámetro interno en el caso de la tubería de PE-100 RC monocapa).

En consideración de las condiciones específicas del proyecto, tales como; ambiente y suelo corrosivos en la zona de instalación; así como una TDH relativamente pequeña (igual a 26 mca) en el sistema, el espesor de diseño para la tubería se determina por el espesor mínimo de manejo. En consecuencia, un material con menor resistencia a presiones internas y/o externas, pero con mayores beneficios hidráulicos (menores pérdidas, mayor elasticidad para prevenir los efectos del golpe de ariete), ofrece la mejor alternativa para el sistema bajo análisis.

Se recomienda entonces, el material PE-100 RC monocapa para la tubería de la línea de impulsión. Dicho material presenta entre otras las siguientes características / ventajas: es liviano, de fácil instalación, es muy flexible para instalar con el material de excavación, tiene una vida útil superior a los 100 años, fácil transporte, resistentes a la corrosión provocada por suelos muy agresivos, hidráulicamente lisa. (Sin embargo, por obvias razones técnicas, los tramos de las tuberías de las instalaciones de succión y descarga de las bombas centrífugas, hasta su conexión con la tubería de la línea de impulsión, serán de acero).

Para la EB Cerro Colorado se plantea utilizar el pozo húmedo actualmente existente, sin modificar su capacidad, ni generar cambios o modificaciones importantes en la estructura principal de la estación de bombeo, que no sean los adicionales a la infraestructura para el nuevo equipamiento mecánico y eléctrico. Se prevé el cambio de las bombas y sus equipos complementarios con otras de mayor capacidad.

En el desarrollo de la línea de impulsión se utiliza la infraestructura existente de los pasos elevados. No requiere mayor obra civil que el reforzar / cambiar los anclajes de los soportes de la tubería al puente.

Como conclusión final, se recomienda ampliar el equipamiento de la Estación de Bombeo existente con una línea de impulsión que sea anclada a las estructuras de los ductos cajón en los cruces de los esteros.

En el numeral 13.1: FICHA TECNICA del presente Informe Ejecutivo se muestran las principales características del proyecto.

Los indicadores económicos y financieros, también indicados en dicha Ficha Técnica, son totalmente favorables para formular la recomendación de que la alternativa seleccionada debe continuar en la siguiente fase de diseño definitivo.

**12.1. FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO**

<b>FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO</b>	
<b>A. IDENTIFICACIÓN</b>	
A.1	<p><b>PROYECTO:</b></p> <p><b>AMPLIACIÓN Y REPOTENCIACIÓN INTEGRAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS SERVIDAS CERRO COLORADO Y DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN HASTA LA PTAR LOS MERINOS</b></p>
A.2	<p><b>UBICACIÓN:</b></p> <p>Se localiza en el nor-oriente de la ciudad de Guayaquil, y se extiende entre el sector de la EB “Mucho Lote II” hasta la PTAR “los Merinos”, entre las coordenadas geográficas 622760.00 m E, 9769810.00 m S' y 624265.00 m E y 9765794.00 m S. Jurisdiccionalmente, el proyecto se ubica en la ciudad de Guayaquil.</p>
<b>B. DESCRIPCIÓN</b>	
B.1	<p><b>OBJETO DEL PROYECTO:</b></p> <p>La repotenciación de la Estación de Bombeo (EB) de Mucho Lote – Cerro Colorado, permitirá conducir el caudal actual y futuro que se prevé debido al incremento en el área a servir con alcantarillado sanitario, conforme a la planificación de Interagua, hacia la PTAR los Merinos para su correcto tratamiento y posterior disposición.</p>
B.2	<p><b>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:</b></p> <p>Dentro de su Plan de Inversiones, en los años 2016 - 2017, INTERAGUA llevó a cabo la Consultoría “Estudio de Factibilidad para la Definición del Esquema de Integración de las Cuencas Norte, Orquídeas y Mucho Lote al Área de Servicio de la PTAR Merinos”. Este estudio define un esquema de planificación de lo que se denominó la Cuenca Norte de alcantarillado, el mismo que considera la implementación de estaciones de bombeo y líneas de impulsión que conectan las áreas sin servicio de alcantarillado sanitario a la Estación de Bombeo (EB) de Mucho Lote – Cerro Colorado. Esta EB requiere una repotenciación integral, para que a su vez pueda ser conectada con la PTAR Merinos.</p>
B.3	<p><b>ALCANCE DEL PROYECTO:</b></p> <p>El proyecto abarca el diseño de repotenciación de la actual Estación de Bombeo, con todos sus componentes, equipos de bombeo, sistema de control de olores, cámara húmeda, cámara seca, válvulas y demás dispositivos necesarios para su correcto funcionamiento; y el diseño de la línea de impulsión, con todos sus componentes, que conduce las aguas servidas hasta la PTAR “Los Merinos”. La línea de impulsión tiene una longitud de 5,3 km, de los cuales 4,2 km (79%) se emplazan en la inmediaciones del parque “Samanes”, y el resto 1.1 km (21%) atraviesa zona urbana consolidada.</p>
B.4	<p><b>OBRAS ESPECIALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cruce aéreo ducto cajón Vergeles (L=35.37 m)</li> <li>· Cruce aéreo ducto cajón Vergeles Chico (L=5.85 m)</li> </ul>

	·	Cruce aéreo ducto cajón Carolina (L=26.94 m)	
	·	Cruce aéreo ducto cajón Guayacanes (L=32.39 m)	
B.5	<b>PARÁMETROS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Tipo de estación	Aguas servidas	-
	Cota del eje de las bombas	0.00	m.s.n.m.
	Número de bombas en operación paralela	2	-
	Número de bombas en stand by	1	-
	Altura de succión	0	m.s.n.m.
	Altura de impulsión	12,7	m.s.n.m.
	Caudal colector Av. Narcisca de Jesús	400	l/s
	Caudal estación de bombeo EB2	1.170	l/s
	Caudal de diseño de la EB Cerro Colorado	1.570	l/s
	Caudal por bomba	785	l/s
	B.6	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE CADA BOMBA CENTRÍFUGA</b>	
<b>PARÁMETRO</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Tipo de bomba		Sumergible centrífuga eje vertical	-
Tipo de fluido		Aguas residuales	-
Tipo de instalación		Pozo seco	-
Altura neta		25,80	m
Caudal de diseño		785,00	l/s
Velocidad de rotación		890,00	rpm
Potencia mecánica nominal (rated)		300,00	kW
NPSHa disponible nominal		8,15	m
NPSHr requerido nominal		7,00	m
Caudal máximo		800,00	l/s
Caudal mínimo	400,00	l/s	
B.7	<b>CARACTERÍSTICAS MOTOR ELÉCTRICO DE LAS BOMBAS</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Potencia nominal	184	kW

	Velocidad nominal	890	RPM
	Número de polos	10	-
	Número de fases	Trifásico	-
	Voltaje nominal	460	V
	Corriente nominal	460	A
	Arranques por hora máximo	8	-
	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN</b>		
	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
	Material	PE-100 RC monocapa (Polietileno con Alta Resistencia a las Fisuras)	
	Longitud	5.352	m
	Diámetro exterior (diámetro interior)	1.200 (1.108)	mm
B.8	Clase Tubería	6.3	PN
	Tipo de unión	Fusión a tope o Electrofusión	-
	Cruces Aéreos	4	-
	Caudal de diseño de la tubería	1.570	l/s
	Pérdidas por fricción	10.1	m
	Pérdidas Totales	15.8	m
	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES SISTEMA ELECTRICO</b>		
	Carga instalada (kW)	715,21	kW
	Factor de demanda	0,75	
B.9	Demanda máxima (kW)	536,41	kW
	Factor de potencia	0,94	-
	Demanda máxima (kVA)	900	kVA
	Corriente máxima	954,94	Amp
	Disyuntor	800 /1000-3P	-
	<b>PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL TRANSFORMADOR</b>		
	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
B.10	Tipo	Pad Mounted radial	-
	Potencia	900	KVA
	Tipo de enfriamiento	Natural	-
	Numero de fases	3	-
	Frecuencia	60	Hz

	Voltaje primario	13,2-13,8KV	kV
	Voltaje secundario	460V	V
	Conexión primaria	Delta	-
	Conexión secundaria	Estrella con bushing de neutro	-
	Cambiador de derivación	Manual	-
	Zona de regulación	+/- 2x2,5%	
	Bobinas	Cobre	-
	Tipo de aceite dieléctrico	Vegetal tipo FR3	-
<b>C.</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		
	USD \$ 9.404.726,80		
<b>D.</b>	<b>INDICADORES ECONÓMICO – FINANCIEROS</b>		
	<i>Indicadores Económicos</i>		
D.1	Valor Actual Neto (VANE, al 12%)	US \$	41.289.118
	Tasa Interna de Retorno (TIRE), caso base anual	%	62,32
	Relación Beneficio / Costo (económico)	(-)	4.13
	Período de recuperación de capital	años	2
	Viabilidad económica	(-)	Es rentable
	<i>Indicadores Financieros</i>		
D.2	Valor Anual Proyecto Base (VANF, con financiamiento)	US \$	3.893.680
	Tasa Interna de Retorno (TIRF) Proyecto Base, con financiamiento	%	12,82
	Relación Beneficio / Costo (para el inversionista)	(-)	1.33
	Rentabilidad financiera	(-)	Es rentable

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. *“Estudios de la Fase I: Factibilidad de la Ampliación y Repotenciación Integral de la Estación de Aguas Servidas Cerro Colorado”*, 19 de abril de 2018, INGECONSULT Cía. Ltda.
- [2]. *Estudios de Factibilidad para la Definición del Esquema de Integración de las Cuencas Norte, Orquídeas y Mucho Lote al Área de Servicio de la PTAR Merinos*, Informe IT No. 2, Versión 3 de Mayo del 2017, GRUCONSA S.A. para EMAPAG-EP e INTERAGUA,
- [3]. *Estudio de Factibilidad para la Definición del Esquema de Integración de las Cuencas Norte, Orquídeas y Mucho Lote al Área de Servicio de la PTAR Merinos*, IT No. 3, Informe de Factibilidad, EMAPAG EP – INTERAGUA, GRUCONSA S.A., Abril 2017.
- [4]. *Pumping Station Design*, Sanks, R.L. Editor. Butterworth Publishers, 1989. ISBN 0-409-90124-5
- [5]. *Swirling Flow Problems at Intakes*, Knauss, J. Editor. Hydraulic Structures Design Manual, Nr. 1, IAHR-AIRH, A.A. Balkema/ Rotterdam, 1987. ISBN 90-6191-643-7