

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGÍA



**“SISTEMA DE BOMBEO DEL PAD DE LIXIVIACION FASE IV –
MINERA CUAJONE – SOUTHERN PERU”**

AUTOR: Bach. GUTIÉRREZ ORTIZ CARLOS KING

ASESOR: MSc. AMANCIO ROJAS FLORES

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

Nuevo Chimbote – Perú
2019



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de suficiencia profesional ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la Universidad Nacional del Santa (R: D: N° 492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**Título: “SISTEMA DE BOMBEO DEL PAD DE LIXIVIACION FASE VI –
MINERA CUAJONE – SOUTHERN PERU”**

AUTOR:

Bachiller GUTIÉRREZ ORTIZ, Carlos King

MSc. Amancio Rojas Flores

ASESOR



Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

A los veintidós días del mes de agosto del año dos mil diecinueve, siendo las diez horas de la mañana, se instaló en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N°341-2019-UNS-CFI, integrado por los siguientes docentes:

- | | |
|---------------------------------------|---------------|
| ➤ Mg. HECTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS | : PRESIDENTE |
| ➤ Mg. JOEL HERRADDA VILLANUEVA | : SECRETARIO |
| ➤ MG. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES | : INTEGRANTE |
| ➤ ING. NEIL ANTHONY VELASQUEZ DIAZ | : ACCESITARIO |

Para dar inicio a la sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulada: "SISTEMA DE BOMBEO DEL PAD DE LIXIVIACIÓN - FASE IV - MINERA CUAJONE - SOUTHERN PERÚ", elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: GUTIERREZ ORTIZ CARLOS KING con código de matrícula 200311009, teniendo como asesor al docente Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES, designado mediante Resolución Decanal N° 173-2018-UNS-FI.

Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
GUTIERREZ ORTIZ CARLOS KING	diciendo (18)	Muy Bueno

Siendo las once horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Héctor D. Benites Villegas
PRESIDENTE

Mg. Joel Herradra Villanueva
SECRETARIO

Mg. Amancio R. Rojas Flores
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme alcanzar este logro, por darme una oportunidad cada día, para lograr los objetivos importantes de mi vida profesional y personal. Y dando las gracias por dichas oportunidades.

A mi Madre

Por su apoyo incondicional y la motivación constante en el día a día. Por su entero sacrificio y abnegación dando todo de sí, para ser un profesional de bien, con principios y valores.

AGRADECIMIENTO

*Expreso mi agradecimiento, a mi querida “Alma Mater”, Universidad Nacional del Santa y en especial a la Escuela Académico Profesional de **Ingeniería en Energía**, por haberme formado como profesional, para lograr objetivos específicos y al mismo tiempo abrir las puertas a un futuro mejor.*

A los docentes, quienes me dieron su apoyo y enseñanzas durante mi formación académica y profesional, los cuales fortalecieron y reafirmaron mi vocación a la ingeniería.

*A mi asesor, **MSc. Amancio Rojas Flores**, por su apoyo desinteresado e incondicional en todo momento, el cual fue fundamental para el inicio, desarrollo y culminación del presente trabajo de suficiencia.*

*A la empresa **Green Engineering Field SAC** por su colaboración y cesión de derechos, para la ejecución del presente trabajo de suficiencia profesional. Un especial agradecimiento al **PH.D Arturo Sáenz Arteaga / MSc. Víctor Hernández Sandoval**, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, en el que, durante ese periodo, me brindaron sus conocimientos y experiencias, complementando mi formación académica-profesional.*

A todas las personas que en forma indirectas me apoyaron en la elaboración del presente trabajo de suficiencia de manera desinteresada.

ÍNDICE

Hoja de conformidad del asesor
Acta de sustentación de trabajo de suficiencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Índice
Terminología
Resumen

I.- PAD DE LIXIVIACION – SISTEMA DE BOMBEO	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Ubicación	2
1.3. Condiciones del Sitio	3
1.4. Pad de Lixiviación	3
1.4.1. Chancado y Aglomeración	4
1.4.2. Pila de Lixiviación	5
1.4.3. Poza PLS y Tanque ILS	7
1.5. Sistema de Bombeo	9
1.5.1. Sistema de bombeo de agua fresca	9
1.5.2. Sistema de bombeo de ILS y PLS	11
1.5.3. Sistema de bombeo de ácido sulfúrico	13
II.- CONTEXTUALIZACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	14
2.1. Introducción	15
2.2. Descripción de la Empresa	15
2.2.1. Razón Social	15
2.2.2. Localización	15
2.2.3. Reseña Histórica	16
2.3. Organización de la Empresa	16
2.3.1. Misión de la Empresa	16
2.3.2. Visión de la Empresa	16
2.3.3. Valores de la Empresa	16
2.3.4. Política de la Empresa	17
2.4. Área Cargo y Funciones Desempeñadas	17

2.4.1. Área - Cargo	17
2.4.2. Funciones Desempeñadas	18
III.- IMPORTANCIA PARA EL EJERCICIO DE LA CARRERA PROFESIONAL	19
3.1. Introducción	20
3.2. Campos de Acción	20
3.3. Aplicaciones	21
IV.- OBJETIVOS PLANTEADOS Y LOGRADOS	22
4.1. Objetivo General	23
4.2. Objetivos Específicos	23
V.- SUSTENTO TEORICO DEL TEMA ABORDADO	24
5.1. Sistema de Bombeo	25
5.1.1. Elementos del Sistema de Bombeo	25
5.1.2. Capacidad del Sistema de Bombeo	25
5.2. Estudio Energético de un Sistema de Bombeo	26
5.2.1. Número de Reynolds	27
5.2.2. Rugosidad	27
5.2.3. Diagrama de Moody	29
5.2.4. Perdidas Primarias	31
5.2.5. Perdidas Secundarias	31
5.2.6. Ecuación General de la Energía	33
5.3. Curvas Características de un Sistema de Bombeo	34
5.3.1. Curva de un Sistema de Bombeo en Serie	35
5.3.2. Curva de un Sistema de Bobeo en Paralelo	36
5.4. Punto de Operación de un Sistema de Bombeo	36
5.4.1. Caudal Constante	37
5.4.2. Caudal Variable	37
5.5. Modulo y Caudal de Riego	38
5.5.1. Módulo de Riego	38
5.5.2. Caudal de Riego	38
5.5.3. Evotranspiración	39
5.5.4. Dotación	39
5.6. Bomba Hidráulicas	40
5.6.1. Aplicaciones	40
5.6.2. Clasificación de Bombas	40
5.7. Cavitación	42
5.8. Selección de Bombas	43
5.9. Software AFT Fathom 7.0	45

VI.- ORGANIZACIÓN Y SISTEMATIZACION DE LAS EXPERIENCIAS LOGRADAS	47
6.1. Área o Gerencia de Ingeniera de Proyectos	48
6.2. Área o Gerencia de Supervision de Proyectos	48
VII.- UBICACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS EN EL MARCO DEL SUSTENTO TEORICO	50
7.1. Metodología	51
7.2. Descripción del Sistema de Bombeo	51
7.2.1. Bombas	51
7.2.2. Motores	54
7.2.3. Tanque y Cajón de Recolección	55
7.2.4. Tuberías y Accesorios	56
7.2.5. Caudales	58
7.3. Evaluación Económica del Sistema de Bombeo	58
7.3.1. Costo de Energía Eléctrica	58
7.3.2. Costo de Personal	59
7.3.3. Costo de Mantenimiento	59
7.3.4. Costo de Operación	59
VIII.- APORTES LOGRADOS PARA EL DESARROLLO DEL CENTRO LABORAL	60
IX.- APORTES PARA LA FORMACION PROFESIONAL	62
X.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
10.1. Conclusiones	65
10.2. Recomendaciones	67
XI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
XII.- ANEXOS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de la unidad minera Cuajone (SPCC).	03
Figura 1.2. Diagrama General de un Proceso de Lixiviación.	04
Figura 1.3. Pad de Lixiviación Fase IV.	06
Figura 1.4. Poza de PLS y Tanque de ILS.	08
Figura 1.5. Modelo de Simulación – Agua Fresca.	10
Figura 1.6. Modelo de Simulación – ILS/PLS.	12
Figura 1.7. Modelo de Simulación – Ácido.	13
Figura 2.1. Ubicación de la Empresa.	15
Figura 5.1. Rugosidad en Tuberías.	28
Figura 5.2. Diagrama de Moody.	30
Figura 5.3. Ecuación General de la Energía.	33
Figura 5.4. Curvas Características Sistema de Bombeo.	35
Figura 5.5. Sistema de Bombeo en Serie.	35
Figura 5.6. Sistema de Bombeo en Paralelo.	36
Figura 5.7. Grafica de Punto de Operación para Q Constante.	37
Figura 5.8. Grafica de Punto de Operación para Q Variable.	38
Figura 5.9. Bombas volumétricas de desplazamiento positivo y roto estáticas.	41
Figura 5.10. Bombas centrifuga tipo voluta de flujo radial.	42
Figura 6.1. Mapa de proceso de ingeniería.	48
Figura 6.2. Mapa de proceso de supervisión.	49
Figura 7.1. Estaciones de bombeo Pad de Lixiviación.	52
Figura 7.2. Bomba de Eje Libre.	53
Figura 7.3. Bomba Monobloque.	53
Figura 7.4. Cajón de colección o distribución PLS/ILS.	56
Figura 7.5. Codificación de tuberías o líneas de proceso.	56

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.1 Condiciones de Sitio	03
Tabla N° 5.1 Valores de Diseño de Rugosidad de Tubos	28
Tabla N° 5.2 Factor de Fricción en la Zona de Tubería	29
Tabla N° 5.3 Resistencia de Válvulas y Acoplamientos	32
Tabla N° 7.1 Especificación técnica del motor – Estación de agua fresca	54
Tabla N° 7.2 Especificación técnica del motor – Estación de ácido	54
Tabla N° 7.3 Especificación técnica del motor – Estación de ILS	55
Tabla N° 7.4 Especificación técnica tanque diario de ácido sulfúrico	55
Tabla N° 7.5 Especificación técnica clase de tubería	57
Tabla N° 7.6 Especificación técnica material de tubería	57
Tabla N° 7.7 Especificación técnica servicios de tubería	57
Tabla N° 9.1 Aportes para la formación profesional	63

LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 1 Lista de Entregables – Pad de Lixiviación Cuajone
Anexo N° 2 Memoria de Calculo Bomba de Agua Fresca
Anexo N° 3 Memoria de Calculo Bomba ILS
Anexo N° 4 Memoria de Calculo Bomba de ácido
Anexo N° 5 Criterio de Diseño Mecánico
Anexo N° 6 Criterio de Diseño de Tuberías
Anexo N° 7 Especificación técnica de Bombas
Anexo N° 8 Especificación técnica de Válvulas
Anexo N° 9 Especificación técnica de Tuberías
Anexo N° 10 Hoja de datos Bomba de Agua
Anexo N° 11 Hoja de datos Bomba de Ácido Sulfúrico
Anexo N° 12 Hoja de datos Bomba de ILS
Anexo N° 13 Presupuesto CAPEX
Anexo N° 14 Planos

TERMINOLOGIA

Caracteres Latinos

<i>g</i>	Aceleración de la gravedad.
<i>h</i>	Diámetro de la cámara de mistura, entalpia.
<i>L</i>	Longitud.
<i>m</i>	Masa.
<i>Q</i>	Flujo de calor.
<i>t</i>	Tiempo.
<i>u</i>	Velocidad.
<i>v</i>	Viscosidad cinemática.
ΔU	Velocidad del aire.

Caracteres Griegos

λ	Coeficiente de Fricción.
ρ	Diámetro de la cámara de mistura, entalpia.
θ	Longitud.
τ	Masa.

Abreviaturas

PAD	Pilas de aglomeramiento.
PLS	Pregnant leaching solution (Solución de lixiviación enriquecida).
ILS	Intermediate leaching solution (Solución de lixiviación intermedia).
AFT	Applied flow technology
TDH	Altura dinámica total
MOPA	Presión de operación máxima admisible
BEP	Punto de máxima eficiencia
SPCC	Southern Peru Cooper Corporation
PFD	Process flow diagram
P&ID	Pipe and instruments diagram

Términos

Lixiviación: Proceso hidrometalúrgico el cual se provoca la disolución de un elemento desde el mineral que lo contiene, mediante una solución acuosa (solvente).

Gradiente Hidráulico: Magnitud vectorial determinada por el incremento de potencial del agua por unidad de distancia.

AFT Fathom / Impulse: Software computarizado o programa de análisis general de distribución de flujos a lo largo de redes hidráulicas y líneas de fluidos incomprensibles.

Sri: Ramales de distribución de tuberías para el sistema de riego por aspersión.

Capex: "Capital expense" Costos de capital o costo de desarrollo y/o suministro de componentes no consumibles para el producto, negocio o sistema.

Opex "Operating expense" Costos de operación o funcionamiento de un producto, negocio o sistema.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia consistió en el diseño del Sistema de Bombeo del Pad de Lixiviación Fase IV, en la unidad minera Cuajone, la cual forma parte del proyecto adjudicado al consorcio Anddes-GreengField en su etapa de ingeniería de detalle, encargada por la compañía Southern Perú.

Este trabajo permite conocer la selección de equipos, materiales y componentes, para la implementación del sistema de bombeo, de un pad de lixiviación de óxidos de cobre, así como sus costos de inversión (CAPEX) y operación (OPEX).

En el desarrollo de la metodología se empleó softwares computacionales entre ellos se tiene AFT Fathom 7.0, Mathcad 14.0 y Spreadsheet 3.0, como también el análisis de régimen transitorio, donde se empleó el AFT Impulse 4.0.

De lo aplicado en la metodología y análisis correspondiente se obtuvieron los siguientes resultados y requerimientos; para el sistema de bombeo de agua, se utilizará una bomba centrífuga horizontal, de un caudal 153 m³/h, con TDH 164 m y una potencia 150 Hp, para el sistema de bombeo de ILS, se empleará una bomba centrífuga horizontal, de un caudal 41.2 m³/h, con TDH 100 m y una potencia 50 Hp, para el sistema de bombeo de ácido, se implementará una bomba de engranajes, de un caudal 2,3 m³/h, con TDH 60 m y una potencia de 3 Hp, para el sistema de bombeo de recirculación ILS, se elegirá una bomba centrífuga horizontal, de un caudal de 10.0 m³/h, una altura dinámica TDH 26 m y una potencia de 3 Hp, para el sistema de bombeo de colección PLS, se seleccionará una bomba vertical, de un caudal de 21.0 m³/h, una altura dinámica de TDH 26 m y una potencia de motor eléctrico de 5 Hp.

Finalmente, el costo de inversión (CAPEX) asciende a U\$. 19'716,757.00 teniendo un costo para el sistema de bombeo U\$. 607,358.00 donde contemplan los equipos, materiales y construcción o mano de obra, mientras el costo de operación o gastos operacionales (OPEX) asciende a U\$. 5'098,472.00 teniendo un costo de materiales U\$. 856,596.00 realizando un análisis económico al proyecto en función de la

producción de mineral, se obtiene un indicador o ratio de 0.108 U\$/Tmineral por gasto de materiales.

PRESENTACION DEL TRABAJO

En el presente trabajo ha sido desarrollado a partir de la ingeniería de detalle adjudicado al consorcio Anddes-GreengField, donde se detallan los estudios y análisis necesarios para poder implementar el sistema de bombeo de una pad de lixiviación de óxidos de cobre, inicialmente se analizará el diagrama de flujo de procesos otorgado por el cliente (SPCC), para posteriormente determinar los requerimientos y parámetros de diseño respectivos. Además, se analizará las condiciones del flujo en estado estable y transitorio, donde se utilizará las herramientas virtuales o software computarizados (AFT Fathom 7.0 / AFT Impulse 2.0) para el desarrollo del dimensionamiento de cada uno de los sistemas de bombeo que conforman el proyecto en mención.

La implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV – CUAJONE”, excluyendo las demás disciplinas (civil-geotecnia-eléctrica-instrumentación) y enfocándonos sola a la disciplina mecánica; requiere el diseño de un nuevo sistema de riego del Pad, con solución ácida (agua fresca + ácido sulfúrico), y sus demás sistemas de bombeo que lo conforman, entre los cuales están: el sistema de bombeo de ILS, sistema de recirculación ILS y sistema de colección de PLS.

La selección de los equipos, materiales y accesorios adecuados, para implementar el sistema de bombeo del pad de lixiviación, se realizarán en función a los criterios de diseños desarrollados, especificaciones técnicas, hoja de datos de equipos y memoria de cálculo. Esto facilita determinar las características técnicas de las bombas, tanque de almacenamiento, cajón distribuidor, mixer y entre otros equipos que conforman el sistema de bombeo del proyecto.

En la parte final del trabajo se resume el costo de inversión de capital (CAPEX), para cada sistema de bombeo, como también los gastos y costos operacionales (OPEX) específicos de la disciplina mecánica. Así mismo se detallan los resultados, conclusiones y recomendaciones del proyecto ejecutado.

CAPITULO I

PAD DE LIXIVIACION – SISTEMA DE BOMBEO

1.1. ANTECEDENTES

Southern Perú (SPCC) opera una planta de lixiviación de óxidos en Cuajone desde octubre 1995, con una producción de diseño de 13.6 tpd de Cu fino con una ley promedio de mineral de 1%. El cobre es recuperado por lixiviación en pilas a partir de óxidos en la mina de Cuajone. La planta existente consiste en:

- Una línea de chancado para reducir el mineral a menos 12 mm y un tambor aglomerador.
- El pad de lixiviación fase III permanente cuya capacidad está limitada hasta fines del año 2014.
- Un sistema de bombeo y tuberías para riego, tubería para conducción por gravedad de la solución PLS de Cuajone a Cimarrona y sistema de bombeo para transferir PLS de Cimarrona a Toquepala.

SPCC actualmente está desarrollando el proyecto Pad de Lixiviación Cuajone Fase IV, el cual comprende la construcción de un nuevo Pad con capacidad para procesar 6 millones de toneladas de material lixiviable con la finalidad de mantener la operación actual del proceso en la unidad operativa de Cuajone.

1.2. UBICACION

La zona del Proyecto está ubicada en el Departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata que está a 3500 m.s.n.m. a 240 Km al Nor-Este de la ciudad de Tacna, específicamente se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone, al lado este de la planta concentradora.



Figura 1 Ubicación de la unidad minera Cuajone - SPCC. (Área de ingeniería GreengField)

1.3. CONDICIONES DE SITIO

Las condiciones de sitio del proyecto se detallan a continuación:

Tabla 1.1

Condiciones de Sitio

Datos de Planta		
Ubicación		Cuajone, Perú
Elevación	msnm	3475
Zona Sísmica	UBC	4
Clima		
Temperatura del Aire	°C	-2.0 a 26.0
Humedad Relativa.	%	44
Velocidad del Aire máxima	Km/h	27
Precipitación Anual Promedio	Mm	127

Adaptado de: Área de ingeniería GreengField

1.4. PAD DE LIXIVIACION

El sistema actual de lixiviación está dirigido a las necesidades operativas para el incremento de producción lixiviación de 13 TMPD @ 18 TMPD, donde los criterios de diseño utilizados para tal propósito han sido implementados en los tres aspectos o componentes básicos del proceso de lixiviación que se detalla a continuación:

- Chancado y Aglomeración
- Pila de Lixiviación
- Poza de PLS, Tanque de ILS, y Sistema de Bombeo

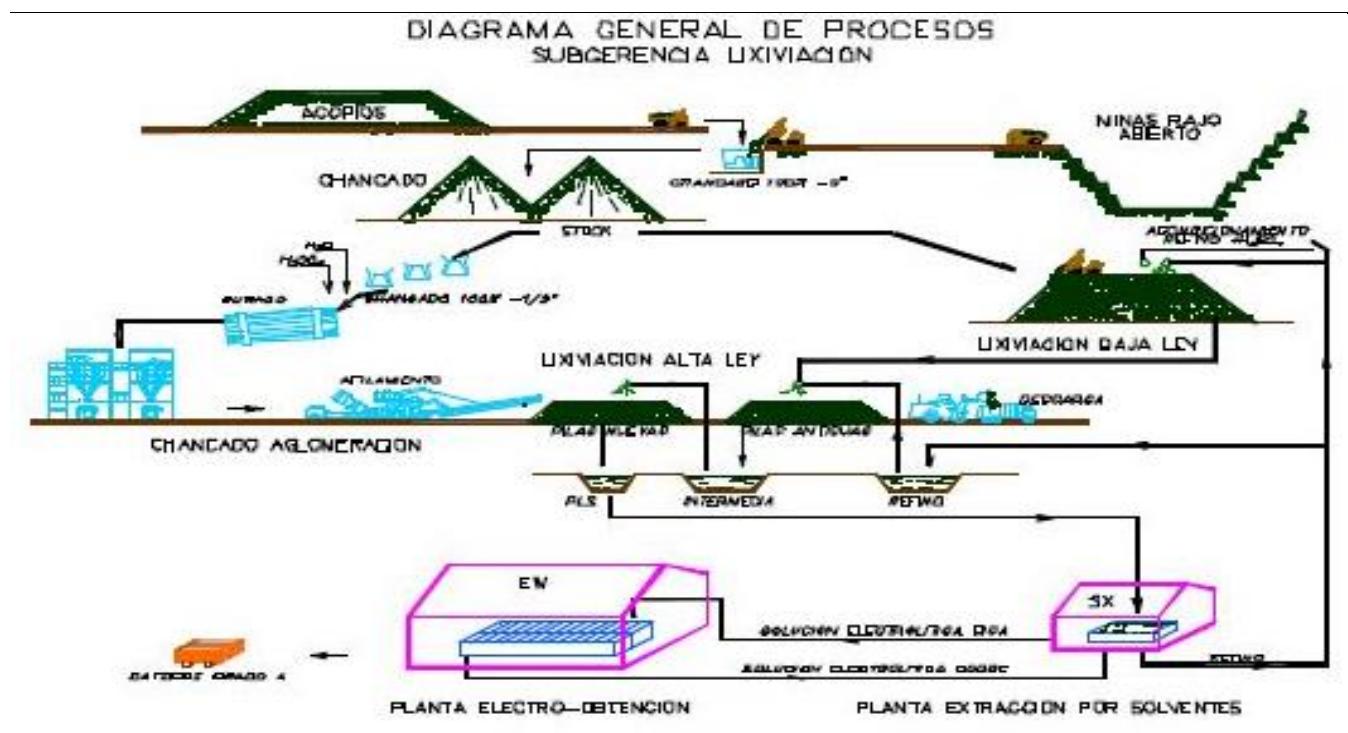


Figura 2 Diagrama General de un Proceso de Lixiviación. (Datos recabados por el autor)

1.4.1. CHANCADO Y AGLOMERACION

Actualmente el área de Chancado, está compuesta por chancadora primaria, chancadora secundaria, fajas transportadoras y zaranda vibratoria. La expansión del PAD de lixiviación, implica la definición de incremento de potencia al motor de la chancadora primaria. Cambio de la chancadora secundaria por una de mayor capacidad de acuerdo al nuevo requerimiento.

Revisión de las capacidades de fajas transportadoras al nuevo requerimiento. Cambio de la zaranda vibratoria al nuevo requerimiento de producción. Revisión de los sistemas eléctricos y de control de acuerdo al requerimiento de los nuevos equipos. Mejora del sistema colector de polvos para el área de chancado

El sistema de transporte de material aglomerado; comprende el estudio de alternativas de transporte por fajas vs. camiones para el aglomerado, a los PADs de lixiviación:

- a) Sistema faja/apilador
- b) Apilación en camiones
- c) Apilación en camiones en años 0, 2 y 4 (requerimiento de SPCC)
- d) Camión con distribuidor móvil

1.4.2. PILA DE LIXIVIACION

La expansión del PAD de lixiviación será llevada a cabo con un tipo de relleno en valle con pozas externas de PLS y de agua pluvial. El PAD estará localizado hacia el sur del PAD de lixiviación existente y tendrá una capacidad última de 10 millones de toneladas métricas. El espesor máximo de las capas intermedias será de 2 y llevarán revestimiento también cada 2 m de geomembrana de LDPE de 0.2 mm. La máxima altura de mineral en el apilamiento será de 65 m. Todos los taludes permanentes del apilamiento serán colocados en forma de banquetas de modo de alcanzar un talud global de 2.5 (horizontal) a 1 (vertical).

El sistema de revestimiento del PAD de lixiviación consistirá de un sistema de detección de fugas a lo largo del fondo del valle, el cual consistirá de una geonet localizada entre dos revestimientos de geomembrana, las cuales a su vez estarán sobre una capa de suelo de baja permeabilidad. El sistema de detección de fugas se extenderá 10 m aproximadamente hacia los flancos del valle y actuará como un drenaje que descargará hacia la poza de PLS.

Como parte del PAD de lixiviación, se construirá un terraplén de estabilidad hacia el extremo este, de modo de incrementar la estabilidad global del apilamiento durante un evento sísmico. El terraplén tendrá aproximadamente 15 m de altura con un talud aguas abajo de 1.75:1 (H:V) y un talud aguas arriba de 2.25:1 (H:V).

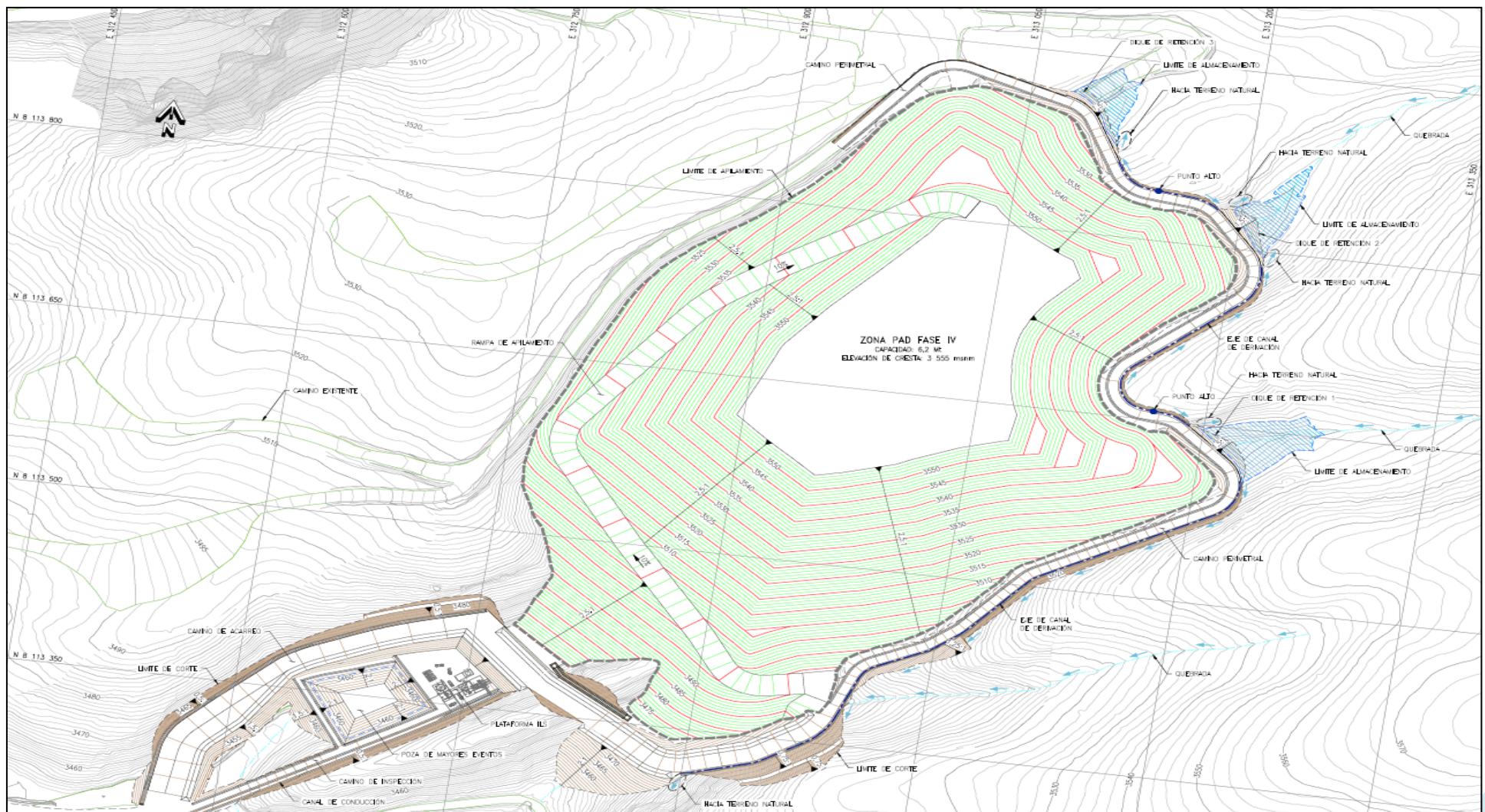


Figura 1.3 Pad de Lixiviación Fase IV. (Área de ingeniería GreengField)

1.4.3. POZA DE PLS Y TANQUE ILS

El sistema de colección penetra en el terraplén de estabilidad y se conecta con la caja de distribución de ILS/PLS ubicada hacia abajo del terraplén. Esta caja está compuesta por una serie de válvulas las cuales permitirán dirigir la solución proveniente del PAD ya sea hacia el tanque de ILS para recircularlo hacia el PAD de lixiviación o enviarlo a la poza de PLS para su proceso. El tanque de ILS será fabricado de HDPE y será resistente al ácido. Este tanque tendrá una entrada desde la caja de distribución y dos salidas: una tubería de rebose hacia la poza de PLS y una tubería de retorno conectada a un sistema de bombeo. El sistema de recirculación bombea la solución de ILS hacia el PAD de lixiviación.

Actualmente, SPCC tiene dos pozas operativas: una poza de PLS y una poza de aguas pluvial cuyas capacidades son insuficientes para almacenar los flujos provenientes del proyecto de expansión. Por lo tanto, se optó por la construcción de dos pozas que cruzan la quebrada. Las presas tienen una altura entre 8 a 10 m con un talud de la cara aguas abajo de 1.75:1 (H:V) y un talud de la cara aguas arriba 2.25:1 (H:V). La poza de PLS tendrá un sistema de revestimiento con doble geomembrana con una geonet entre dichos revestimientos y una capa de suelo de baja permeabilidad subyacente. El revestimiento secundario (geomembrana inferior) y la geonet actúan como un sistema de colección de fugas, el cual estará conectado a la tubería de detección de fugas que descarga en la poza de agua pluvial.

Las dos pozas propuestas tendrán aliviaderos. El aliviadero de la poza de PLS deberá ser revestido con geomembrana para permitir que la solución fluya entre las dos pozas, sin que sea descargada al medio ambiente. Por otro lado, el aliviadero de la poza de agua pluvial no tendrá geomembrana debido a que en esta estructura las descargas se producirán solo durante los eventos mayores al evento de 100 años y este flujo será descargado directamente en el valle aguas abajo y eventualmente en un canal de derivación localizado cerca del camino de acceso.

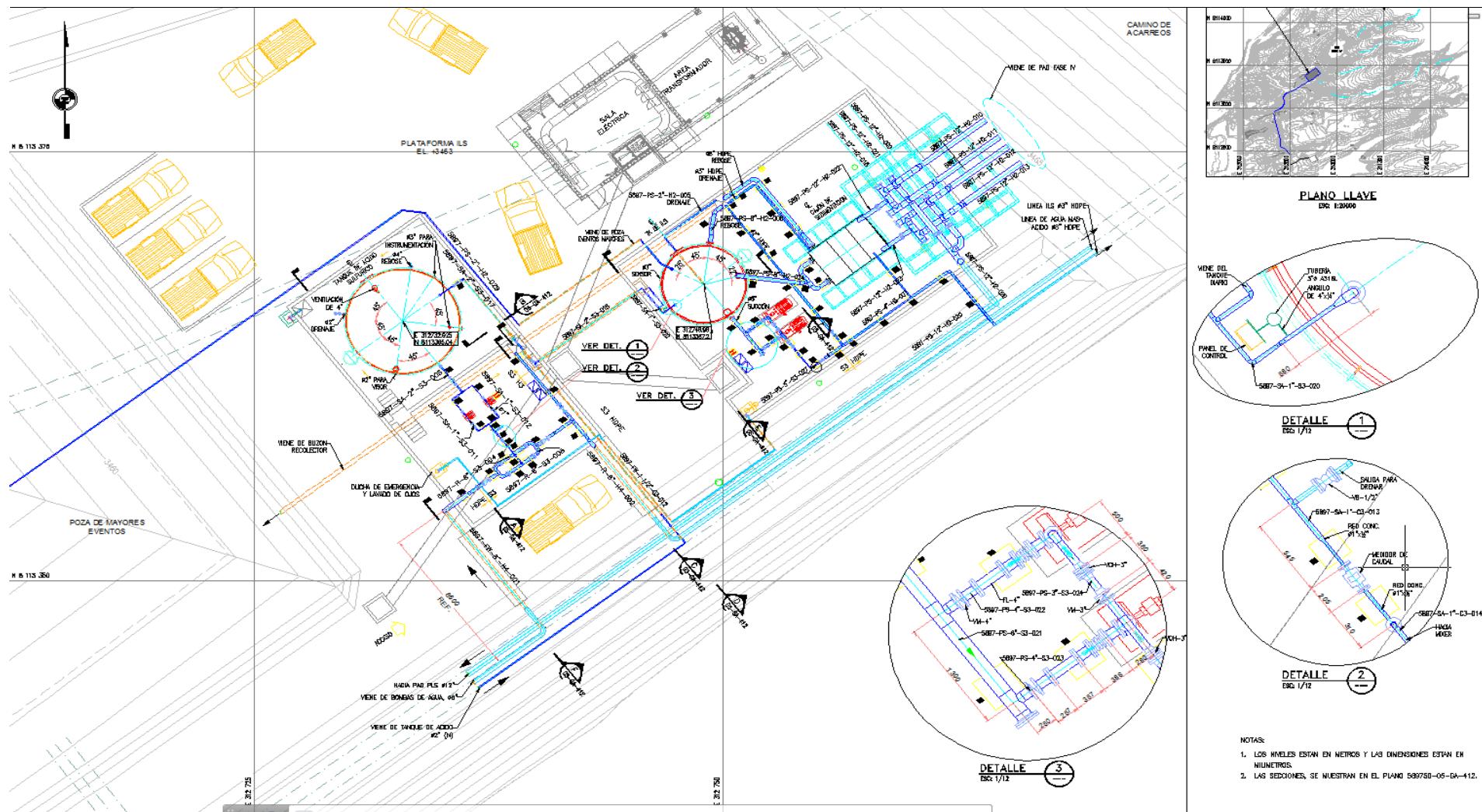


Figura 1.4 Poza de PLS y Tanque de ILS. (Área de ingeniería GreengField)

1.5. SISTEMA DE BOMBEO

Los sistemas considerados en el proyecto del Pad del Lixiviación Fase IV, comprenden: el sistema de bombeo de agua fresca, el sistema de bombeo de ILS y el sistema de ácido sulfúrico. Todos los equipos serán nuevos, incluyendo bombas, válvulas, instrumentos, tuberías, etc.

1.5.1. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRESCA

El suministro de agua fresca para el riego de los nuevos PADs de Lixiviación, será garantizado con la instalación de 2 bombas de agua con variador de velocidad, en la zona cercana a las pozas de agua recuperada. Una bomba estará operando y la otra en stand-by. El punto de succión será de la tubería matriz existente; y el sistema diseñado para bombeo y transporte de solución, cubre los requerimientos de la Fase II. Dentro de los trabajos está incluido la modificación de un tramo de la tubería actualmente instalada.

La Estación de Bombeo de Agua, está conformado por una línea de succión (acero al carbono 10" Ø), bombas de impulsión de agua (150 HP, cantidad: 02, 01 en operación y 01 en Stand By), línea de descarga (acero al carbono 6" Ø) hasta estación de mezcladores mixtos, ver el modelo de simulación descrito.

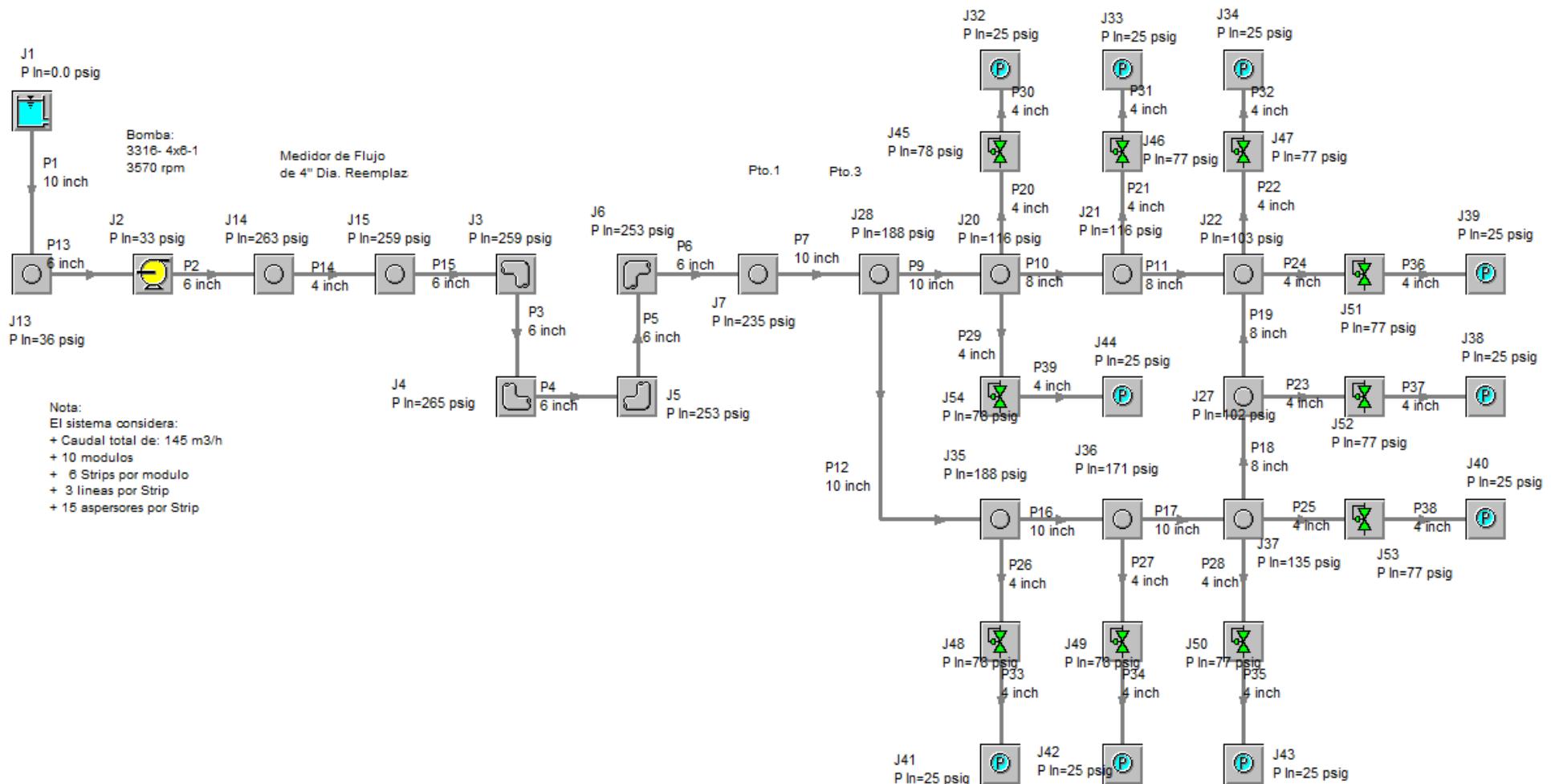


Figura 1.5 Modelo de Simulación – Agua Fresca. (Área de ingeniería GreengField)

Para el diseño e implementación del sistema de riego con solución ácida del Pad Fase IV se considera mantener la estación, antes mencionada, salvo el cambio de las bombas de agua fresca.

1.5.2. SISTEMA DE BOMBEO DE ILS Y PLS

Para el sistema de recirculación de ILS, se instalarán 2 bombas nuevas de acero inoxidable, de las cuales una estará operativa y la otra permanecerá en stand-by, garantizando la recirculación de ILS entre el tanque de ILS y PAD de Lixiviación. El diseño incluye un variador de velocidad.

La estación de ILS, está conformada por una línea de succión (acero al carbono 6”, 4, 3” y 2 ½”), bombas de impulsión de ILS (50 HP, cantidad: 02. 01 en operación y 01 en stand by; línea de descarga (acero inoxidable) 2 ½”, 3” y tubería HDPE de 2”- 4”, SDR 9, 13.5 y 21, ver el modelo de simulación descrito.

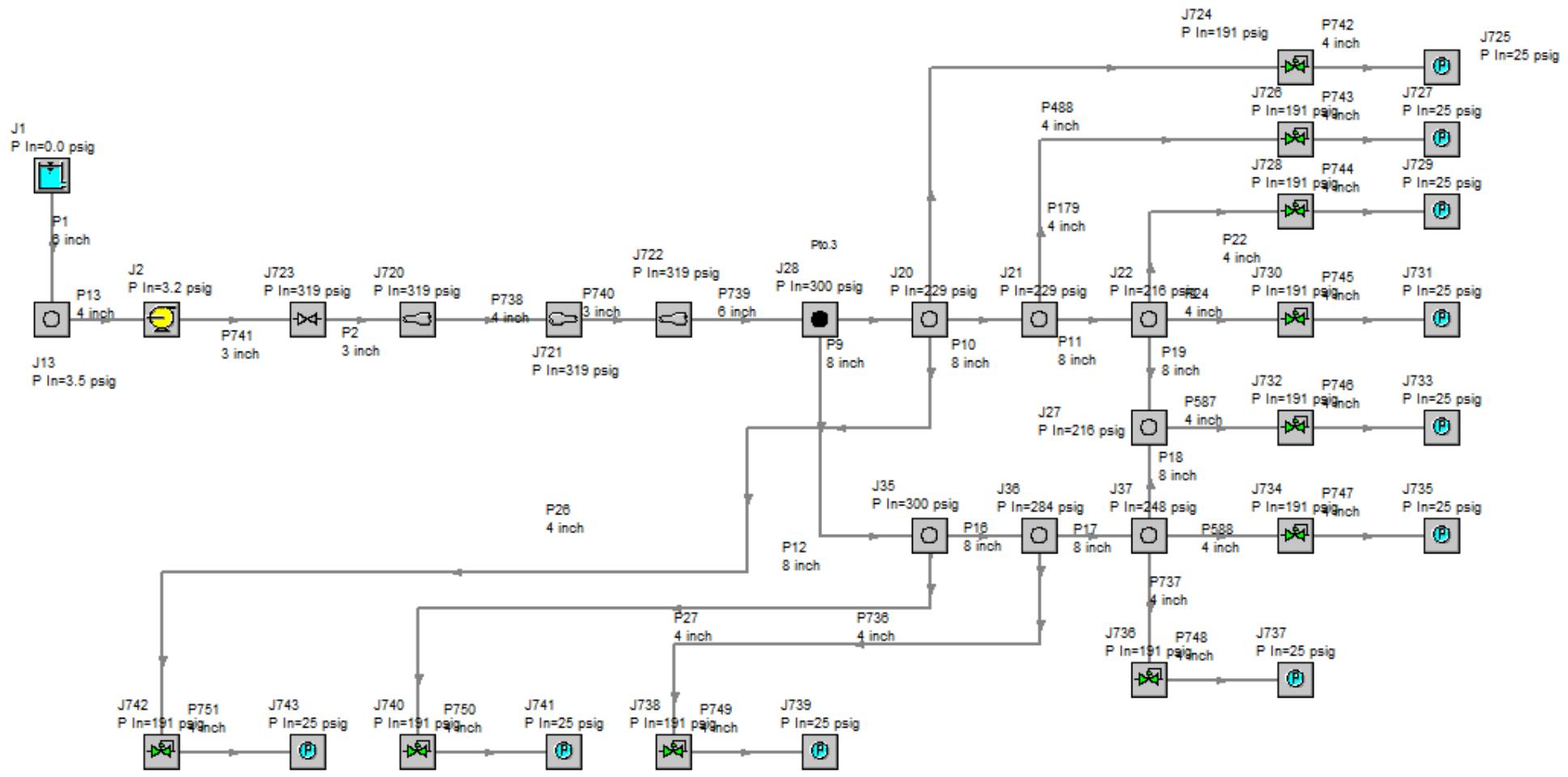


Figura 1.6 Modelo de Simulación – ILS/PLS. (Área de ingeniería GreengField)

La línea del sistema de riego de ILS, se encuentra a continuación de la estación de ILS, está conformada por una línea de tubería de HDPE de 4" (SDR 9, 13.5 y 21 que se inicia en el punto P1 y va hasta el Pad Fase III actual.

1.5.3. SISTEMA DE ACIDO SULFURICO

Para el abastecimiento de ácido sulfúrico se instalará un tanque diario y dos bombas dosificadoras nuevos. El tanque diario nuevo de 10,000 galones de capacidad, estará alimentado bajo dos alternativas, sea desde el tanque de almacenamiento principal utilizando las mismas bombas actualmente en operación; o del tanque diario de ácido existente que en este caso se hace por gravedad, a través en parte de tubería de 4" existente y una derivación en un punto de la misma también en tubería de 4", antes de la llegada al tanque diario actual de la zona de chancado.

El sistema de bombeo de ácido, está conformada por el tanque de ácido, línea de succión (acero inoxidable 1"), bombas dosificadoras de ácido (3 HP, cantidad: 02, 01 en operación y 01 en stand by), línea de descarga (acero inoxidable 1") hasta la estación de mezcladores estáticos y accesorios.

Estación de mezcladores estáticos, está conformada por una válvula anticipadora de Onda, mezcladores estáticos, sistema de tuberías (acero inoxidable 6") y accesorios. La línea de acero inoxidable de 6" llega hasta el punto P1.

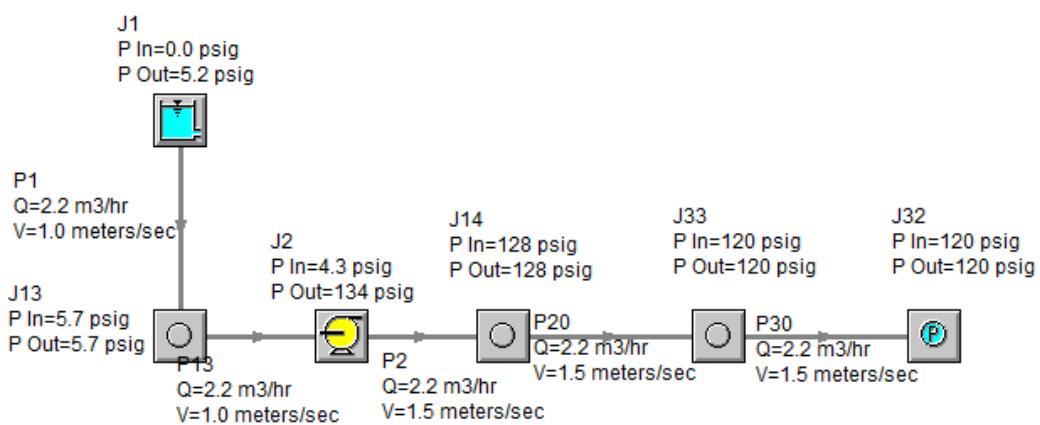


Figura 1.7 Modelo de Simulación – Acido. (Área de ingeniería GreengField)

CAPITULO II

CONTEXTUALIZACION DE LA EXPERIENCIA LABORAL

2.1. INTRODUCCION

El presente trabajo de suficiencia está desarrollado en base a la experiencia profesional en Greeng Enginerering Field. como Ingeniero de Proyectos - Mecánicos, tiene como objetivo primordial obtener el grado profesional de Ingeniero en Energía y de esta manera poder plasmar como se dio en la práctica todos los conocimientos adquiridos durante los cinco años de estudio en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Energía y que dieron como fruto todos los aportes, sugerencias y mejoras significativas en dicha empresa, en la que me desempeño desde el 2013 hasta la actualidad.

2.2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

2.2.1. RAZON SOCIAL

“ GREENG ENIGINEERING FIELD SAC ”.

2.2.2. LOCALIZACION

Green Engineering Field se encuentra ubicado en Calle Boulevard 180 Of. 701, Santiago de Surco - Lima - Perú.

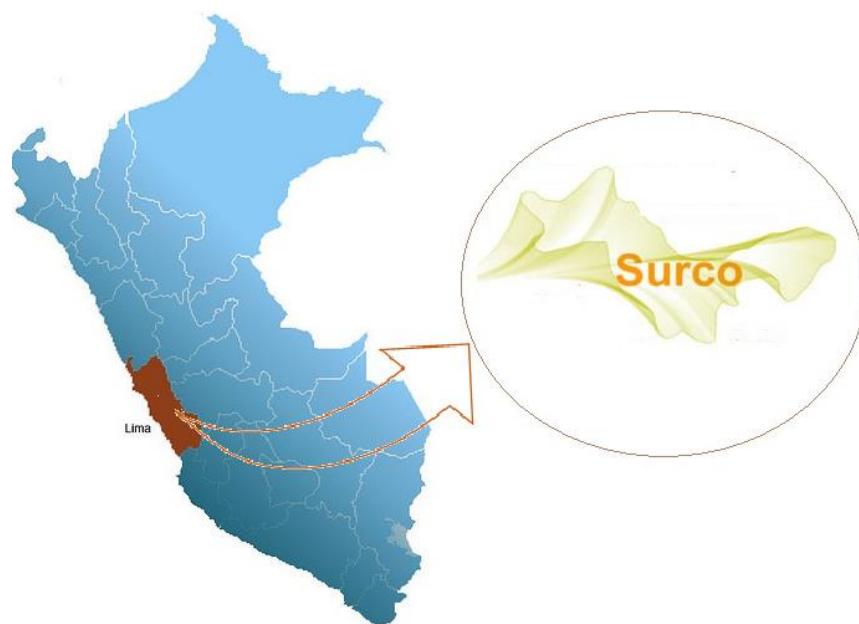


Figura 2.1 Ubicación de la Empresa. (Datos recabados por el autor)

2.2.3. RESEÑA HISTORICA

GreEngField es una empresa especialista en el desarrollo de Proyectos de Ingeniería con un background personal extenso en proyectos mineros e industriales.

El personal de GreEngField es un equipo multidisciplinario de profesionales que ofrecen una ventaja única a sus clientes por la experiencia de haber trabajado en el lado del owner por varios años. Esto permite conocer sus intereses, como es la de maximizar el costo-beneficio, impactar al mínimo sus operaciones actuales, asegurando la confiabilidad y operatividad de sus proyectos que requieren servicios de ingeniería y gerencia de proyectos

Independientemente del tamaño del proyecto, nuestra mayor fortaleza radica en el valor agregado en las etapas tempranas de sus proyectos, GreEngField trae a cada empresa un equipo con los conocimientos y experiencia capaz de comprender la complejidad del proyecto.

2.3. ORGANIZACION DE LA EMPRESA

2.3.1. MISION DE LA EMPRESA

Ser una empresa líder en el desarrollo y ejecución de proyectos de ingeniería.

2.3.2. VISION DE LA EMPRESA

Crear valor para nuestros clientes desarrollando proyectos de ingeniería bajo estándares internacionales de calidad, seguridad, cuidado del medio ambiente y desarrollo sostenible.

2.3.3. VALORES DE LA EMPRESA

- ❖ Integridad
- ❖ Responsabilidad
- ❖ Vocación por la Ingeniería y la Seguridad
- ❖ Compromiso con el Cliente

2.3.4. POLITICA DE LA EMPRESA

Green Engineering Field S.A.C. es una empresa dedicada a brindar servicios de consultoría en ingeniería y supervisión de proyectos. Estamos comprometidos a:

- Mantener un ambiente seguro y saludable para nuestros colaboradores identificando, evaluando y controlando los peligros y riesgos a la seguridad y salud a fin de prevenir accidentes, lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Asegurar la protección del medio ambiente mediante la prevención de la contaminación como consecuencia de nuestras actividades y fomentando el uso responsable de nuestros recursos.
- Cumplir con la legislación vigente aplicable a nuestras actividades y otros requisitos que nuestra organización suscriba relacionados a seguridad salud y medio ambiente.
- Establecer objetivos y metas de seguridad, salud y medio ambiente, asegurando los recursos necesarios para el logro de los mismos, revisándolos periódicamente para asegurar la mejora continua en el desempeño de nuestro sistema de gestión.
- Garantizar la consulta y participación activa de nuestros colaboradores y sus representantes en el sistema de gestión de seguridad salud y medio ambiente.
- Desarrollar las competencias de nuestros trabajadores fomentando la capacitación y sensibilización sobre el sistema de gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

2.4. AREA, CARGO Y FUNCIONES DESEMPEÑADAS

2.4.1. AREA - CARGO

El autor de este informe de suficiencia profesional se desempeñó como Ingeniero de Proyectos - Diseño Mecánico en el Área del Departamento de Ingeniería, esta área constituyó el equipo de la disciplina mecánica para el desarrollo del proyecto **“Sistema De Bombeo del Pad de Lixiviación Fase VI – Minera Cuajone – Southern Perú”**

2.4.2. FUNCIONES DESEMPEÑADAS

A continuación, se muestran las funciones realizadas dentro de la organización:

- Elaboración de memoria descriptiva, base estimado de costo/presupuesto, Capex / Opex, cronograma, análisis de riesgo, documentos de licitación, órdenes de compra y servicios, según proyecto asignado.
- Planear, dirigir, controlar la formulación y desarrollo de los estudios de Ingeniería Conceptual y/o Detalle con consultores externos adjudicados por la Organización.
- Realización de memorias de cálculos de los proyectos de ingeniería, en el área de mecánica, hidráulica, además de la elaboración de planos como revisión de los mismos entregados por proyectista.
- Coordinar, supervisar, programar ejecutar obras y/o proyectos, como también la realización de charlas de seguridad, el cumplimiento de las normas, procedimientos y estándares en materia de seguridad integral, establecidos por la empresa.
- Capacitación y/o entrenamiento hacia el personal nuevo en herramientas de gestión, criterios de diseño, especificaciones técnicas y estándares de acuerdo a los proyectos en cartera o desarrollo.

CAPITULO III

IMPORTANCIA PARA EL EJERCICIO DE LA CARRERA PROFESIONAL

3.1. INTRODUCCION

Uno de los tantos retos tecnológicos probablemente más importantes que tiene la sociedad actual es el desarrollo de un sistema energético en crecimiento constante que sea económicamente viable, con fuentes de energía que garanticen el suministro y preservando a la vez el medio ambiente. La educación e investigación en la ciencia e ingeniería de la energía, y particularmente en las tecnologías, son hoy exigencias imperiosas para hacer frente al problema de un uso sostenible de los recursos energéticos.

El objetivo de la ingeniería en energía es generar y aplicar conocimientos generales en proyectos energéticos y altamente orientados a la investigación, tanto pura como de campo, para incorporarse a labores de aplicación y desarrollo en los sectores de producción y de servicios.

3.2. CAMPO DE ACCION

La ingeniería de la energía tiene un campo de acción muy amplio, siendo una carrera con alto potencial de desarrollo en los próximos años. Sus principales áreas de aplicación son:

- ❖ Investigación científica.
- ❖ Desarrollo de tecnologías energéticas tradicionales y avanzadas.
- ❖ Industria transformadora, química, de manufactura y procesos múltiples.
- ❖ Generación, conversión, transporte, transmisión, distribución, comercialización, uso eficiente de energía.
- ❖ Servicios públicos relacionados con energías.
- ❖ Consultoría y auditoría.
- ❖ Impacto económico, social y ambiental de la energía.
- ❖ Gestión, planificación y dirección de operaciones energéticas en centrales nucleares, termoeléctricas, geotérmicas, fotovoltaicas, eólicas, etc.

- ❖ Marcos regulatorios y gestión de la energía.
- ❖ Combustibles.
- ❖ Aprendizaje experiencial en contextos laborales reales

3.3. APPLICACIONES

Algunas de las aplicaciones que puede realizar un ingeniero de energía son:

- ❖ Investigación científica.
- ❖ Especificación, diseño y control de equipos y procesos.
- ❖ Montaje de equipos y plantas.
- ❖ Hidroeléctricas, petróleo, gas natural, carbón, y sus derivados, etc.
- ❖ Operación de reactores, centrales energéticas y plantas industriales.
- ❖ Fuentes renovables o no convencionales (solar fototérmica, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, nuclear o de hidrógeno)
- ❖ Control de calidad de servicios y procesos.
- ❖ Administración.
- ❖ Control ambiental.

CAPITULO IV

OBJETIVOS PLANTEADOS Y LOGRADOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es la elaboración de la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV, donde se contemplan la mejora o up-grade de los sistemas de bombeo de agua fresca, ácido, solución ILS y PLS concernientes a la disciplina mecánica.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Formular e identificar de los entregables de la disciplina mecánica.
- Analizar las características del actual sistema de bombeo Pad de Lixiviación Fase III.
- Realizar la memoria de cálculo del sistema de bombeo de agua fresca.
- Realizar la memoria de cálculo del sistema de bombeo de ILS y PLS.
- Realizar la memoria de cálculo del sistema de bombeo de ácido.
- Realizar el criterio de diseño de los sistemas de bombeo, agua fresca, ILS y PLS.
- Realizar las especificaciones técnicas de los equipos, tuberías y accesorios.
- Realizar las hojas de datos de los equipos involucrados del sistema de bombeo.
- Analizar el capex, opex, rentabilidad y factibilidad del proyecto referido al sistema de bombeo Pad de Lixiviación.

CAPITULO V

SUSTENTO TEORICO DEL TEMA

ABORDADO

5.1. SISTEMA DE BOMBEO

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos o estructuras civiles, equipos y accesorios, que permiten el transporte de un fluido a través de tuberías y el almacenamiento temporal, que toman de forma directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directo a la red de distribución, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

5.1.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE BOMBEO

Los componentes básicos de un sistema de bombeo son los siguientes:

- Estación de bombeo.
- Reservorios o tanques de almacenamiento.
- Equipo de bombeo.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión
- Válvulas de control y regulación
- Sensores de nivel máximo y mínimo
- Flujómetros de caudal.
- Tableros de control y protección eléctricos
- Área de operación y mantenimiento.

5.1.2. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO

La determinación del caudal de bombeo debe realizarse sobre la base de la concepción básica del sistema de abastecimiento, de las etapas para la implementación de las obras y del régimen de operación previsto para la estación de bombeo. Los factores a considerar son los siguientes:

El número de horas de bombeo y el número de arranques en un día, depende del rendimiento de la fuente, el consumo de agua, la disponibilidad de energía y el costo de operación.

Tipo de abastecimiento, se deben considerar 02 casos:

- Cuando el sistema de abastecimiento de bombeo de cualquier fluido incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo.

$$Q_b = Q_{(max.d)} 24/N$$

Donde:

Q_b	: Caudal de bombeo, l/s
$Q_{(max.d)}$: Caudal máximo diario, l/s
N	: Número de horas de bombeo

- Cuando el sistema de abastecimiento de bombeo de cualquier fluido no incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad del sistema de bombeo debe ser calculada en base al caudal máximo horario y las pérdidas en la red distribución.

5.2. ESTUDIO ENERGETICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO

Para el estudio energético de un sistema de bombeo se utiliza la ecuación de la energía, la misma que es una extensión de la ecuación de Bernoulli, la cual plantea que la energía por unidad de peso de un sistema es igual en cualquier punto de la línea de flujo. Esta ecuación ha sido complementada incluyendo la pérdida de energía por rozamiento, además se incluye la energía aportada por una bomba dentro del sistema.

Las pérdidas de energía se clasifican en pérdidas mayores para las causadas por el rozamiento en la tubería y pérdidas menores, aquellas causadas por los accesorios tales como válvulas, codos, reducciones, entradas y salidas.

Las pérdidas en tuberías dependen de un factor de fricción f , el mismo que a su vez se define en función del tipo de flujo (laminar o turbulento) y de la rugosidad de la tubería.

Este factor se lo obtiene tradicionalmente con el diagrama de Moody (Mott, 2006). Con la aplicación de esta ecuación de balance de energía se puede obtener la energía que la bomba debe proporcionar al sistema para su operación.

5.2.1. NUMERO DE REYNOLDS

El comportamiento de un fluido, en particular en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento, por esta razón, se necesita un medio para predecir el tipo de flujo sin tener que observarlo en realidad. Más aún, la observación directa es imposible para los fluidos que van por los tubos opacos. Se demuestra en forma experimental y se verifica de forma analítico, que el carácter del flujo en un tubo redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido (ρ), su viscosidad (V), el diámetro del tubo (D) y la velocidad promedio v del flujo laminar o turbulento, si se conoce la magnitud de un número adimensional, al que hoy se le denomina número de Reynolds (N_R), la ecuación siguiente muestra la definición.

$$N_R = \frac{vxD}{V}$$

Donde:

v : Velocidad promedio del fluido (m/s).

V : Viscosidad cinemática (m^2/s).

D : Diámetro interior (m).

Los datos de las variables: D , V , se obtienen de los Anexos 5 y 6 respectivamente.

5.2.2. RUGOSIDAD

La rugosidad es la relación del diámetro de la tubería (D) a la rugosidad promedio de su pared (ε) (letra griega épsilon), en la figura 6, se ilustra (en forma exagerada) la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. La condición de la superficie de la tubería, depende sobre todo del material de que está hecho el tubo y el método de fabricación. Debido a que la rugosidad es algo irregular, con el fin de obtener su valor global se toman valores promedio tal como se aprecia en la Tabla 5.1.

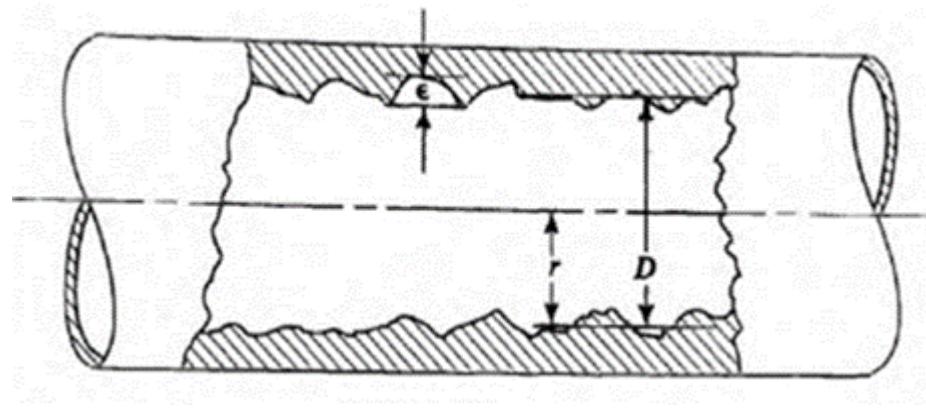


Figura 5.1 Rugosidad en Tuberías (Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos* de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 235).

Tabla 5.1

Valores de Diseño de Rugosidad de Tubos

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos* de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 235.

Tabla 5.2

Factor de Fricción en la Zona de Tubería Completa para acero comercial

Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
$\frac{1}{2}$	0.027	$3\frac{1}{2}, 4$	0.017
$\frac{3}{4}$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1\frac{1}{4}$	0.022	8-10	0.014
$1\frac{1}{2}$	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
$2\frac{1}{2}, 3$	0.018		

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 297.*

5.2.3. DIAGRAMA DE MOODY

Uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción es el diagrama de Moody, que se presenta en la figura 5.2. El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción f versus el número de Reynolds N_R , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa D/ε . Estas curvas las generó L.F. Moody a partir de datos experimentales.

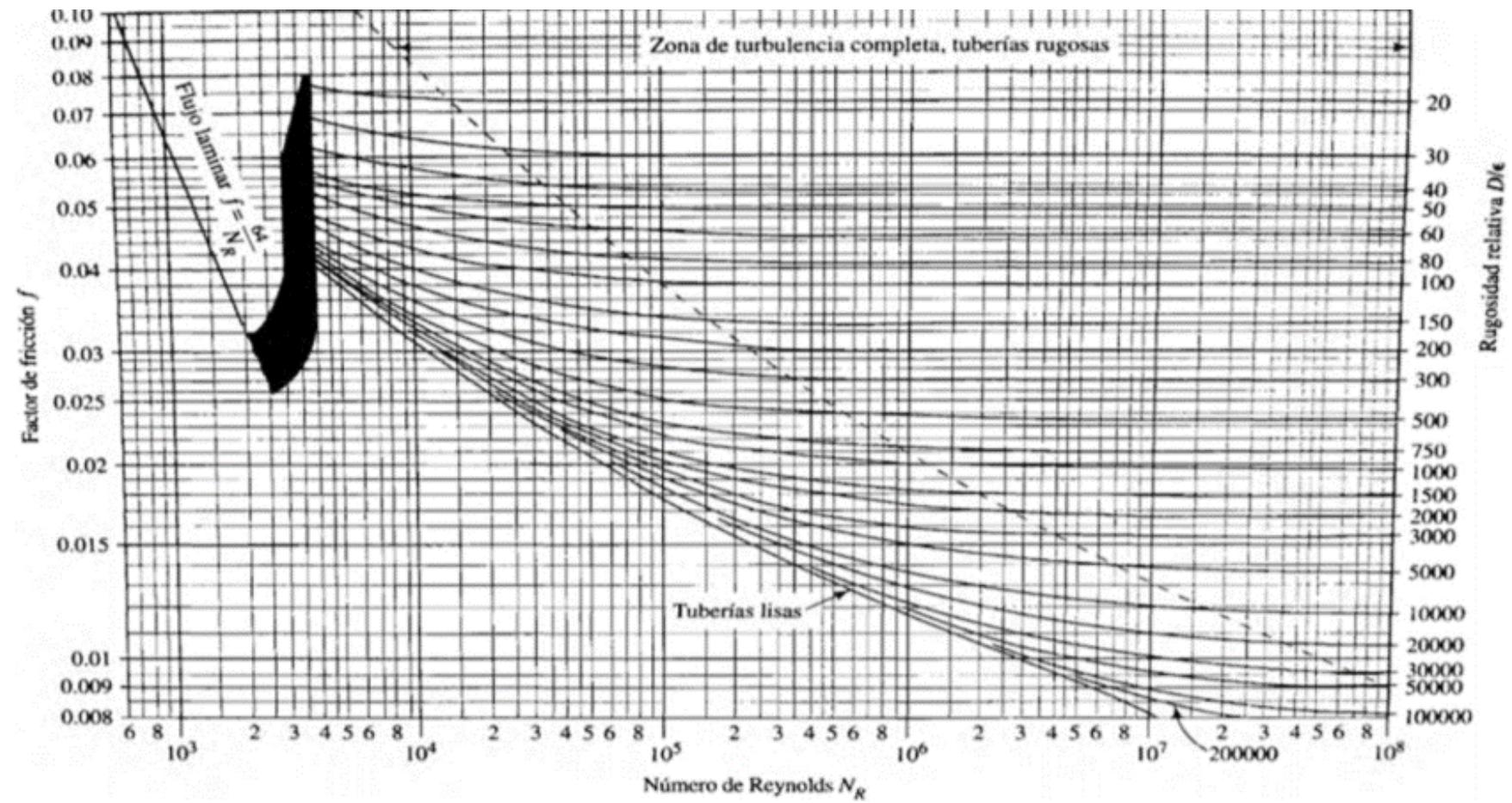


Figura 5.2 Diagrama de Moody (Fuente: Robert L. Mott. (2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 237).

5.2.4. PERDIDAS PRIMARIAS

Para calcular las pérdidas primarias, corresponden a las pérdidas del fluido en las tuberías, para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$H_f = \frac{fxLxv^2}{2gxD}$$

Donde:

- f : Factor de fricción.
 L : Longitud total de tuberías.
 g : Gravedad.
 D : Diámetro de tubería.
 v : Velocidad del fluido

5.2.5. PERDIDAS SECUNDARIAS

El autor de este informe de suficiencia profesional se desempeñó como Ingeniero de Proyectos - Diseño Mecánico en el Área del Departamento de Ingeniería, esta área constituyó el equipo de la disciplina mecánica para el desarrollo del proyecto

$$h_f = K \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- v : Velocidad del fluido.
 K : Coeficiente de resistencia.
 g : Gravedad.

En la tabla 3, se indican los valores de la resistencia de algunos acoplamientos y válvulas.

Tabla 5.3Resistencia de Válvulas y Acoplamientos (L_e/D)

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $\frac{3}{4}$ abierta	35
— $\frac{1}{2}$ abierta	160
— $\frac{1}{4}$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagras *	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Té estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág.

5.2.6. ECUACION GENERAL DE LA ENERGIA

Se conoce como la extensión de la ecuación de Bernoulli, lo que se posibilita resolver problemas en los que hay pérdida y ganancia de energía. En la figura 8, se aprecia la interpretación lógica de la ecuación de la energía. La cual representa un sistema de flujo. Los Términos E'_1 y E'_2 y denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y pérdidas h_A , h_R y h_L . Para un sistema tal, la ecuación del principio de conservación de la energía es:

$$E'_1 + h_A + h_R + h_L = E'_2$$

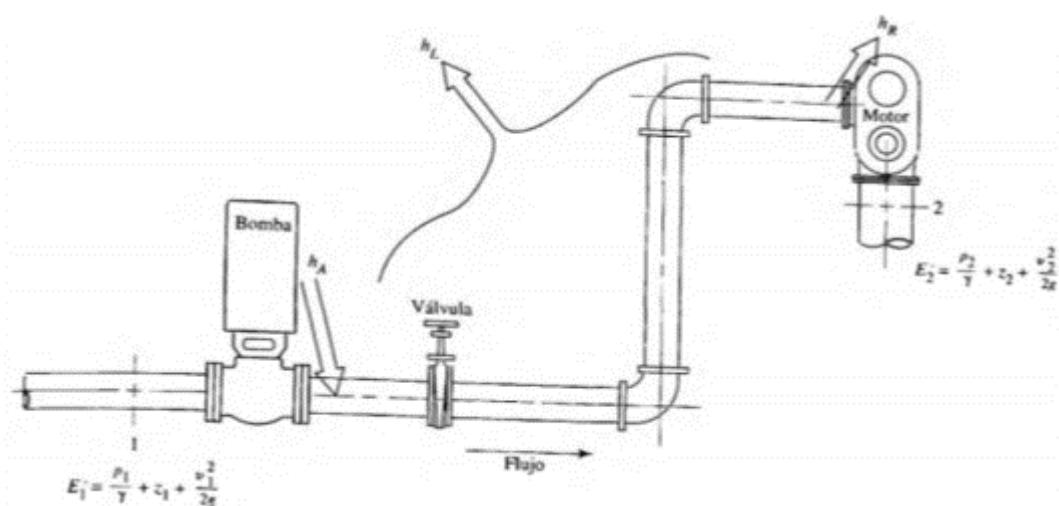


Figura 5.3 Ecuación General de la Energía. (Fuente: Robert L. Mott. (2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 203).

La energía que posee el fluido que ilustra la ecuación general de la energía.

$$E'_1 = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g}$$

Reemplazando, entonces la ecuación se convierte en.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

P_1, P_2	: Presión en los puntos 1 y 2 del sistema.
Z_1, Z_2	: Altura en los puntos 1 y 2 del sistema.
v_1^2, v_2^2	: Velocidad del fluido en puntos 1 y 2 del sistema.
h_A	: Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico.
h_R	: Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico.
h_L	: Perdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o perdidas menores por válvulas y otros accesorios.

5.3. CURVAS CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE BOMBEO

La curva característica se obtiene a través la información de los datos de placa de la bomba, se deben consultar los catálogos o información técnica del fabricante para obtener las curvas características de la bomba; dichas curvas son aquellas que relacionan las variables que intervienen en el funcionamiento de la misma.

La figura 5.4, muestra las curvas características de una bomba.

Las curvas características de las bombas presentan datos similares independientemente del fabricante y en general incluyen: La curva de carga vs. Caudal (trazada para diferentes diámetros de impulsor y a velocidad constante), la curva de NPSH vs. Caudal, la curva de eficiencia vs caudal (o curvas de isoeficiencia), y la curva de potencia vs. Caudal.

En caso de no contar con la información técnica del fabricante de la bomba que se desea evaluar, se podrán utilizar curvas de referencia que contengan características similares de la bomba, es decir: diámetro y tipo de impulsor, velocidad, tamaño, etc.

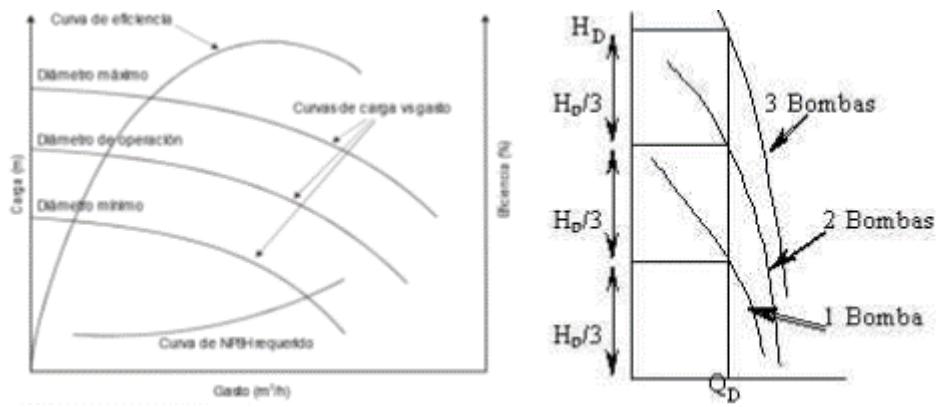


Figura 5.4 Curvas Características

(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

5.3.1. CURVA DE UN SISTEMA DE BOMBEO EN SERIE

Es cuando las bombas se colocan a lo largo de la misma tubería. En este tipo de instalación el caudal se mantiene constante para todas las bombas y la carga total del sistema resulta ser la suma de las cargas de cada una de las bombas que conforman el sistema. Se usa cuando la carga a vencer es muy grande.

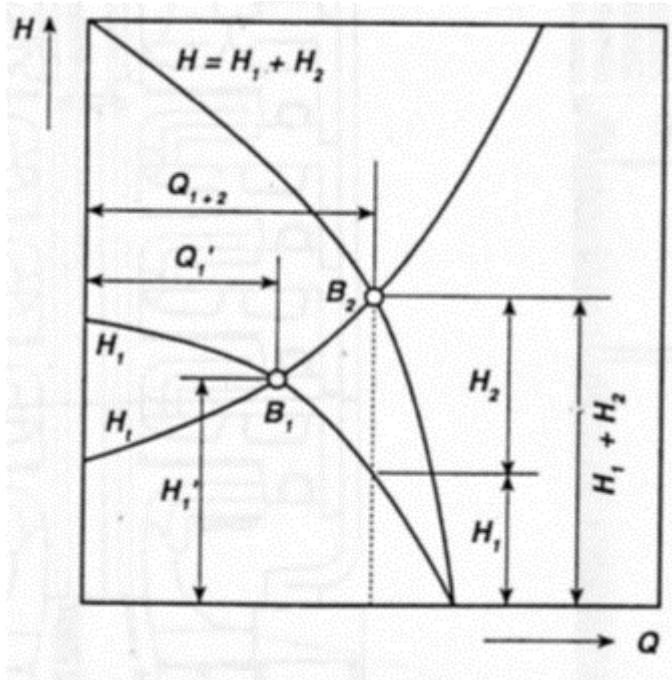


Figura 5.5 Sistema de Bombeo en Serie

(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

5.3.2. CURVA DE UN SISTEMA DE BOMBEO EN PARALELO

Es cuando las bombas se colocan en paralelo a la misma tubería. En este tipo de instalación y la carga total del sistema se mantiene constante para todas las bombas y el caudal del sistema resulta ser la suma de los flujos de cada una de las bombas que conforman el sistema. Se usa cuando la demanda de flujo o caudal a vencer es muy grande

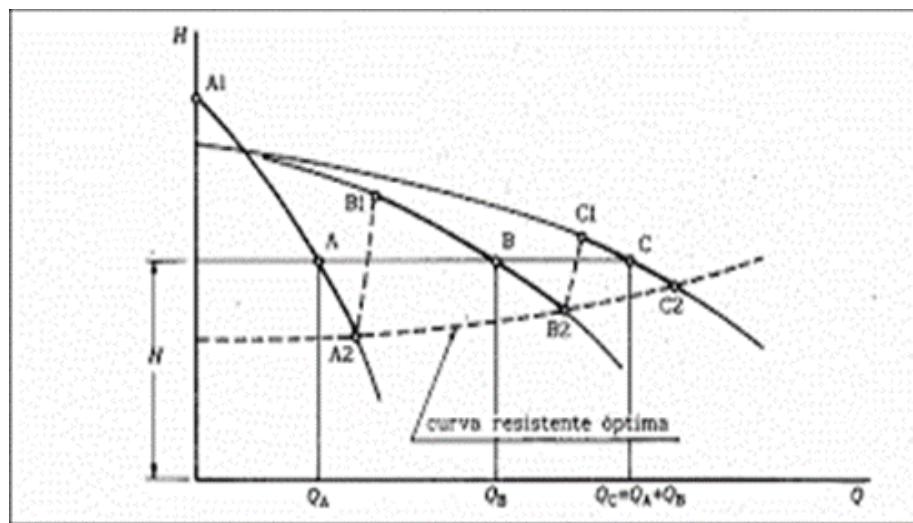


Figura 5.6 Sistema de Bombeo en Paralelo

Fuente: <https://dragoit.com/blog/sistemas-de-bombeo>

5.4. PUNTO DE OPERACION DE UN SISTEMA DE BOMBEO

La curva de operación del sistema queda definida por la carga estática total y las pérdidas de presión en el sistema de bombeo (carga dinámica), es decir por la carga total. A continuación, se muestra 02 escenarios:

5.4.1. CAUDAL CONSTANTE

El punto de operación de una bomba se obtiene cuando la carga generada por la misma coincide con la que precisa el sistema de bombeo. El punto de operación se obtiene en la intersección de la curva (carga vs caudal) de la bomba correspondiente al diámetro de operación y la curva del sistema. Al trazar una línea horizontal y otra vertical que pase por este punto pueden obtenerse los valores de carga, caudal, eficiencia y NPSH requerido en condiciones óptimas Figura 5.7.

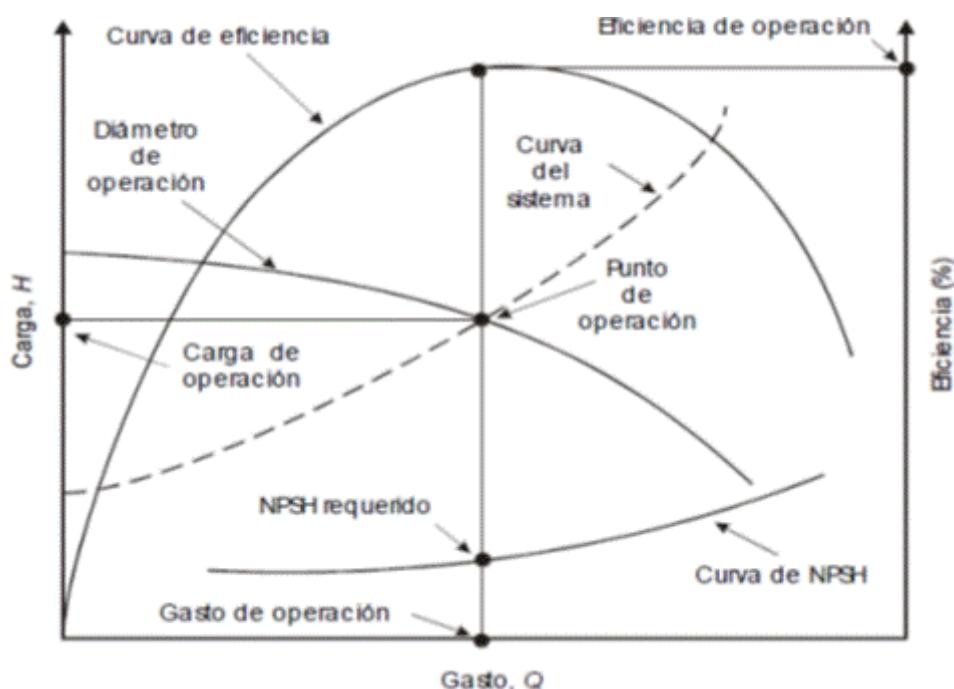


Figura 5.7 Grafica de Punto de Operación para Q Constante

(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

5.4.2. CAUDAL VARIABLE

En general los sistemas de bombeo requieren caudal variable, lo cual significa que una bomba trabaja con diferentes puntos de operación (carga, caudal). Adicionalmente, en cada punto de operación se puede determinar el NPSH requerido y la eficiencia de la bomba. Se muestra un ejemplo gráfico en la siguiente figura.

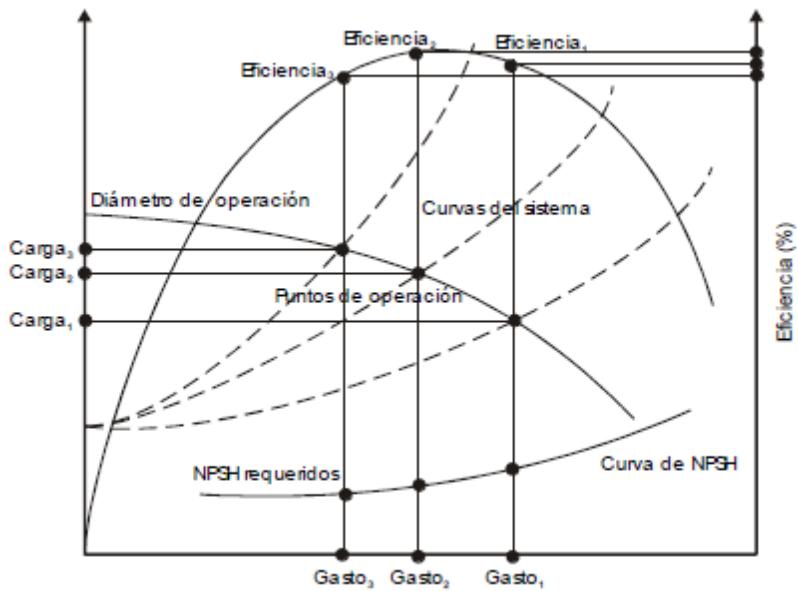


Figura 5.8 Grafica de Punto de Operación para Q Variable

(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

5.5. MODULO Y CAUDAL DE ASPERCIÓN O RIEGO

5.5.1. MODULO DE RIEGO (M_r)

Es el caudal por unidad de área, requerido por el cultivo en litros por segundo/hectárea, y se calcula con la siguiente formula:

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_r} \right) \times 0.116$$

Donde:

M_r : Modulo de riego.

E_r : Eficiencia del sistema de riego.

0.116 : Factor de conversión de unidades.

5.5.2. CAUDAL DE RIEGO (Q)

El Caudal, es el volumen de fluido que recorre en una sección por unidad de tiempo, para lo cual se tiene la siguiente ecuación.:

$$Q = M_r \times A$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} M_r & : \text{Modulo de riego.} \\ A & : \text{Área de riego en hectáreas.} \end{array}$$

5.5.3. EVOTRANSPIRACION (E_{to})

Para determinar la evapotranspiración o uso consuntivo representa la suma de la transpiración y la evaporación. La suma de dos fenómenos que tiene lugar en la relación material aglomerado - suelo, la transpiración del mineral y la evaporación del suelo, la misma constituye la perdida fundamental de agua, a partir de la cual se calcula la necesidad de agua del material aglomerado o mineral.

El cálculo de la evapotranspiración para riego, se realiza mediante la combinación de la metodología de la evapotranspiración y el uso consuntivo, aplicado a la fórmula de Blandey y Criddle, fórmulas que dependen de la temperatura media mensual de la zona (T), de la altura media de la zona (h) y del coeficiente normal (K), la cual está dada mediante la siguiente formula:

$$E_{to} = \frac{(2.120 - 0.29xh)}{360} (\text{mm})$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} E_{to} & : \text{Evotranspiracion.} \\ h & : \text{Altura (m).} \end{array}$$

Transpiración, El agua absorbida por el material o mineral aglomerado es emitida por en forma de vapor de agua y reintegrada a la atmósfera.

Evaporación, Representa el agua evaporada de la superficie del suelo.

5.5.4. DOTACION (U_c)

Para determinar la dotación en base al uso consuntivo, se obtiene mediante la siguiente formula:

$$U_c = KxE_{to}$$

Donde:

K : Coeficiente de consumo.

El coeficiente K, para diferentes minerales o material aglomerado bajo riego, son el promedio de los que se encuentran en diferentes literaturas, los mismos que son experimentales, y dependen de varios factores, de la latitud del sitio, de la temperatura y estacionalidad.

5.6. BOMBAS HIDRAULICAS

Es una máquina generadora, que absorbe energía mecánica y la restituye en energía hidráulica al fluido que la transita; desplazando el fluido de un punto a otro.

5.6.1. APLICACIONES

Se emplean para bombear toda clase de fluidos como agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos; algunos otros líquidos alimenticios, como son cerveza y leche; también se encuentran los sólidos en suspensión como pastas de papel, mezclas, fangos y desperdicios.

5.6.2. CLASIFICACION DE BOMBAS

Las bombas se clasifican con base en una gran cantidad de criterios, que van desde sus aplicaciones, materiales de construcción, hasta su configuración mecánica. Ciertas bombas funcionan con un movimiento alternativo y otras con movimiento de rotación continuo, aunque el sistema de movimiento no permite su clasificación desde el punto de vista rotacional; por el contrario, su modo de accionar sí permite clasificarlas.

Un criterio básico que incluye una clasificación general, es el que se basa en el principio por el cual se adiciona energía al fluido. Bajo este criterio las bombas pueden dividirse en dos grupos:

- **Bombas Volumétricas**, A este tipo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino también las rotativas llamadas roto estáticas; en ellas el rodete comunica energía al fluido en forma de presión. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo.

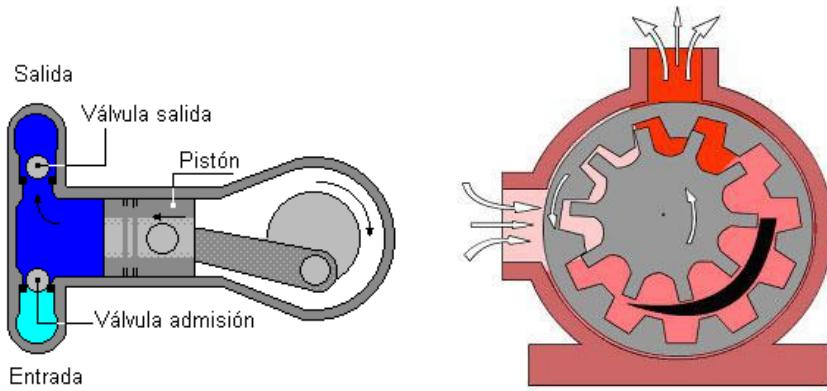


Figura 5.9 Bombas volumétricas de desplazamiento positivo y roto estáticas
(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

En una bomba de desplazamiento positivo o volumétrico, la cavidad de la máquina, cuyo volumen varía periódicamente, va unida de forma alternativa al orificio de aspiración o al de descarga. El desplazamiento del líquido se efectúa por volúmenes engendrados.

Las bombas volumétricas pueden ser de movimiento alternativo o rotativo continuo.

- **Bombas rotodinámicas**, A este tipo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino también las rotativas llamadas roto estáticas; en ellas el rodete comunica energía al fluido en forma de presión. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo Son rotativas, su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler; su órgano de transmisión de energía se llama rodete.

Se llaman rotodinámicas por que su movimiento es rotativo y el rodete comunica energía al fluido en forma de energía cinética.

La energía mecánica que recibe puede ser de un motor eléctrico, térmico, etc. y posteriormente la convierte en energía hidráulica, que el fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.

- **Bombas centrífugas**, En las bombas centrífugas, una rueda alabeada comunica presión y velocidad al líquido que mueve, para que, a la salida de dicha rueda, la energía cinética producida por esta velocidad se transforme en energía potencial (presión) en una parte fija llamada difusor

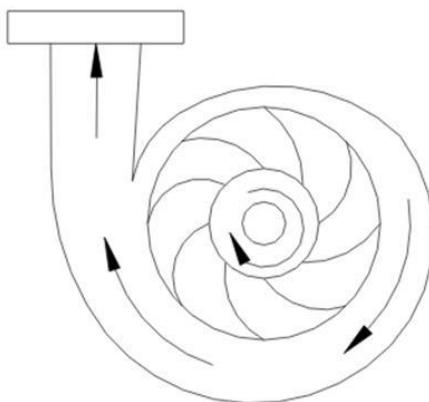


Figura 5.10 Bombas centrífuga tipo voluta de flujo radial

(Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html>).

Tiene un sistema simétrico de álabes que son parte esencial del elemento rotativo de la máquina que se denomina impulsor.

Al circular el flujo a través de estos sistemas de álabes cambia la componente de velocidad absoluta, aumentando a través del impulsor de la bomba.

5.7. CAVITACION DE BOMBAS

La cavitación consiste en la formación de cavidades en un líquido y se produce cuando su tensión de vapor iguala o supera la presión que actúa sobre él. Como consecuencia de ello, el líquido hierve. El agua hierve a 100°C a nivel del mar porque a esa temperatura su tensión de vapor es de 760 mm de Hg, o lo que es lo mismo, una atmósfera, que es la presión existente sobre su superficie.

Aparte de esta causa principal hay otros factores que pueden inducir el proceso o están relacionados con él:

- Toma de aire; por formación de vórtices en la aspiración de la bomba que son consecuencia de una sumergencia insuficiente.
- Recirculación interna: suele darse en la boca de aspiración de la bomba.
- Turbulencia en las tuberías de aspiración.

En la zona de la bomba donde el líquido circula a altas velocidades, y en consecuencia a bajas presiones, se forman núcleos diminutos de burbujas que aumentan de tamaño a medida que pasan por el impulsor. Al llegar estas burbujas a zonas de menor velocidad se produce su implosión.

Debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.

5.8. SELECCION DE BOMBAS

La clave para hacer la selección correcta de la bomba radica en el conocimiento del sistema donde ella trabajará. El ingeniero que especifica una bomba puede hacer una selección errónea por no haber investigado los requisitos totales del sistema. Dejar la responsabilidad de la selección de la bomba al representante del proveedor no es una buena decisión, en vista que le puede ser difícil o imposible conocer los requisitos totales de la operación.

Por ello, previo a la elección de la bomba el ingeniero debe obtener los siguientes datos del sistema:

➤ **Bomba**

- Número de unidades
- Tipo de bomba (solo si existe una preferencia predeterminada)
- Servicio de horas por día, si es continuo o intermitente.

➤ **Características del fluido**

a) Temperatura

Se debe indicar la temperatura de trabajo, así como posibles rangos de variación de la misma.

b) Gravedad específica

Debe ser indicada para la temperatura de bombeo y es vital para una correcta determinación de la potencia.

c) pH

Se debe indicar la acidez o alcalinidad del agua, porque permite elegir el material adecuado de la bomba. Si existe análisis químico es preferible suministrarlo.

➤ **Condiciones de operación**

a) Caudal

Debe ser especificado en litros por segundo. Es muy importante indicarlo en el punto exacto de operación ya que permitirá seleccionar la bomba más eficiente.

b) Altura manométrica total

Debe especificar en metros de acuerdo a lo calculado, o dar al fabricante todos los datos en un croquis de la instalación, para su cálculo.

c) Condiciones de succión

Para bombas de eje horizontal se debe indicar la altura manométrica total y el NPHSD. En los demás tipos de bomba, especificar todos los datos en un croquis de la instalación.

➤ **Accionamiento**

Para bombas de eje horizontal se debe indicar la altura manométrica total y el NPHSD. En los demás tipos de bomba, especificar todos los datos en un croquis de la instalación. Se debe indicar claramente si es motor a gasolina, petróleo, eléctrico. En caso de contar con el motor, indicar todas las especificaciones del mismo para seleccionar una bomba que pueda trabajar con él.

Indicar la velocidad de operación, en caso contrario dejar que el fabricante lo indique. En caso de contar con motor indicar la potencia continua a determinada velocidad.

Si el motor seleccionado es eléctrico, se debe indicar las características de la corriente eléctrica disponible: voltaje, ciclos y fase.

➤ **Material requerido**

Se debe indicar el material que se requiere para la carcasa, impulsor, bocina, prensa- estopa y sello mecánico; caso contrario dejar que el fabricante indique lo más apropiado. El criterio primario a considerar en esta elección es la característica del agua con la cual tendrá contacto la bomba.

➤ **Instalación de bomba**

Debe ser determinada la siguiente información:

- Horizontalmente o verticalmente.
- Requiere base.
- Dimensiones de la bomba.
- Tipo de acoplamiento.
- Tipo de tablero de control.

➤ **Requerimientos especiales**

Se debe comprometer al proveedor del equipo a lo siguiente:

- Entregar curvas certificadas.
- Pruebas de operación.
- Prueba hidráulica.
- Servicio de puesta en marcha.
- Lista de partes.
- Plano de conjunto.

5.9. SOFTWARE AFT FATHOM 7.0

Es un programa que desarrolla cálculos para el diseño de bombeo de aguas o pulpas (mezcla sólido-liquido), en base a los criterios de diseño de tuberías y en los conceptos de mecánica de fluidos. Todos los cálculos para el presente estudio o informe, han sido desarrollados con el software AFT FATHOM 7.0, a continuación, se detalla la base teórica del programa:

- **Método de Eliminación Gaussiana**, para resolver la ecuación de la energía en cualquier punto, seleccionado el caso de líquidos incompresibles, la energía en cualquier punto del sistema se determina o calcula con la siguiente formula:

$$H + f * \frac{v^2}{2g} \frac{p}{\rho} h_{perdidas}$$

- **Ecuación de Darcy - Weisbach**, para determinar las perdidas en las tuberías se emplea la siguiente formula:

$$h_f + f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

- **Ecuación de Colebrook - White**, para calcular el coeficiente de fricción se utilizará la siguiente formula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} + 2 \log \left| \frac{k_s}{3.71D} * \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right|$$

Para determinar las perdidas locales en las válvulas y accesorios AFT FATHOM 7.0, cuenta con una base de datos, que emplea la siguiente formula:

$$h_f + K \frac{v^2}{2g}$$

Para calcular la potencia de la bomba (BHP), AFT FATHOM 7.0 se basa en la siguiente formula:

$$h_f + K \frac{v^2}{2g}$$

CAPITULO VI

ORGANIZACION Y SISTEMATIZACION DE

LAS EXPERIENCIAS LOGRADAS

La organización y sistematización de las labores en la empresa Green Engineering Field S.A.C. se detallan a continuación:

6.1. AREA O GERENCIA DE INGENIERIA DE PROYECTOS

El mapa de procesos según el área de ingeniería, se clasifican en:

- **Procesos estratégicos:** Incluyen procesos relativos al establecimiento de políticas, fijación de objetivos, asegurar la disponibilidad de los recursos.
- **Procesos operativos:** Incluyen todos los procesos que proporcionan el resultado para cumplir con el objeto social de la empresa.
- **Procesos apoyo:** Pertenecen a este grupo los procesos que provisionan de recursos que son necesarios para cumplir con los demás procesos.
- **Procesos evaluación:** Son aquellos que se utilizan para medir y hacer un análisis del desempeño de los demás procesos, con el objeto de analizar la mejora de la eficiencia y eficacia de los mismo.



Figura 6.1 Mapa de proceso de ingeniería (Datos recabados por el autor)

6.2. AREA O GERENCIA DE SUPERVISION DE PROYECTOS

El mapa de procesos según el área de supervisión, se clasifican en:

- **Gestión técnica:** Establecer mediante las buenas prácticas una serie de

políticas, procedimientos, plantillas o formatos y lecciones aprendidas que se van a desarrollar en cada proyecto y según sus particularidades.

- **Gestión de talento humano:** Es un puente entre las necesidades y requerimientos entre el cliente y la organización con el fin de conocer a fondo las fortalezas, habilidades de cada uno de los miembros de la organización y con esto explotarlos al máximo.
- **Gestión ambiental y social:** Se definen los lineamientos básicos para implementar el manejo adecuado de los residuos, generando un programa que permita reutilizar, minimizar y/o disponer los residuos provenientes de los procesos constructivos y administrativos de la obra y a su vez velar por la protección y salvaguardar los recursos ambientales que se encuentran dentro del área del proyecto.
- **Gestión de seguridad y salud en el trabajo:** Tiene el fin de mejorar la calidad de vida laboral, lograr una reducción de los costos generados por los accidentes y las enfermedades laborales, mejorar la calidad de los servicios.
- **Gestión de Calidad:** Permite planear, ejecutar y controlar las actividades necesarias para el desarrollo de la misión, a través de la prestación de servicios con altos estándares, los cuales son medidos a través de los indicadores de satisfacción.



Figura 6.2 Mapa de proceso de supervisión (Datos recabados por el autor)

CAPITULO VII

UBICACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS EN EL

MARCO DEL SUSTENTO TEORICO

7.1. METODOLOGIA

Previamente se identificó y localizó, en el plano topográfico o layout general de la mina, las estaciones de bombeo de agua fresca, ácido y solución ILS/PLS (Ver Anexo 2), procediendo a la visita de campo para: 1° referenciar con coordenadas y cotas los puntos exactos de ubicación de las bombas, 2° establecer las características generales de la red o sistema de conducción, como también, marca, modelo y tipo de bomba, potencia nominal de los motores, material, diámetro y longitud de la tubería, cualificación y conteo de accesorios, entre otros, 3° medir el caudal, tensión y corriente de cada sistema.

Posteriormente se realizó el análisis de la información recolectada, hallándose el rendimiento en cada estación de bombeo, para cada conjunto motor-bomba.

Por último, se simulo por medio del software Impulse 4.0, en estado transitorio los tiempos de operación y los reportes de fallas o averías para establecer los costos de operación y mantenimiento, así mismo los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento.

Con ello se pretende identificar los problemas que puedan existir en el sistema general de bombeo y al hacerlo los correctivos necesarios para su optimización.

7.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BOMBEO

La distribución de los sistemas de bombeo se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone, al lado este de la planta concentradora. Para cada sistema de bombeo referenciado en el plano se asignó un número de estación con la denominación de su área (Ver Figura 7.1).

7.2.1. BOMBAS

SPCC la mina Cuajone, usa electro-bombas centrifugas de eje horizontal, de una, dos etapas de cebado manual y auto-cebado. Estas bombas son de dos tipos:

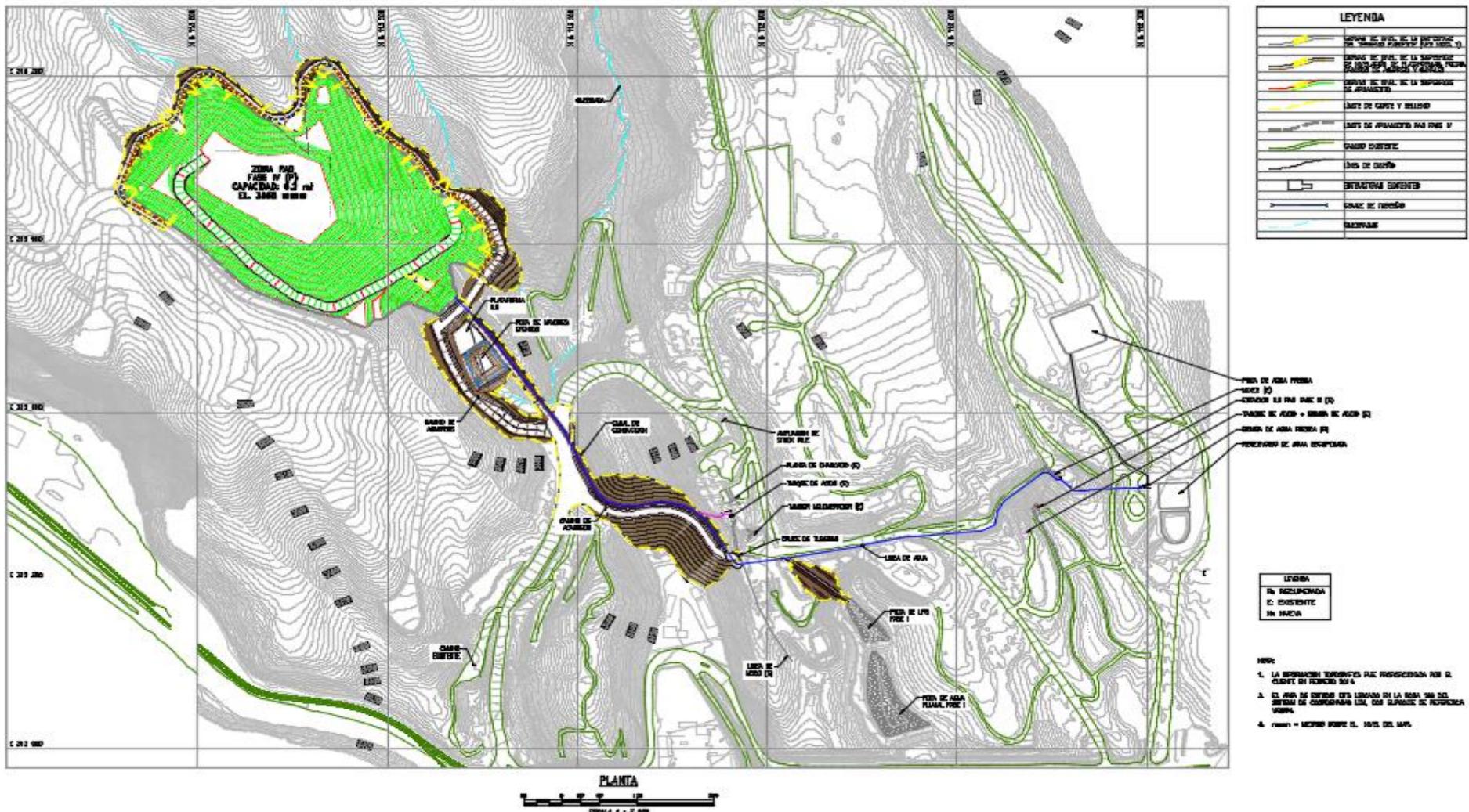


Figura 7.1 Estaciones de bombeo Pad de Lixiviación (Área de Ingeniería GreengField)

- **Eje libre:** Son bombas cuyo impulsor, también llamado rodete, rotor o impeller posee un eje libre donde se instala un acople, que puede ser en omega o en araña, para unirlo con el conjunto motor, formando así el grupo motobomba el cual descansa sobre una base metálica estructural que brinda estabilidad en el sistema (Ver Figura 7.2).

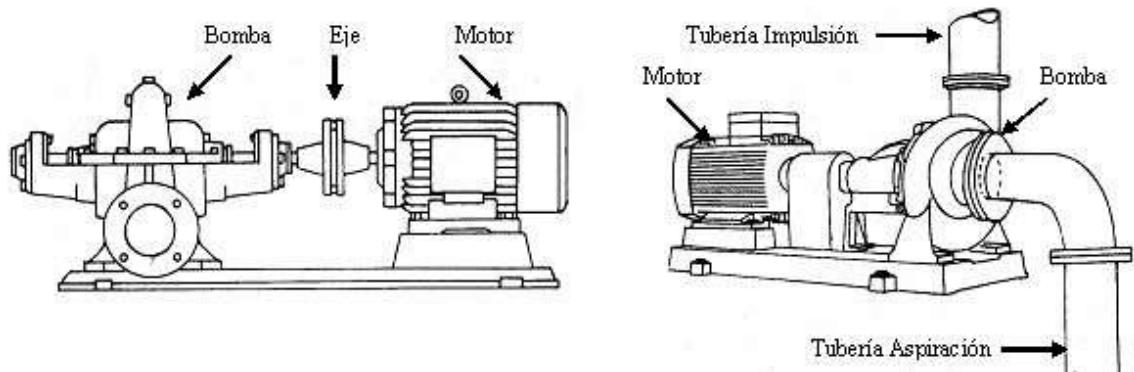


Figura 7.2 Bomba de Eje Libre (*Fuente: <http://ocwus.us.es>*)

- **Monoblock:** Son bombas cuyo impulsor, también llamado rodete, rotor o impeller son aquellas bombas que tienen el conjunto motor integrado, formando una sola estructura, es decir, que el sistema tiene y comparte un eje de rotación único (Ver Figura 7.3).

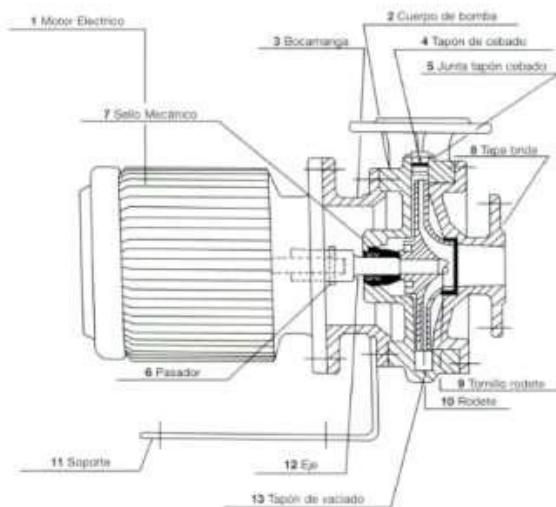


Figura 7.3 Bomba Monobloque (*Fuente: <http://bombas-intercal.com>*)

7.2.2. MOTORES

La bomba de eje libre del sistema de bombeo de agua fresca se utiliza un motor eléctrico anti explosión con potencia nominal de 150 HP. Para la bomba monoblock de desplazamiento positivo, del sistema de bombeo de ácido sulfúrico, se emplea un motor convencional, lo que significa que debe deratarse a la zona de trabajo, su potencia nominal es de 3 HP, mientras para el sistema de bombeo de ILS, se utiliza una bomba de eje libre, centrifuga horizontal, con un motor eléctrico anti explosión con potencia nominal de 50 HP, por ultimo para el sistema de bombeo o colección PLS, se emplea una bomba monoblock turbina vertical, donde el motor eléctrico a utilizar en operación tiene una potencia nominal de 5 HP, las especificaciones técnicas de los motores pueden verse en las tablas 4, 5 y 6, descritas a continuación:

Tabla 7.1

Especificación técnica del motor – Estación de agua fresca

MOTOR	
	MARCA: GENERAL ELECTRIC
	CATEGORIA: ANTI EXPLOSION
	TIPO DE MOTOR: ELECTRICO
	FASES: 3
	POLOS: II
	TENSION: 220 - 480 V
	I _{amp} : VARIABLE
	HP: 150
	RPM: 3600

Fuente: Datos recabados por el autor

Tabla 7.2

Especificación técnica del motor – Estación de ácido

MOTOR	
	MARCA: GENERAL ELECTRIC
	CATEGORIA: ANTI EXPLOSION
	TIPO DE MOTOR: ELECTRICO
	FASES: 3
	POLOS: II
	TENSION: 480 V
	I _{amp} : VARIABLE
	HP: 5
	RPM: VARIABLE

Fuente: Datos recabados por el autor

Tabla 7.3

Especificación técnica del motor – Estación de ILS

MOTOR	
MARCA:	GENERAL ELECTRIC
CATEGORIA	ANTI EXPLOSION
TIPO DE MOTOR:	ELECTRICO
FASES:	3
POLOS:	II
TENSION:	480 V
I _{amp} :	VARIABLE
HP:	50
RPM:	3600

Fuente: Datos recabados por el autor

7.2.3. TANQUE Y CAJON DE RECOLECCION

El incremento de la producción a 18 TMPD de lixiviación, de la unidad minera Cuajone, requiere la fabricación e instalación de un tanque diario de ácido sulfúrico concentrado al 98.5% de 10 000 glns de capacidad, cumpliendo los requisitos de calidad y las condiciones de operación indicada en la tabla 7.

Tabla 7.4

Especificación técnica tanque diario de ácido sulfúrico

TANQUE	
FLUIDO:	ACIDO SULFURICO @ 98.5%
GRAVEDAD ESPECIFICA:	1.8
TIPO:	CILINDRO VERTICAL
TECHO:	CONICO
CAPACIDAD:	10 000 Glns
VOLUMEN MUERTO:	2.01 m ³
VOLUMEN UTIL:	35.05 m ³
DIMENSIONES:	Ø= 3.35 m
	H= 4.50 m
MATERIAL:	ACERO ASTM -36
CANTIDAD	01
BRIDAS:	ANSI B16.5
PERNOS:	ASTM A-307

Fuente: Datos recabados por el autor

El cajón de colección o distribución ILS/PLS, permitirá dirigir la solución proveniente del PAD ya sea hacia el tanque de ILS para recircularlo hacia el pad de lixiviación, o enviarlo a la poza de PLS para su proceso, además actúa

como disipador de energía (amortiguador), desaereador y rompedor de vacío. Este nuevo cajón de colección o distribución debe trabajar con un flujo volumétrico de 600 gpm de PLS a transportar en el proyecto de incremento de la producción a 18 TMPD – lixiviación Cuajone. La información base sobre las características del cajón de colección o distribución se han obtenido de la visita de campo y se plasma en la siguiente figura:

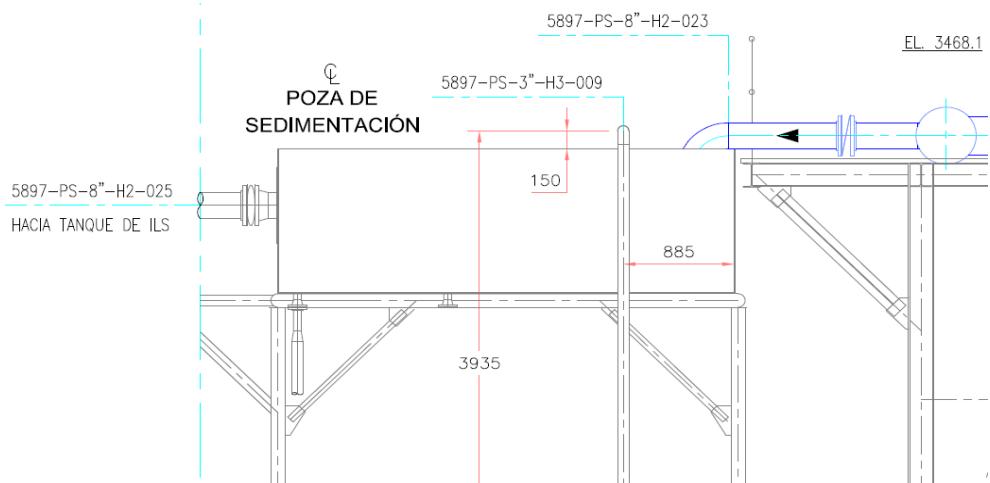


Figura 7.4 Cajón de colección o distribución PLS/ILS (*Fuente: Área de Ingeniería GreengField*)

7.2.4. TUBERIAS Y ACCESORIOS

Los materiales de las tuberías y accesorios que se considera en el proyecto “Sistema de Bombeo del Pad de Lixiviación Fase IV” deberán cumplir con las Normas ANSI B31.3, y ASTM. Las tuberías utilizadas en el proyecto están identificadas por un código, según el ejemplo siguiente:

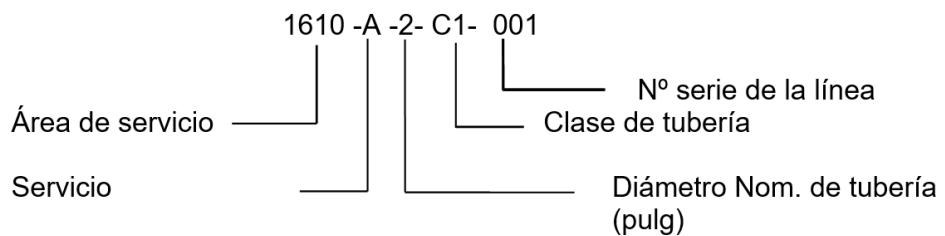


Figura 7.5 Codificación de tuberías o líneas de proceso (*Fuente: Área de Ingeniería GreengField*)

Tabla 7.5

Especificación técnica clase de tubería

Código del Fluido / Servicio	Material	Clase de Tubería
A : Sistema de Nalco	CS	C1
PA : Aire de planta	CS	C1
IA : Aire de Instrumentación	CS	C1
PW : Agua fresca	CS	C1
	SS	S1
	SS	S3
SA : Ácido sulfúrico	HDPE	H1
	HDPE	H2
PS : PLS, Solución Enriquecida.	CS	C3
ILS, Solución Pobre	P	P1
	HDPE	HO
	HDPE	H1
	HDPE	H2
	HDPE	H3
	HDPE	H4
R : Solución ácida	HDPE	H5
	SS	S1
	SS	S2
	SS	S6
	HDPE	H2
	HDPE	H3
	HDPE	H4
	SS	S1
	SS	S2
	SS	S3

Fuente: Área de Ingeniería GreengField

Tabla 7.6

Especificación técnica material de tubería

Clase de Material de Tuberías	
C	Acero al carbono
H	HDPE(High Density Polyethylene)
S	Acero Inoxidable
P	PVC

Fuente: Área de Ingeniería GreengField

Tabla 7.7

Especificación técnica servicios de tubería

Servicios	
1100	Chancado – Aglomerador
1200	Lixiviación
1820	Conducción de PLS
1610	Ácido sulfúrico, agua fresca
0820	Zona de bombeo de Cimarrona
0830	Línea de Cimarrona - Toquepala

Fuente: Área de Ingeniería GreengField

La Estación de Bombeo de Agua, está conformado por una línea de succión (acero al carbono 10” Ø), línea de descarga (acero al carbono 6” Ø) hasta estación de mezcladores mixtos, mientras para la estación de ILS, está conformada por una línea de succión (acero al carbono 6”, 4, 3” y 2 ½”), línea de descarga (acero inoxidable) 2 ½”, 3” y tubería HDPE de 2”- 4”, SDR 9, 13.5 y 21, además la línea del sistema de riego de ILS, se encuentra a continuación de la estación de ILS, está conformada por una línea de tubería de HDPE de 4” (SDR 9, 13.5 y 21 que se inicia en el punto P1 y va hasta el Pad Fase III actual. El sistema de bombeo de ácido de succión (acero inoxidable 1”), línea de descarga (acero inoxidable 1”) hasta la estación de mezcladores estáticos y por último la estación de mezcladores estáticos, está conformada por una válvula anticipadora de Onda, mezcladores estáticos, sistema de tuberías (acero inoxidable 6”) y accesorios. La línea de acero inoxidable de 6” llega hasta el punto P1.

7.2.5. CAUDALES

Los caudales medidos corresponden a la capacidad de descarga de las bombas instaladas. La capacidad de la bomba, en función del caudal o gasto, fue medida en la descarga de cada sistema de bombeo mediante el método volumétrico, el cual consiste en la utilización de instrumentos de control (flujómetro magnético), obteniendo los datos suficientes para hallar la relación volumen/tiempo o caudal.

7.3. EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE BOMBEO

La evaluación económica del presente proyecto se presenta o desglosa de la siguiente manera:

7.3.1. COSTO DE ENERGIA ELECTRICA

Los consumos de energía eléctrica del sistema de bombeo se establecen teniendo en cuenta el valor promedio del costo unitario de energía que aplicó para la empresa, multiplicado por la potencia consumida por el tiempo de trabajo en horas día del sistema por los treinta días del mes:

7.3.2. COSTO DE PERSONAL

Los componentes básicos de un sistema de bombeo son los siguientes. Se estima el salario aproximado mensual, según el pago básico promedio para el personal que interviene en la operación y mantenimiento del sistema de bombeo, el cual se relaciona en la siguiente tabla:

CARGO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Operarios	4	\$ 752.500	\$ 3.010.000,00
Técnicos Mecánicos	3	\$ 900.000	\$ 2.700.000,00
Técnicos Eléctricos	3	\$ 900.000	\$ 2.700.000,00
TOTAL \$ 8.410.000,00			

Entonces se tiene que en total el personal designado a la operación, supervisión y mantenimiento de los sistemas de bombeo son 10 personas, distribuidos en 02 turnos, cubriendo las 24 horas del día.

7.3.3. COSTO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento incluye: Sellos mecánicos, rodamientos, elastómeros, acoplos, ejes, bujes o camisas, impulsores, grasas y tornillería. Los costos de mantenimiento se hallaron para cada unidad despachada por el almacén al taller mecánico.

Costo de mantenimiento promedio mensual = \$ 6.036.240,67.

7.3.4. COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es la sumatoria de los costos de consumo de electricidad + costos de personal + costos de mantenimiento.

Costo total de operación y mantenimiento = \$ \$10.243.671,37 + \$ 8.410.000,00+ \$ 6.036.240,67 = \$ 24.689.912,04:

CAPITULO VIII

APORTES LOGRADOS PARA EL DESARROLLO DEL CENTRO LABORAL

La empresa aporta conocimientos técnicos complementarios a la formación académica del profesional, abordando temas organizacionales y otros inherentes al desarrollo de proyecto en minera como tal. Los temas principales fueron:

- Funcionamiento y estructura organizacional.
- Labores de desarrollo, ejecución.
- Ciclos de producción.
- Labores especiales.
- Seguridad en el trabajo.
- Procedimiento estándar de proyectos.
- Organización del personal en los frentes de trabajo.
- Servicios mineros.
- Inspección y supervisión de labores mineras.
- Control de calidad.

Estos temas son desarrollados mediante un modelo teórico-práctico, donde se realizan:

- Capacitaciones y tutorías.
- Observación directa de las operaciones con acompañamiento y orientación profesional.
- Asignación de funciones que permitan poner en práctica los conocimientos adquiridos.

Adicionalmente, se realizaron actividades complementarias que promueven el liderazgo, la confianza, la hermandad y el trabajo en equipo, a través de charlas dirigidas y actividades deportivas. Así pues, las habilidades y competencias adquiridas son:

- Desarrollo de trabajos en equipo.
- Coordinación de actividades.
- Manejo de personal.
- Criterio para la toma de decisiones.
- Supervisión e inspección de operaciones.
- Control y seguimiento de labores mineras.
- Formulación y ejecución de proyectos

Entre otros aportes, Green Engineering Field SAC brinda apoyo técnico y económico para el desarrollo profesional y por ende empresarial.

CAPITULO IX

APORTES LOGRADOS PARA LA

FORMACION PROFESIONAL

Los aportes del profesional a la empresa se relacionan con las actividades y los logros obtenidos de su desarrollo, en el siguiente cuadro:

Tabla 9.1
Aportes para la formación profesional

ACTIVIDAD	APORTE	LOGRO
Formulación de los entregables del proyecto del sistema de bombeo del pad de lixiviación	Identificación y definición de la WBS "EDT", del proyecto de la disciplina mecánica.	Listado de entregables de la disciplina mecánica del sistema de bombeo del pad de lixiviación.
Visitas a campo para levantamiento de información de instalaciones y requerimientos del cliente.	Recopilación de información y requerimientos a través de minutos de reunión y reportes.	Satisfacción del cliente y cumplimiento del alcance propuesto del proyecto.
Elaboración de la ingeniería de detalle, conforme al sistema de bombeo de un pad de lixiviación.	Conocimiento de la realidad del sector, e identificación de soluciones al problema o necesidad requerida.	Experiencia y desarrollo en el sector minero, en pad de lixiviación.
Generación y validación de las memorias de cálculo de los diferentes sistemas de bombeo del pad de lixiviación.	Uso y aplicación del software AFT Fathom 7.0 e AFT Impulse 2.0	Simulación en estado estable y transitorio de los sistemas de bombeo del pad de lixiviación.
Seguimiento y control de la calidad del proyecto	Identificación de los factores de mejora continua.	Elaboración del informe técnico con oportunidad de mejoras o recomendaciones.
Desarrollo del perfil profesional o puesto de trabajo, enfocado al proyecto adjudicado.	Cumplir los logros y objetivos trazados de acuerdo a la linea base y cronograma del proyecto.	Incremento de nuevas habilidades y competencias, conforme a la misión y visión de la empresa.

Fuente: Datos recabados por el autor

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

En la etapa de elaboración de la ingeniería de detalle del proyecto, se incluye en el anexo, el listado de entregables concernientes a la disciplina mecánica, los cuales fueron presentados y aprobados por el cliente.

Para cumplir con uno de los objetivos específicos tuvimos que analizar los requerimientos del cliente y características del actual sistema de bombeo. En base a lo anterior, se detectó la necesidad principal y se propuso alternativas de diseño expuestas en la ingeniería de detalle desarrollada; en el PFD (Diagrama de Flujo de Proceso) P&ID (Diagrama de Instrumentación y Tuberías).

Los resultados obtenidos con el Software AFT FATHOM 7.0 nos brindó el dimensionamiento en presiones y flujo para cada estación de bombeo, lo cual nos permitió elaborar las memorias de cálculo correspondiente, a continuación, se detalla el resumen de dichas memorias:

- Se determinó la altura dinámica total para el sistema de bombeo de agua fresca: igual a 164 m. Para un caudal de 153 m³/h, diámetro de tubería de succión de 10" de acero al carbono, altura dinámica de succión de 25.03 m. Diámetro de tubería de impulsión de 6", de acero al carbono a una altura dinámica de impulsión de 187.45 m. Con el cual se requiere de una bomba hidráulica con una eficiencia 69%, accionada por un motor eléctrico de 150 HP con una eficiencia de 95%.
- Se calculó la altura dinámica total para instalación sistema de bombeo de ILS: igual a 100 m. Para un caudal de 41.2 m³/h, diámetro de tubería de succión de 6", 4, 3" y 2 ½" de acero al carbono, altura dinámica de succión de 84.9 m. Diámetro de tubería de impulsión de 2 ½", 3", de acero inoxidable y tubería HDPE de 2"-4", SDR 9, 13.5 y 21 a una altura dinámica de impulsión de 98.95 m. Con el cual se requiere de una bomba hidráulica con una eficiencia 70%, accionada por un motor eléctrico de 50 HP.
- Se halló la altura dinámica total para Sistema de bombeo de ácido sulfúrico: igual a 60 m. Para un caudal de 2.3 m³/h, diámetro de tubería de succión de 1", de acero inoxidable, altura dinámica de succión de 0.0549 m. Diámetro de tubería

de impulsión de 1”, de acero inoxidable a una altura dinámica de impulsión de 48.16 m. Con el cual se requiere de una bomba hidráulica con una eficiencia 65%, accionada por un motor eléctrico de 3 HP.

Se elaboró los criterios de diseño para el desarrollo de la ingeniería de detalle en la especialidad de la parte mecánica. El alcance de este cubrirá los siguientes términos:

- **Requerimiento de equipo y accesorios:** Todos los equipos y accesorios serán diseñados y/o seleccionados para servicio pesado y trabajo continuo, teniendo en cuenta las condiciones de ubicación del proyecto. Los equipos, accesorios, planchas y otros elementos a suministrarse serán nuevos y de fabricación estándar, que garantice el reemplazo oportuno y adecuado de repuestos y se tenga el menor costo de mantenimiento.
- **Factor de servicio:** Se consideró para el proyecto el factor de servicio de 1.5, que se aplicará a las capacidades nominales.
- **Transmisiones mecánicas:** Para la transmisión de potencia mecánica directa se utilizará acoplamientos de tipo flexible, auto alineantes, para compensar desalineamiento entre ejes. Los rodamientos de los equipos mecánicos, será para servicio pesado, autoalineantes, de rodillos esféricos, cónicos o cilíndricos, seleccionados para una duración mínima L10: Bombas 60 000 horas. Todas las fajas, poleas, acoplamientos o todo elemento rotatorio expuesto, deberán ser protegidos con una guarda metálica.
- **Bombas:** Las bombas serán de tipo centrífugo para agua, tipo dosificadora para ácido y vertical para PLS. Los motores sistemas de transmisión, serán diseñados o seleccionados de acuerdo al criterio de flujo máximo y velocidad de impeler no mayor a 3600 rpm. Se utilizarán válvulas check a la salida de las bombas.

Se concluyó, cumplir con las especificaciones de los componentes, equipos, materiales, entre otros, los cuales se detalla de manera explícita en los anexos, para la implementación de los sistemas de bombeo propuestos en el expediente de ingeniería básica y detalle del Pad de Lixiviación – Fase IV.

Resulto pertinente la elaboración de las hojas de datos de los equipos del sistema de bombeo, para la selección de los mismos, porque en el catálogo de los fabricantes y proveedores se tiene una gama de marcas y modelos. Los cuales pueden no estar acordes con las necesidades o requerimientos de diseño propuestos en el expediente de ingeniería.

El análisis económico del sistema propuesto determinó que la inversión es recuperable en un plazo no mayor a 5 años; al término de los cuales la tasa interna de retorno será del 11% lo que viabiliza la inversión al mediano y largo plazo

10.2. RECOMENDACIONES

El estudio o levantamiento de información de campo se torna relevante cuando se pretende mejorar o realizar un up-grade de un sistema de bombeo, porque conociendo las características del sistema en forma integral se puede proponer con conocimiento de causa alternativas de modificación técnica o diseño según que el caso amerite.

Elegir el diseño óptimo de los sistemas de bombeo previa a su implementación, razón por la cual debe contemplarse su proyección en la planeación general de la mina a corto, mediano y largo plazo, de esta manera puede garantizarse el presupuesto suficiente para mantener la operación optima del mismo.

Todos los equipos implicados en el proyecto del Pad del Lixiviación Fase IV, el cual comprende: El sistema de agua, sistema de ILS, ácido, sistema de riego de solución (agua + acido) y solución ILS, serán equipos nuevos, donde están incluidos: bombas, válvulas, instrumentos, tuberías, etc.

Cundo se seleccione las bombas se debe tener muy en cuenta la utilidad de esta y las condiciones a las cuales trabajará para determinar la más adecuada sin mayor costo de inversión ni problemas de cavitación

Los instrumentos, bridás y demás accesorios, comprendidos desde la descarga del tanque de agua fresca hasta el TIE-INS 001 serán reemplazados por equipos con presión de trabajo 300 Psig.

Es importante evaluar las pérdidas de carga en la instalación de tuberías, porque es un indicador que sirve para conocer si el consumo de energía es lo necesario o en exceso, es decir, podemos controlar el costo de operación registrando como antecedente histórico el consumo de dicha energía.

Para la operación de riego del Pad de Lixiviación, se tendrá que operar como mínimo 3 Sri por modulo hasta 7 Sri, para mantener el sistema en balance y evitar una sobrecarga del motor eléctrico de la bomba.

Se recomienda incluir en el programa del mantenimiento preventivo a los nuevos equipos del nuevo sistema de bombeo, para evitar paros indebidos para realizar correctivos innecesarios.

Las obras de construcción, detalladas en el expediente de ingeniería del proyecto del Pad de Lixiviación Fase IV, deben ser bien planificadas y programadas, a fin de no generar dificultades e incompatibilidades durante el proceso de ejecución y gestión del mismo.

CAPITULO XI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

TEXTOS

- AZEVEDO, Netto. Manual de hidráulica, sexta edición. México: Editorial Harla. 549 p
- Antonio, G. R., & Esteban, C. B. (2013). Teoría de Maquinas e Instalación de Fluidos. España: UNE.
- Blatt, F. (1991). Fundamentos de física. México: Prentice Hall.
- Ferreccio, A. (1985). Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua. lima: CEPIS.
- Kenneth J. Mc Naughton, 1998. Bombas, selección, uso y mantenimiento. Ed Mc Graw Hill. México.
- Jones, G. M. (2004). Pumping Station Design. USA.
- Lasheras A, R. (2012). Cálculo y diseño de un sistema de bombeo para una Edaru. Universidad Carlos III de Madrid, Dep. de Ciencias e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, 38-55.
- Mott, R. L. (2006). Mecánica de fluidos aplicada. México: Pearson.
- SALDARRIAGA, Juan G. Hidráulica de tuberías. Colombia: McGraw-Hill, 2001. ISBN: 958-600-831-2.
- SOTELO AVILA, Gilberto. Hidráulica general. México: Editorial Limusa SA, 1974. 547 p.
- Van der Spek, A. y. (2014). Eficiencia de las bombas en operación paralela en tuberías de larga distancia. . Wallingford, USA.: Consultant, Zdoor BV, The Netherlands y CiDRA Minerals Processing, Wallingford, USA.
- Viejo Zubizaray, Manuel. 2002. Bombas; Teoría, Diseño y Aplicaciones. Ed. Limusa S.A. México.

TESIS

AUCCACUSI MONTEJO, Dany Franco. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO ÓPTIMO DE BOMBEO EN MUSKARUMI – PUCYURA - CUSCO USANDO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica. Perú. 2,004. 191 p.

CUTZAL MUZ, Jose Amner. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA COLONIA ROMEC Y DISEÑO DEL INSTITUTO DE SAN JOSÉ CHACAYÁ, SOLOLÁ Tesis para optar el título de Ingeniero Civil San Carlos de Guatemala. 2,007. 219 p.

DRAGUSTINOVIS RUIZ, Edgar. AHORRO DE ENERGÍA Y AGUA EN SISTEMAS DE BOMBEO -CASO DE ESTUDIO HOTELES PYMES. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional Autónoma de México. 2,014. 84 p.

LLANQUI COILA, Armando. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGIA SOLAR Y ENERGIA A DIESEL EN LAS COMUNIDADES DE SANCAYUNI Y VILLA ORINOJON - ISLA AMANTANI. Tesis para optar el Título de Ingeniero en la Universidad del Altiplano de Puno, Perú. 2,013. 197 p.

RODRIGUEZ AYALA, Llover. MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EVACUACIÓN EFICIENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A - UNIDAD SAN CRISTOBAL. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Centro de Huancayo, Perú. 2,014.79 p.

ROSAS MAMANI, Roberto Carlos. DETERMINACION DE LAS VARIABLES HIDRODINAMICAS Y ENERGETICAS EN LA INTERACCION ENTRE MOTOR – BOMBA CENTRIFUGA. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 2,017. 197 p.

LINKOGRAFIA

ORTIZ VIDAL, Luis E. et al. Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero: estudio de caso. En: *Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería*. Vol. 18. No. 3 (2010). [en línea] www.scielo.cl/pdf/ingeniare/art07 [citado en 5 septiembre de 2018].

Bombas centrifuga tipo voluta de flujo radial, obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/lhidraulica/guias/bombas/Bombas.html> [citado en 10 mayo de 2018].

Bombas eje libre, obtenido de <http://ocwus.us.es> [citado en 11 mayo de 2018].

Sistema de bombeo en paralelo, obtenido de <https://dragoit.com/blog/sistemas-de-bombeo> [citado en 20 julio de 2018].

Bomba Monobloque obtenido de: <http://bombas-intercal.com> [citado en 20 julio de 2018].

CAPITULO XII

ANEXOS

Actualizado al 24 Setiembre

NRO DOCUMENTO CLIENTE	DESCRIPCION	Estado de entregable	ENTREGABLES EMITIDOS POR CGA															
			REV B		REV C		REV D		REV E		REV F		REV O		REV 1		REV 2	
			# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha		
INGENIERIA BASICA	Disciplina Mecánica/Piping																	
	DOCUMENTOS																	
L3X30001-DA-589750-05-DC-001	Criterios de Diseño - Mecánica	Emitido en Rev 1	TMT11	24-Mar-14							TMT35	24-Abr-14	TMT74	30-May-14			TMT34 27-May-14	
L3X30001-DA-589750-06-DC-001	Criterios de Diseño - Tuberías	Emitido en Rev 1	TMT10	24-Mar-14							TMT35	24-Abr-14	TMT74	30-May-14			TMT34 27-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-CS-001	Condiciones de Sitio	Emitido en Rev 0	TMT10	24-Mar-14							TMT35	24-Abr-14					TMT37 29-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-TS-001	Especificaciones Técnicas Bombas	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14							TMT94	23-Jun-14					TMT61 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-06-TS-001	Especificaciones Técnicas Tuberías	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14							TMT147	7-Ago-14					TMT92 23-Jul-14	
L3X30001-DA-589750-05-TS-002	Especificaciones Técnicas Válvulas	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14							TMT94	23-Jun-14					TMT61 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-001	Hojas de Datos Bombas de agua (Bomba Horizontal Centrífuga)	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14							TMT94	23-Jun-14					TMT62 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-002	Hojas de Datos Bombas de acido	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14							TMT74	30-May-14	TMT198	17-set-14			TMT54 6-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-003	Hojas de Datos Bombas de ILS	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14							TMT94	23-Jun-14					TMT62 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-004	Hojas de Datos Válvulas de Agua	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14	TMT147	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14					TMT61 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-005	Hojas de Datos Válvulas de Acido	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14	TMT147	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14						
L3X30001-DA-589750-05-DS-006	Hojas de Datos Válvulas de ILS	Emitido en Rev 0	TMT29	22-Abr-14	TMT147	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14					TMT61 20-Jun-14	
L3X30001-DA-589750-05-DS-001	Hoja de Datos Tubería de Acero Inoxidable 2"	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14	TMT151	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14	TMT195	5-set-14			TMT038 29-May-14	
L3X30001-DA-589750-06-DS-002	Hoja de Datos Tubería de Acero Inoxidable 3" @ 6"	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14	TMT151	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14					TMT038 29-May-14	
L3X30001-DA-589750-06-DS-003	Hoja de Datos Tubería de HDPE 2" @ 10"	Emitido en Rev 0	TMT27	22-Abr-14	TMT151	7-Ago-14					TMT164	18-Ago-14	TMT195	5-set-14			TMT038 29-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-MC-001	Memoria de calculo-bomba de agua fresca	Emitido en Rev 0	TMT10	24-Mar-14							TMT64	23-May-14					TMT26 16-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-MC-002	Memoria de calculo-bomba de ILS	Emitido en Rev 0	TMT10	24-Mar-14							TMT64	23-May-14					TMT27 16-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-MC-003	Memoria de calculo- Descarga de acido por gravedad	Emitido en Rev 0	TMT10	24-Mar-14							TMT64	23-May-14					TMT27 16-May-14	
L3X30001-DA-589750-05-FR-001	Informe Final Disciplina	Emitido en Rev 0	TMT45	6-May-14							TMT94	23-Jun-14					TMT65 20-Jun-14	
	PLANOS																	
589750-05-GD-410	Estación de bombeo (línea de agua)	Emitido en Rev 0	TMT21	8-Abr-14							TMT96	25-Jun-14					TMT66 20-Jun-14	
589750-05-GA-411	Arreglo General Mecánica ILS Planta	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT145	5-Ago-14					TMT67 20-Jun-14	
589750-05-GA-412	Arreglo General Mecánica ILS Secciones	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT145	5-Ago-14	TMT194	1-set-14			TMT67 20-Jun-14	
589750-06-GD-401	Perfil General Sistema de Bombeo Gradiente Hidráulico	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT191	29-Ago-14					TMT53 6-Jun-14	
589750-06-GD-402	Perfil del Sistema de Bombeo Tubería de Agua 1 de 4	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT191	29-Ago-14					TMT53 6-Jun-14	
589750-06-GD-403	Perfil del Sistema de Bombeo Tubería de Agua 2 de 4	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT191	29-Ago-14					TMT53 6-Jun-14	
589750-06-GD-404	Perfil del Sistema de Bombeo Tubería de Agua 3 de 4	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT191	29-Ago-14					TMT53 6-Jun-14	
589750-06-GD-405	Perfil del Sistema de Bombeo Tubería de Agua 4 de 4	Emitido en Rev 0	TMT40	30-Apr-14							TMT191	29-Ago-14					TMT53 6-Jun-14	
INGENIERIA DETALLE	Disciplina Mecánica/Piping																	
	DOCUMENTOS																	
L3X30001-DA-589750-05-MC-004	Memoria de Calculo Bomba de Acido (transitorio en la línea de bomba)	Emitido en Rev 0	TMT56	15-May-14	TMT76	4-Jun-14												
L3X30001-DA-589750-05-MC-005	Memoria de Calculo Estado transitorio Bomba de agua fresca	Emitido en Rev 0	TMT76	4-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-MC-006	Memoria de Calculo estado transitorio bomba de ILS	Emitido en Rev 0	TMT76	4-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-MC-007	Memoria de Calculo estado transitorio bomba de acido	Emitido en Rev 0	TMT76	4-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-TS-003	Especificación Técnica Fabricación de Tanque de acero	Emitido en Rev 0	TMT76	4-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-TS-004	Especificación Generales - Mecanica	Emitido en Rev 0	TMT88	17-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-DS-007	Hojas de Datos de Bomba Vertical (barcaza)	Emitido en Rev 0	TMT89	17-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-MC-008	Memoria de calculo Valvulas de Vento	Emitido en Rev 0	TMT88	17-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-MC-009	Memoria de calculo Bomba Vertical	Emitido en Rev 0	TMT89	17-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-TS-005	Especificaciones Técnicas Bomba de desplazamiento positivo	Emitido en Rev 0	TMT74	30-May-14														
L3X30001-DA-589750-05-TS-006	Especificaciones Técnicas Bomba Sumidero	Emitido en Rev 0	TMT74	30-May-14														
L3X30001-DA-589750-05-TS-007	Especificaciones Técnicas Bomba Vertical	Emitido en Rev 0	TMT88	17-Jun-14														
L3X30001-DA-589750-05-DS-008	Hojas de Datos Bomba Sumidero 3 HP	Emitido en Rev 0	TMT74	30-May-14														
L3X30001-DA-589750-05-DS-009	Hojas de Datos Tanques de acido	Emitido en Rev 0	TMT76	4-Jun-14	TMT88	17-Jun-14												
L3X30001-DA-589750-05-DS-010	Hojas de Datos Tanques de ILS	Emitido en Rev 0	TMT76															

Actualizado al 24 Setiembre

NRO DOCUMENTO CLIENTE	DESCRIPCION	Estado de entregable	ENTREGABLES EMITIDOS POR CGA														
			REV B		REV C		REV D		REV E		REV F		REV O		REV 1		REV 2
# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha	# TMT	Fecha
589750-06-GD-423	Sopores Típicos	Emitido en Rev 0	TMT112	3-Jul-14										TMT145	5-Ago-14		
589750-06-GD-424	Cajón de distribución PLS/ILS Planta y Secciones	Emitido en Rev 0	TMT138	26-Jul-14										TMT148	7-Ago-14		
589750-05-GD-425	Tanque de Ácido Sulfurico	Emitido en Rev 0	TMT88	17-Jun-14										TMT145	5-Ago-14		
589750-05-GD-426	Tanque de ILS	Emitido en Rev 0	TMT88	17-Jun-14										TMT145	5-Ago-14		
589750-05-GD-428	Poza de sedimentación - Elevación Planta y Detalles	Emitido en Rev 0	TMT96	25-Jun-14										TMT148	7-Ago-14		
589750-06-GD-435	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 1 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-436	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 2 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-432	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 3 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-433	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 4 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-434	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 5 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-412	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 6 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-413	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 7 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-431	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 8 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-430	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 9 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-429	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 10 de 16	Emitido en Rev 0	TMT101	27-Jun-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-437	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 11 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-438	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 12 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-439	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 13 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-440	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 14 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-441	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 15 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT128	21-Jul-14		
589750-06-GD-442	Estacion de Bombeo Agua - Isometrico 16 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT153	9-Ago-14		
589750-06-GD-414	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 1 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT153	9-Ago-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-415	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 2 de 16	Emitido en Rev 0	TMT105	1-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-443	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 3 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-444	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 4 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-445	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 5 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-446	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 6 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-447	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 7 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-448	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 8 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-449	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 9 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-450	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 10 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-451	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 11 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-452	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 12 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-453	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 13 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-454	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 14 de 16	Emitido en Rev 0	TMT106	2-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-455	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 15 de 16	Emitido en Rev 0	TMT112	3-Jul-14										TMT136	24-Jul-14	TMT195	5-set-14
589750-06-GD-456	Sistema de Bombeo Ácido - Isometrico 16 de 16	Emitido en Rev 0	TMT112	3-Jul-14										TMT136	24-Jul-14		
589750-06-GD-463	Bomba de descarga de ácido - Zona de chancado	Emitido en Rev 0	TMT153	9-Ago-14										TMT164	18-Ago-14	TMT195	5-set-14

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

MEMORIA DE CÁLCULO BOMBA DE AGUA FRESCA

L3X30001-DA-589750-05-MC-001

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	17/03/14	Revisión Interna y Comentarios	CGO	ASA	DCF
B	21/03/14	Aprobación de Cliente	CGO	ASA	DCF
0	23/05/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	3
2.	ALCANCE	3
3.	BASE DE CÁLCULO	4
3.1	Parámetros de Diseño	4
3.2	Propiedades del Fluido	4
3.3	Propiedades de los Materiales	5
3.4	Referencias	5
4.	METODOLOGIA DEL CÁLCULO	6
4.1	Análisis de Régimen Permanente	6
4.2	Modelo Computarizado	6
5.	RESULTADOS	9
5.1	Diámetro Económico	9
5.2	TDH y Potencia de Bombeo	13
5.3	Perfil Hidráulico	18

Tablas

Tabla 3.1	Propiedades de Agua Fresca	4
Tabla 5.1	Caudal de agua y ácido en el sistema de bombeo	13
Tabla 5.2	Balance de masa en PAD	14
Tabla 5.3	Caudal de agua y ácido en el sistema de riego PAD	14

Figuras

Figura 5.1	Sistema de Bombeo Simple con Presión Agua Fresca	13
Figura 5.2	Modelo de simulación 6 ramales / 3 líneas / 15 aspersores	15
Figura 5.3	Modelo de simulación sistema de bombeo	16
Figura 5.4	Modelo de simulación con presiones	17
Figura 5.5	Modelo de simulación con diámetro	17
Figura 5.6	Modelo de simulación Gradiente Hidráulico	18
Figura 5.7	Modelo de simulación con presiones	18
Figura 5.8	Modelo de simulación con velocidades	19

1. INTRODUCCIÓN

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del Pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

La implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, requiere el diseño de un nuevo sistema de riego del Pad con solución ácida (agua fresca + ácido sulfúrico) y solución ILS. Este diseño debe tener en consideración que en la etapa de inicio de operación del Pad Fase IV el sistema de riego debe tener la capacidad de continuar con el riego del Pad Fase III por el tiempo que sea requerido.

2. ALCANCE

El presente documento presenta la Memoria de Cálculos de la disciplina de Ingeniería Mecánica que se ha elaborado para el diseño de los sistemas de impulsión de agua fresca y ácido sulfúrico, que en conjunto conforman el sistema de riego para la implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

Este documento forma parte de la Ingeniería Detalle del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

La memoria de cálculo se incluye la información disponible, las bases de cálculo y un resumen de cálculos y resultados. El dimensionamiento de los sistemas para impulsión de agua fresca cubrirá los siguientes aspectos:

- Definición del sistema de impulsión de agua fresca requerido para el sistema de riego del Pad con solución ácida.
- Definición del sistema de impulsión de ácido sulfúrico requerido para el sistema de riego del Pad con solución ácida.
- Análisis de Régimen Permanente del sistema de impulsión para establecer los requerimientos de Altura Dinámica Total (TDH) y Flujo de las bombas.
- Análisis de las Elevaciones de cada una de las Estaciones de Impulsión.
- Cálculo de espesores de las Tuberías de acuerdo al código ASME B31.4

3. BASE DE CÁLCULO

3.1 Parámetros de Diseño

El análisis se desarrolló de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- a) El dimensionamiento y selección de los componentes del sistema de impulsión se realizó sobre la base del Criterio de Diseño para Tuberías, Especificación de Materiales para Tuberías y Diagramas de Proceso.
- b) Los flujos para cálculo se obtienen del “Diagrama de Flujos” y se encuentran definidos como Flujos de Diseño. Estos valores incluyen el factor de utilización de la Planta y las fluctuaciones de flujo o factor de diseño definido por la Disciplina de Procesos.
- c) Las pérdidas de carga, para conducciones en presión, se calculan mediante la expresión de Darcy-Weisbach y los coeficientes de fricción mediante la ecuación de Colebrook-White.
- d) La rugosidad absoluta de la tubería de acero, utilizada para determinar las pérdidas de carga regulares, incluirá el aumento de la rugosidad superficial originado por la degradación natural del revestimiento. La rugosidad absoluta máxima corresponderá a aquella asociada al proceso de Arenado Comercial y la rugosidad mínima corresponderá a aquella asociada a una limpieza química.
- e) La presión de operación máxima admisible (MAOP) y la sobre presión máxima admisible eventual (MASP) se calcularán de acuerdo a la Norma ASME B31.4 “Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and other Liquids”.
- f) La tasa de corrosión estimada para la tubería es de 0,05 mm/año.
- g) Los cálculos son válidos para una vida útil del proyecto de 20 años.

3.2 Propiedades del Fluido

Tabla 3.1
Propiedades de Agua Fresca

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Temperatura máxima:	°C	26.0
Temperatura mínima:	°C	-2.0
Temperatura media:	°C	15.0
Densidad:	Kg/m ³	1000.0
Viscosidad Dinámica:	Pa-s	1.0
Presión de Vapor:	kPa	1.80 @ 15.6°C
Módulo de Elasticidad:	Psi	0.311x10 ⁶

3.3 Propiedades de los Materiales

Las propiedades de la tubería son las siguientes:

Material	:	Acero Carbono A 53 Gr. B.
Diámetro Exterior	:	6 inch. (150 mm)
Esfuerzo de Fluencia	:	30.000 psi.
Factor de Diseño	:	72% (ASME B31.3)
Esfuerzo Admisible	:	35.000 psi. (ASME B31.3)
Espesor de Pared	:	0.280 inch (7,11 mm)
Rugosidad	:	0.0018 inch (0.04572 mm).
Presión de Operación Máxima Admisible (MAOP)	:	1430 psi para 10" sch. 40 (0.365 in) 1780 psi para 6" sch. 40 (0.280 in)

Material	:	HDPE (PE 4710).
Diámetro Exterior	:	8 inch. (219 mm).
Esfuerzo de Fluencia	:	1600 psi [ASTM D2837; HDB at 73°F (23°C)].
Factor de Diseño	:	63% (ASME B31.3).
Esfuerzo Admisible	:	> 3500 psi (ASTM D2837).
Rugosidad	:	0.00084 inch (0.021336 mm).
Presión de Operación Máxima Admisible (MAOP)	:	250 psi para 8" - SDR 9.0 160 psi para 4" - SDR 13.5 125 psi para 4" - SDR 17.0

3.4 Referencias

- L3X30001-DA-589750-05-DC-001 Criterios de Diseño - Mecánica
- L3X30001-DA-589750-06-DC-001 Criterios de Diseño - Tuberías
- L3X30001-DA-589750-05-CS-001 Condiciones de Sitio
- L3X30001-DA-589750-05-TS-001 Especificaciones Técnicas Bombas
- L3X30001-DA-589750-06-TS-001 Especificaciones Técnicas Tuberías
- L3X30001-DA-589750-05-TS-002 Especificaciones Técnicas Válvulas

4. METODOLOGIA DEL CÁLCULO

4.1 Análisis de Régimen Permanente

La metodología de cálculo aplicada en el desarrollo de este informe se basa en las siguientes consideraciones:

- El régimen permanente se analizó mediante el uso del software AFT Fathom 7.0, MathCad 14.0 y Spreadsheet 3.0.
- Se determinarán las condiciones operacionales del sistema con los parámetros de diseño más desfavorables y económicamente factibles. Estas condiciones permitirán hacer una selección preliminar de las bombas. Para ello se usaran la información contenida en el documento llamado “Condiciones de Sitio”.
- Para poder estimar el diámetro interno preliminar se usara la ecuación de Perry con la cual se determinara el diámetro económico.
- Con el diámetro económico se realizara la aproximación contingente usando el Spreadsheet considerando una presión de descarga que pueda balancear correctamente los 10 módulos de riego al caudal requerido por SPCC.
- La altura neta de succión disponible (NPSHa), será calculada considerando un nivel de líquido sobre la succión de la bomba de 2,0 metros.
- Por último se realizará la aproximación final considerando diámetros comerciales tanto en acero como en HDPE. Para ello se usara AFT Fathom 7.0.
- Se graficara el perfil hidráulico para las condiciones de operación del proceso.
- Para el caso de la bomba, se debe considerar que la altura neta de succión disponible (NPSHa), será calculada considerando un nivel de líquido sobre la succión de la bomba de 2,0 metros.
- El BEP máximo permitido será de 90%.

4.2 Modelo Computarizado

El software computarizado, AFT Fathom 7.0 desarrollado por Applied flow Technologies de USA, fue usado para asistir al análisis. AFT Fathom es un programa de análisis general de distribución de flujos a lo largo de redes hidráulicas y líneas de fluido incompresible. Los resultados se han verificado por:

1. Comparación contra soluciones analíticas por simple geometría de la tubería.
2. Comparaciones contra otros resultados obtenidos de otros programas de computación que analizan flujos en estado estable y en régimen turbulento.
3. Buenas prácticas de la ingeniería hidráulica y de fluidos.
4. Juicio de experto.

El modelo estará sustentado en las siguientes aproximaciones empíricas.

Perdidas por Fricción en la Tubería

Las pérdidas por fricción en la tubería serán confirmadas usando la ecuación de Hazen Williams con un C = 140 para tuberías de acero y acero inoxidable con un estimado de vida de más de 20 años y C=150 para tuberías de HDPE. La ecuación de Hazen Williams por lo general da un mayor valor estimado conservativo que la que se podría encontrar con la ecuación de Darcy.

Aunque el método de Darcy-Weisbach/Colebrook ofrece una solución matemática racional en los cálculos de las pérdidas de fricción para cualquier líquido con excepción de plásticos y aquellos que lleven fluidos en suspensión, muchos ingenieros prefieren usar la ecuación de Hazen & Williams para confirmar resultados.

$$h_f = 0.002083L \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{gpm^{1.85}}{d^{4.8655}}$$

Dónde:

- h_f = Perdida por energía debido a la fricción (pies de líquido)
- L= Longitud de tubería incluido perdidas equivalentes (pies)
- d= Diámetro interior de la tubería circular (pulgadas)
- C= Coeficiente de Hazen-Williams
- gpm= Caudal del fluido

Velocidad de Cavitación y Máxima Velocidad en la Tubería

La velocidad de cavitación es la condición máxima a la que el fluido debe desplazarse para evitar la formación de burbujas. Está condicionada por la presión atmosférica y la presión de vapor por lo que es muy importante su evaluación sobre todo en los cambios de dirección y válvulas de control.

La siguiente ecuación formulada por Murdock (2001) será usada, en la que la velocidad máxima por cavitación será iguala 0.75 veces la velocidad de cavitación.

$$V_c = \Gamma \left[\left(\frac{P_s - P_v}{\rho} \right)^{0.5} 2g \right]$$

Dónde:

- V_c = Velocidad máxima por cavitación (pies/segundo)
- P_s = Presión atmosférica (psia)
- P_v = Presión de vapor (psia)
- ρ = Densidad del fluido (62.4 lb/pie³)
- Γ = Factor de seguridad (0.75)
- g = Aceleración de la gravedad (32.2 pies/s²)

La velocidad máxima por cavitación = 27.1 pies/s [8.3 m/s]

Velocidad máxima óptima

La velocidad del flujo no deberá sobrepasar de cierto límite superior equivalente a la velocidad máxima económica, a la velocidad máxima de descarga de la bomba y a la pérdida de 1 psig a velocidad máxima en una válvula mariposa. Para válvulas de control 100% abierta en un conducto forzado se podrán utilizar perdidas mayores de acuerdo a la regulación. La velocidad máxima no deberá en lo posible ser superior a 9.84 ft/s (3.0 m/s). Para el cálculo de la velocidad máxima y mínima se usara la siguiente ecuación

$$V = \frac{Q}{2.449d_h}$$

Dónde:

Q = Caudal en GPM.

d_h = Diámetro Hidráulico (pulgadas).

V = Velocidad (pies/s)

Diámetro Económico

Se buscara que el diámetro económico sea mayor que el diámetro hidráulico y ha de calcularse en base a las expresiones de Bresse, Vibert y la Ecuación de Perry's Chemical Engineers Handbook (Eq.5-90,p.5-32,5th ed.) Las corridas internas demuestran que la ecuación de Perry es más exacta que las aproximaciones de Bresse por lo que optaremos por esta última ecuación como base de cálculo para nuestro análisis.

5. RESULTADOS

5.1 Diámetro Económico



GreEngField
 Project Management S.A.C

HOJA DE CALCULO

Proyecto:	Nuevo PAD de Lixiviación Fase IV			Job No:		Calculo No:	
Evaluación:	Diametro Económico para la alternativa propuesta			Ingeniero	Arturo	Disciplina:	Piping
Condición de Calculo	Preliminar:	Confirmado:	X Referencia:	Eliminado:	de Diseño	Saenz	Firma:

Fecha: 17/03/14

Plantamiento: Realizar el cálculo del Diámetro Económico para las condiciones de caudal proporcionados por Proyectos para la línea de agua fresca, tomando en cuenta los costos de tubería y costos de instalación.

Datos Iniciales:

$\eta := 1.31$ Exponente de la Ecuación de Costos $Le := 8600$ Longitud Equivalente (ft)

$Y := 365$ Dias de Operación de la bomba/año $Cl := 7.4$ Costos de Labor \$/h

$K_{\text{m}} := 0.1$ Costo de la Energia \$/Kw-h $P := 150$ Costo de Intalación de Bomba y motor \$ /HP

$\phi := 0.55$ Factor de Impuestos, taxis, fletes

$Z := 0.1$ Razón anual Fraccionaria del Beneficio

$a := 0.4$ Depreciación anual fraccionaria de la Línea

$b := 0.4$ Mantenimiento anual fraccionario de la Línea

$a' := 0.1$ Depreciación anual fraccionaria de Bombeo

$b' := 0.1$ Mantenimiento anual fraccionario de Bombeo

$E := 0.7$ Eficiencia Fraccionaria Combinada de la bomba y motor

$\rho := 62.42$ Densidad del Fluido lb/ft^3

$\mu := 1.46$ Viscosidad del Fluido Centipoises

$$M := \frac{(a' + b') \cdot E \cdot P}{17.9 \cdot K \cdot Y} \quad M = 0.032 \quad \text{Razon del costo anual de bombeo a la energia}$$

$q := 1.42$ pie^3/s Caudal requerido en la linea

$I_p := 230$ Indice de Costo de Tuberías a Diciembre del 2013

$I_{vf} := 736$ Indice de Costo de Tuberías, Valvulas y Accesorios a Diciembre del 2013

$I_i := 331$ Indice de Costo de Labor de Instalación a Diciembre del 2013

$I_o := 117.4$ Indice de Costo de Tuberías a Diciembre de 1968 USA

$I_{ii} := 120.9$ Indice de Costo de Labor de Instalación de 1968 USA

$D := 48$ Diametro inicial para calcular el costo de 1 ft de tubería, inch

$$X := \frac{I_p}{I_o} \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)$$

$X = 194.552$ Costo de 1 ft de tubería de 1 ft de Diametro \$

Calculemos ahora el Diametro Económico aplicando la ecuación de Perry's Chemical Engineers' Handbook (Eq. 5-90, p.5-32, 5th ed.)

Dado

$$\frac{D^{4.84+\eta}}{1 + 0.794 \cdot Le \cdot D} = \frac{0.000189 \cdot Y \cdot K \cdot q^{2.84} \cdot \rho^{0.84} \cdot \mu^{0.16} \cdot \left[(1 + M) \cdot (1 - \Phi) + \frac{Z \cdot M}{a' + b'} \right]}{\eta \cdot X \cdot E \cdot \left[1 + \left[\frac{\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{(1.639 \cdot D + 1.923)} + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \cdot (1.536 \cdot D + 0.17)}{\frac{I_p}{I_o} \cdot (25.532 \cdot D - 2.8217)} \right] \cdot [Z + (a + b) \cdot (1 - \Phi)] \right]}$$

$\text{D} := \text{Find}(D)$

$D = 0.662$ feet

Luego:

$\text{D} := 12 \cdot D$

$D = 7.939$ inches

Podemos entonces elegir un diámetro de 8" Dia en Acero o su equivalente interno en HDPE

Grafiquemos el Valor de F:

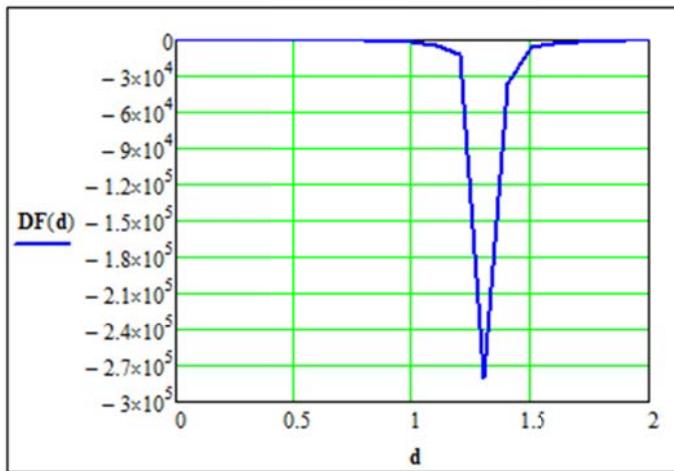
$D := 0, 0.1 .. 2$

$d := 0, 0.1 .. 2$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{\left(1.639 \cdot \frac{D}{12} + 1.923 \right)} + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \cdot \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$



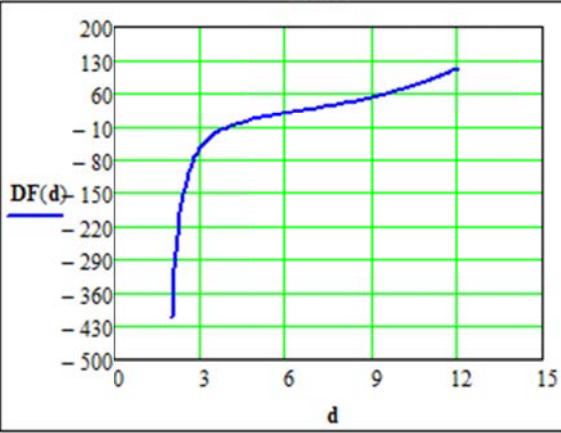
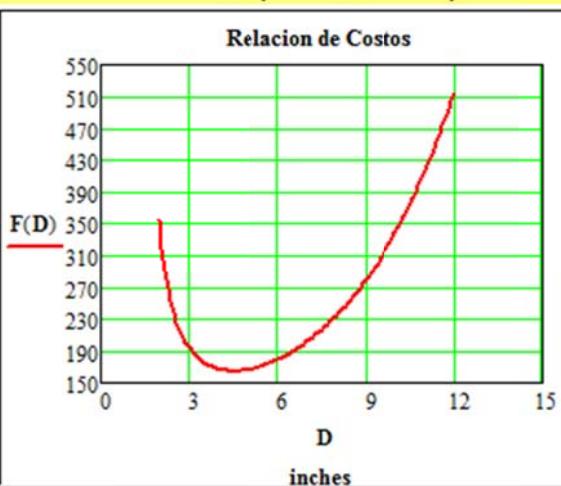


$D := 2, 2.1..12$

$d := 2, 2.1..12$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{\left(1.639 \cdot \frac{D}{12} + 1.923 \right)} + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \cdot \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$

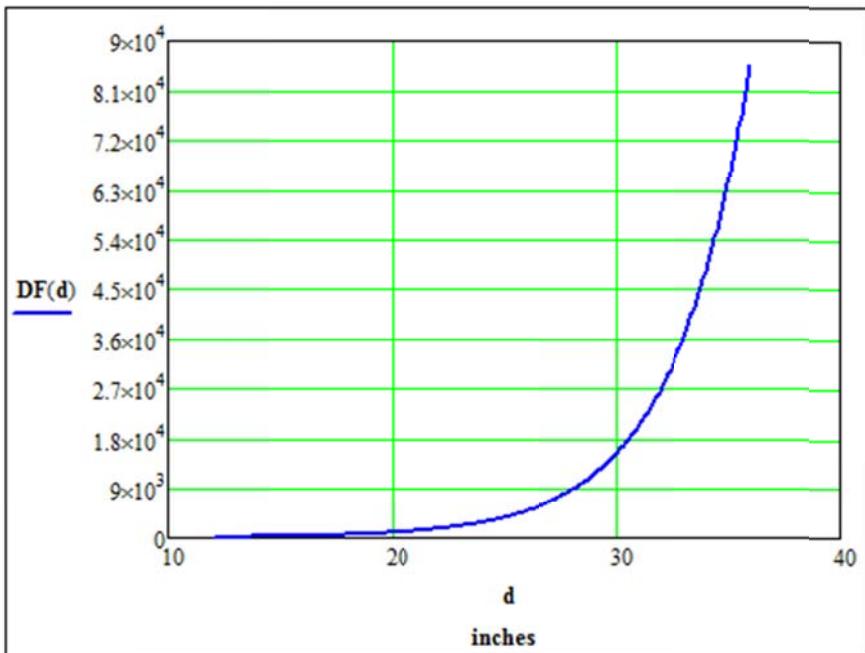
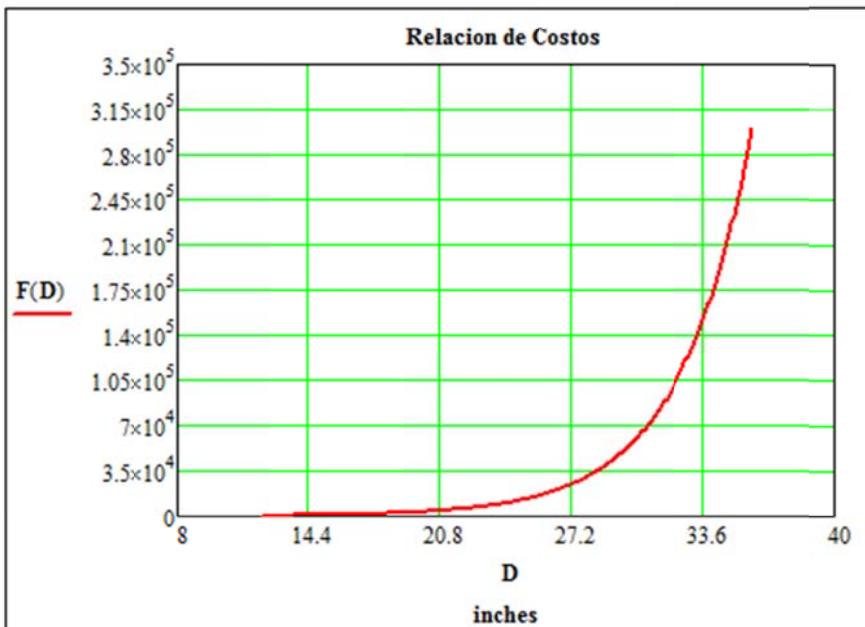


$D := 12, 12.1..36$

$d := 12, 12.1..36$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{\left(\frac{1.639 \cdot D}{12} + 1.923 \right)} + \frac{I_l}{I_o} \cdot C_l \cdot \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

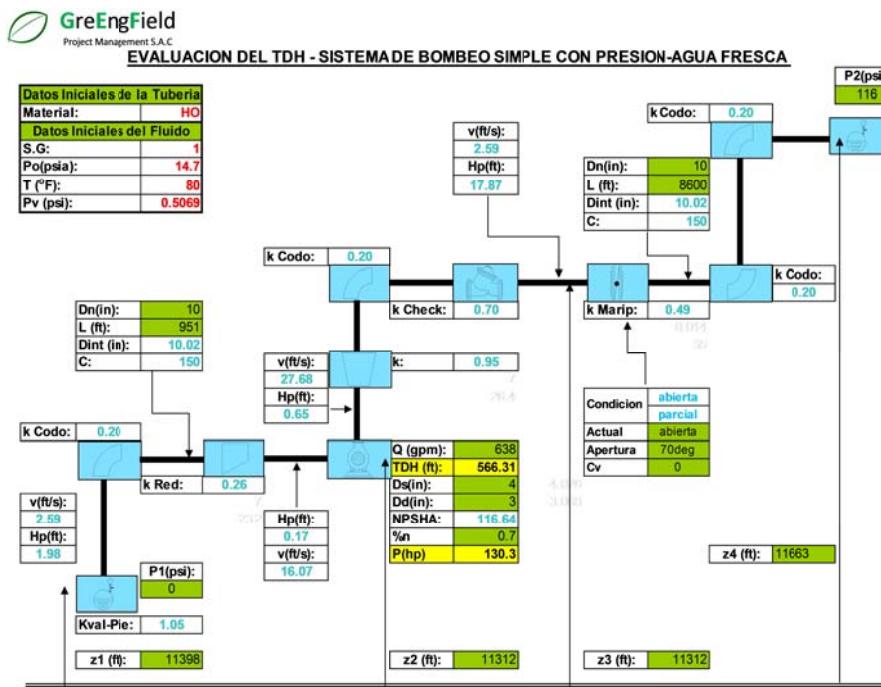
$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$



5.2 TDH y Potencia de Bombeo

APROXIMACION CON HOJA DE CÁLCULO

Figura 5.1
Sistema de Bombeo Simple con Presión Agua Fresca



APROXIMACIÓN CON HOJA ATF FATHOM 7.0

- APROXIMACIÓN POR FLUJO Y PRESIÓN DE LOS STRIP

De acuerdo las memorias de cálculo de SPCC presentados a GEF en la ingeniería detalle, los niveles y caudales nominales requeridos son como sigue:

Tabla 5.1
Caudal de agua y ácido en el sistema de bombeo

SISTEMA	Q _d	Cota
	m ³ /hr	msnm
AGUA FRESCA + ÁCIDO	144.99	3448.49
ÁCIDO	0.99	3446.04
AGUA FRESCA	144.00	3447.49 (*)

Fuente: Ingeniera detalle de SPCC

(*)Nota: El nivel de agua fresca se encuentra a una altura 3474.00 la cual difiere a la indicada en la tabla N° 5.1 presentada por SPCC.

Tabla 5.2
Balance de masa en PAD

Parámetros		NUMEROS DE FLUJO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		AGUA SERVICIO	AGUA LIXIVIAC.	SOLUCION LIXIVIC.	IMPREGNAC. AL MINERAL	EVAPORACION	PLS ENVIADO	ILS	RECIRCULAC. DE ILS	ACIDO SULFUR.	ACIDO SULFUR.
FLUJO DE DISEÑO	m3/h	5.160	153.340	154.900	8.460	18.250	132.320	41.100	41.200	0.115	1.587
FLUJO NOMINAL	m3/h	4.490	133.340	134.720	6.337	17.912	115.061	35.700	35.800	0.100	1.380
Cu	g/L		0	0			2.96	0 to 3	0 to 3	0	0
Fe TOTAL	g/L		0	0			4	4	4	0	0
H ₂ SO ₄	g/L (%)		0	17.775			4 to 5	4 to 5	10	98.50%	98.50%
pH			~5	~1.6			~1.7	~1.7	~1.6		
S.G.			1	1.03			1.03	1.03	1.03	1.8	1.8
TEMPERATURA	°C		AMBIENTE	AMBIENTE			AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE

Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Tabla 5.3
Caudal de agua y ácido en el sistema de riego PAD

Caudal Total del Sistema	144.99	m ³ /h
Q total	0.04028	m ³ /s
Nº de módulos por área de riego (10)		
Nº de módulos	10	Módulos
Caudal por módulo	14.50	m ³ /h
Q módulo	0.00403	m ³ /s
Nº strips por módulo	6	Strips
Caudal por strip	2.42	m ³ /h
Q strip	0.00067	m ³ /s
Nº líneas por strip	3	Líneas
Caudal por línea	0.81	m ³ /h
Q línea	0.00022	m ³ /s
Nº aspersores por línea	15	Aspersores
Caudal por aspersor	0.05370	m ³ /h
Q aspersor	0.00001	m ³ /s

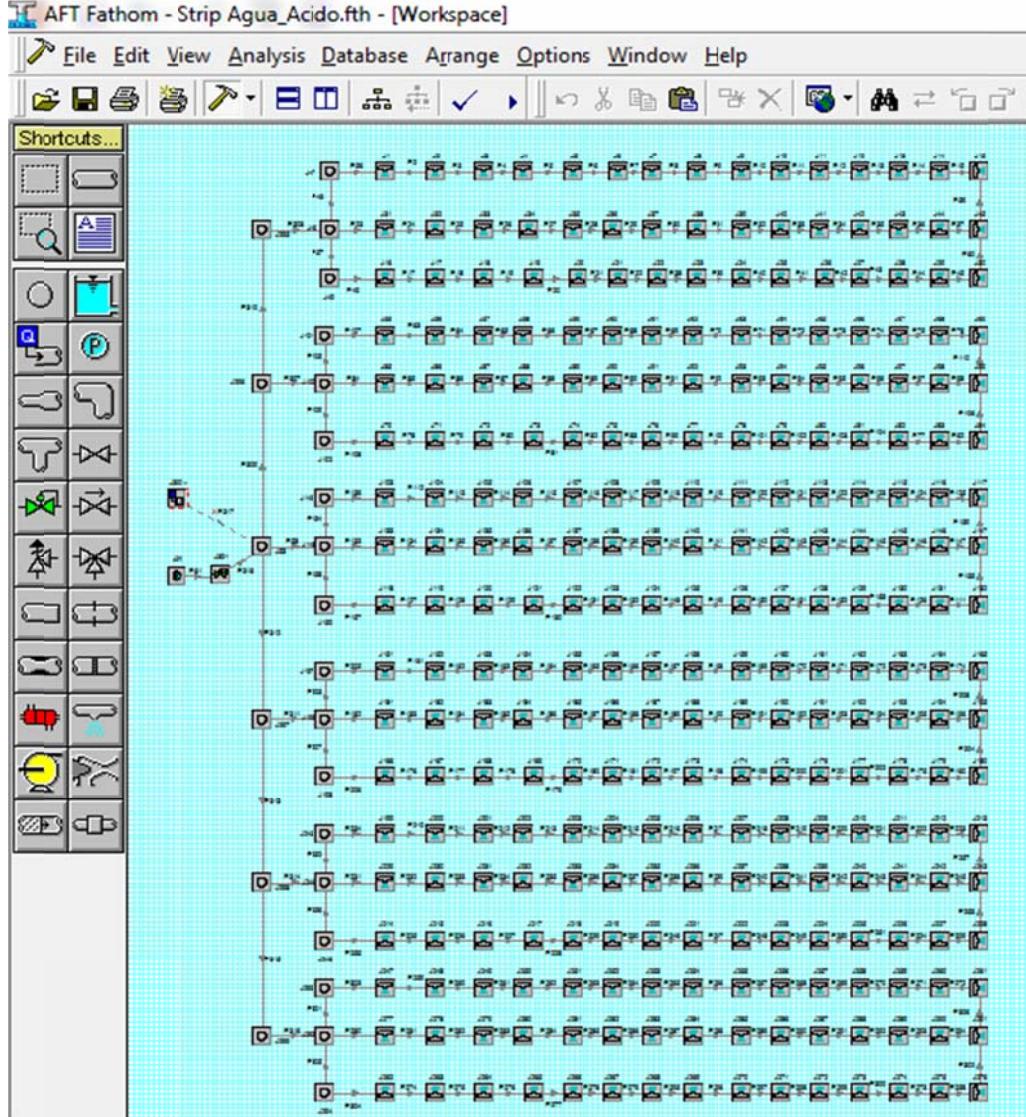
Fuente: Ingeniera detalle de SPCC

Para el cálculo en estado estable se asumirá los siguientes valores nominales:

- El número de módulos será de 10.
 - El caudal a cada módulo será de 14.5 m³/h.
 - El caudal por aspersor será de 0.053 m³/h en más del 80% de la totalidad de aspersores en el strip.
 - La distribución de caudales en el strip será obtenido por regulación de caudal y presión en campo.
- **BALANCE DE MASAS EN EL STRIP**

Con la información de la tabla N° 5.3 se construye el modelo para los Strips.

Figura 5.2
Modelo de simulación 6 ramales / 3 líneas / 15 aspersores

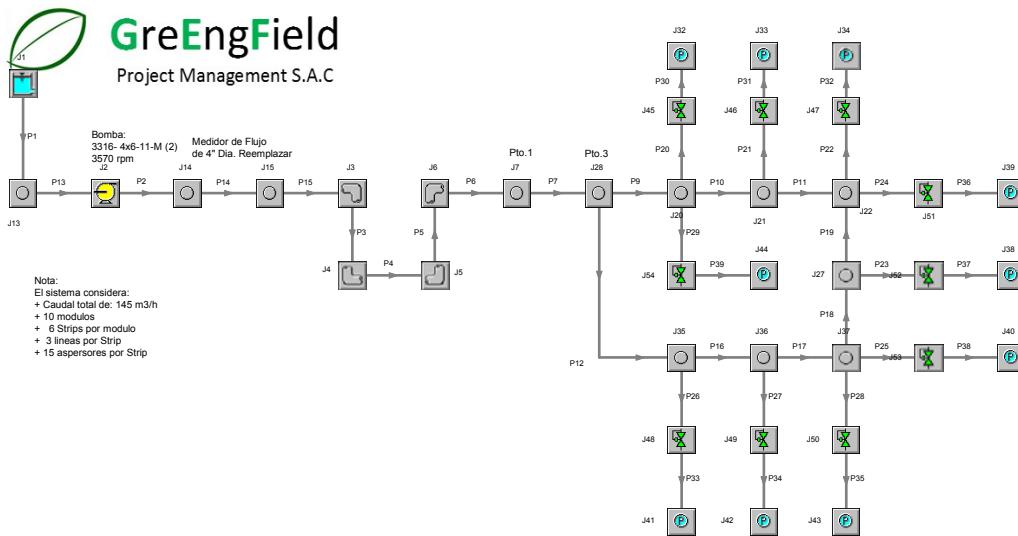


Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

• APROXIMACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

Tomando en cuenta las condiciones de operación del Strip, se plantea un nuevo modelo resumido usando Tubería Infinita, que considere 10 módulos, los cuales serán alimentados por la bomba de agua.

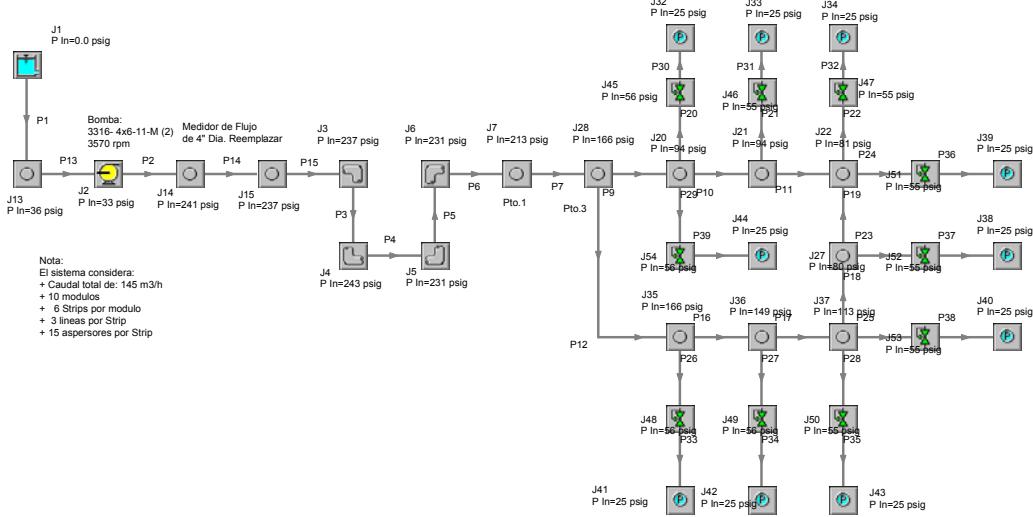
Figura 5.3
Modelo de simulación sistema de bombeo



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

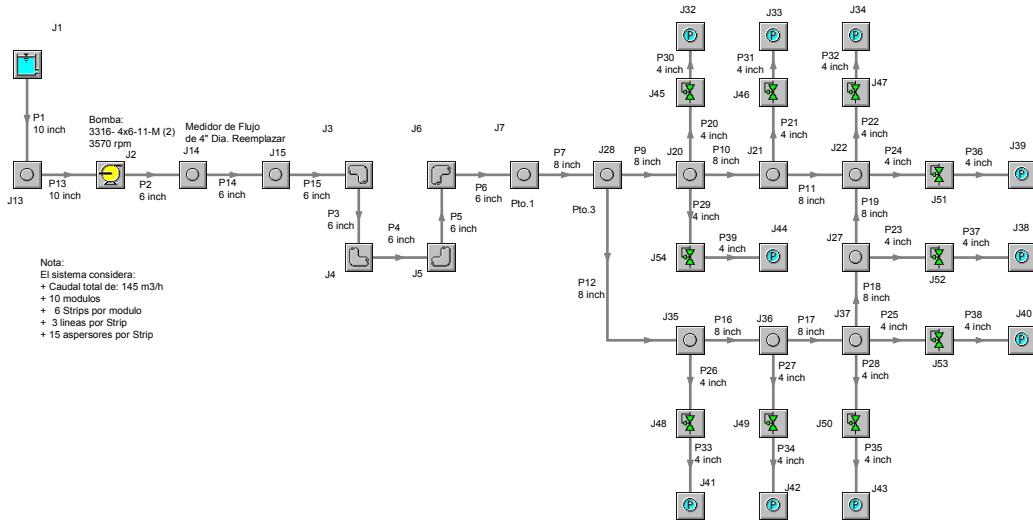
Para facilidad del cálculo, asumiremos que el caudal de bombeo requerido es de 145 m³/h. Con ello y tomando en cuenta el balance en el Strip, calculamos la potencia de la bomba. Ver anexo 01. A continuación se presenta el análisis de las presiones en el modelo para la selección de los espesores de tuberías.

Figura 5.4
Modelo de simulación con presiones



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

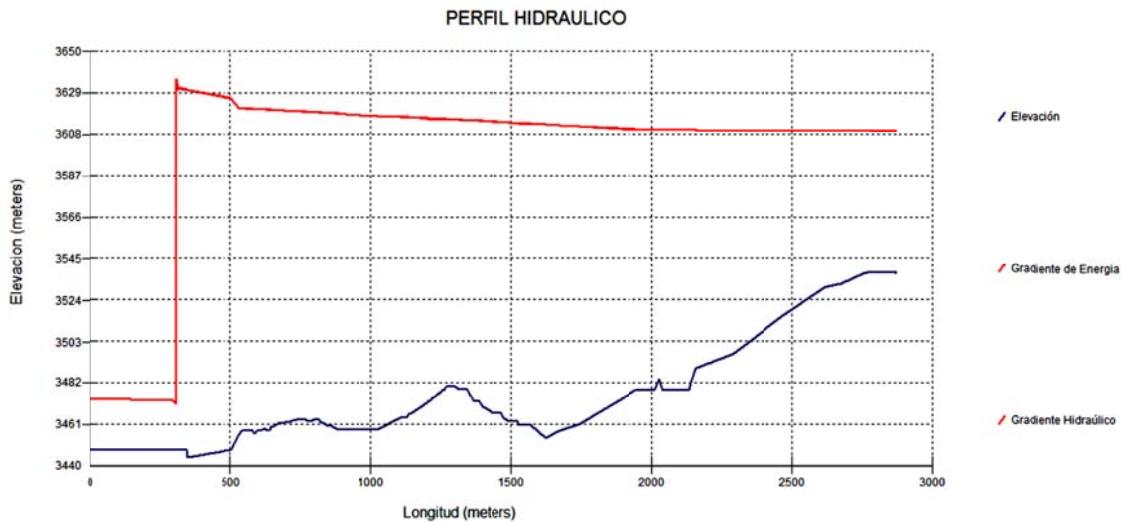
Figura 5.5
Modelo de simulación con diámetro



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

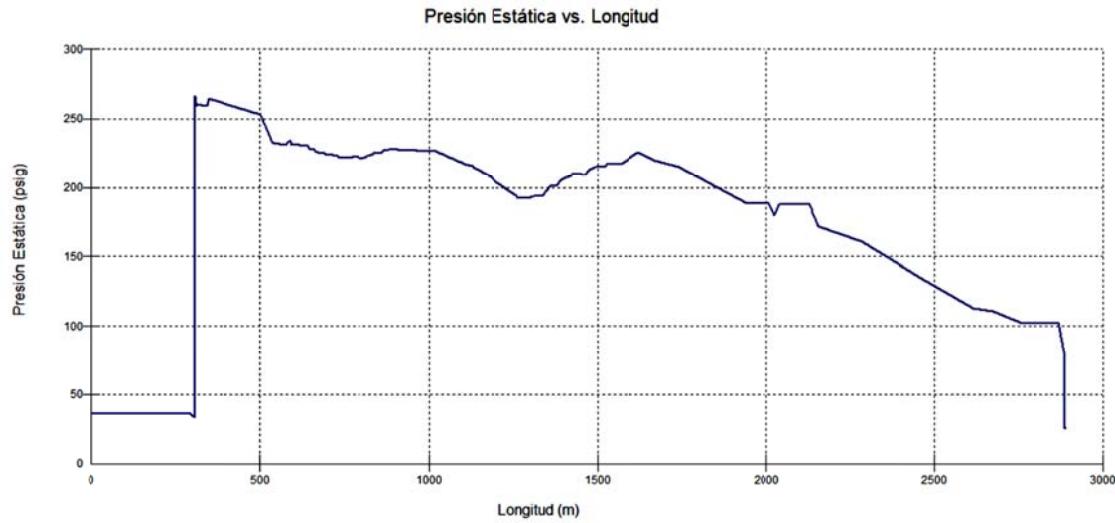
5.3 Perfil Hidráulico

Figura 5.6
Modelo de simulación Gradiente Hidráulico



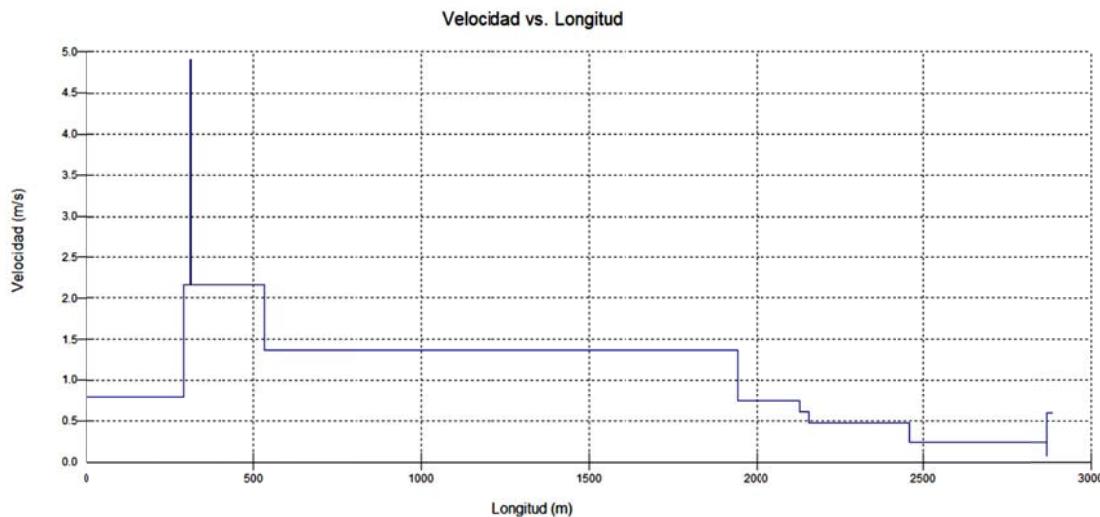
Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Figura 5.7
Modelo de simulación con presiones



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Figura 5.8
Modelo de simulación con velocidades



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

6.0 CONCLUSIONES

STRIP

- El balance encontrado indica que más del 90% del flujo es balanceado y el caudal en todos los aspersores está de acuerdo a criterio de diseño. Ver Anexo 01
- Los resultados indican que para que haya balance en todo el Strip manteniendo una presión de ingreso de 25 psig y un caudal de ingreso nominal de 14.7 m³/h al módulo, una válvula de regulación de caudal será necesaria por cada módulo.
- La válvula de regulación asegurara un flujo de 14.7 m³/h con una caída de presión de 22.34 psig.

SISTEMA DE BOMBEO

- Los resultados obtenidos indican que para 145 m³/h, con una eficiencia de 69%, y una altura dinámica de 164 m, son requeridos 126 hp como potencia hidráulica al eje. Un motor eléctrico de 150 hp será requerido para la operación de este nuevo sistema.
- Considerando el ratio de presiones en las líneas. Se concluye que tuberías de HDPE de 8" Ø SDR 9,13.5 y 17 serán requeridas para mantener la estabilidad de las líneas.

7.0 ANEXOS

ANEXO 01

AFT Fathom 7.0

General

Title: AFT Fathom Model

Analysis run on: 23/03/2014 12:37:42 a.m.

Application version: AFT Fathom Version 7.0 (2008.08.21)

Input File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Bombeo de Agua\PAD Área 3_Rev Presiones_Flujos.fth

Output File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Bombeo de Agua\PAD Área 3_Rev Presiones_Flujos_1.out

Execution Time= 0.19 seconds

Total Number Of Head/Pressure Iterations= 602

Total Number Of Flow Iterations= 50

Total Number Of Temperature Iterations= 0

Number Of Pipes= 38

Number Of Junctions= 38

Matrix Method= Gaussian Elimination

Pressure/Head Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Rate Tolerance= 0.0001 relative change

Temperature Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Relaxation= (Automatic)

Pressure Relaxation= (Automatic)

Constant Fluid Property Model

Fluid Database: AFT Standard

Fluid: Water at 9.6 psia

Max Fluid Temperature Data= 212 deg. F

Min Fluid Temperature Data= 32 deg. F

Temperature= 15 deg. C

Density= 62.3773 lbm/ft³

Viscosity= 2.769912 lbm/hr-ft

Vapor Pressure= 0.2409067 psia

Viscosity Model= Newtonian

Atmospheric Pressure= 9.61 psia

Gravitational Acceleration= 1 g

Turbulent Flow Above Reynolds Number= 4000

Laminar Flow Below Reynolds Number= 2300

Total Inflow= 638.4 gal/min

Total Outflow= 638.4 gal/min

Maximum Pressure is 276.2 psia at Junction 2 Outlet

Minimum Pressure is 34.58 psia at Junction 34 Inlet

Pump Summary

Jct	Name	Vol. Flow (m ³ /hr)	Mass Flow (lbm/sec)	dP (psid)	dH (meters)	Overall Efficiency (Percent)	Speed (Percent)	Overall Power (hp)	BEP (gal/min)	% of BEP (Percent)	NPSHA (feet)	NPSHR (feet)
2	Pump	145.0	88.73	233.6	164.4	68.75	100.0	126.5	676.1	94.42	98.66	19.38

Valve Summary

Jct	Name	Valve Type	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP Stag. (psid)	dH (feet)	P Inlet Static (psia)	Cv	K	Valve State
45	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.57	121.4	87.16	8.805	2,000	Open
46	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.40	121.0	86.99	8.819	1,993	Open
47	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.35	120.9	86.94	8.824	1,991	Open
48	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.80	121.9	87.39	8.786	2,008	Open
49	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.81	121.9	87.40	8.785	2,009	Open
50	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.49	121.2	87.08	8.812	1,997	Open

AFT Fathom Model

Jct	Name	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
3	Bend	259.36	259.26	269.307	269.21	638.42	88.726	0.2993
4	Bend	264.79	264.69	274.740	274.64	638.42	88.726	0.2993
5	Bend	253.26	253.15	263.204	263.10	638.42	88.726	0.2993
6	Bend	253.00	252.90	262.953	262.85	638.42	88.726	0.2993
7	Branch	234.90	235.10	244.847	244.85	638.42	88.726	0.0000
13	Branch	35.91	35.61	45.563	45.56	638.42	88.726	0.0000
14	Branch	263.46	262.06	273.410	273.41	638.42	88.726	0.0000
15	Branch	259.07	260.48	270.427	270.43	638.42	88.726	0.0000
20	Branch	116.39	116.39	126.019	126.02	N/A	N/A	0.0000
21	Branch	116.23	116.23	125.851	125.85	N/A	N/A	0.0000
22	Branch	102.84	102.84	112.457	112.46	N/A	N/A	0.0000
27	Branch	102.33	102.33	111.946	111.95	N/A	N/A	0.0000
28	Branch	188.26	188.26	197.926	197.93	N/A	N/A	0.0000
32	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
33	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
34	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
35	Branch	187.70	187.70	197.338	197.34	N/A	N/A	0.0000
36	Branch	171.46	171.46	181.093	181.09	N/A	N/A	0.0000
37	Branch	134.62	134.62	144.246	144.25	N/A	N/A	0.0000
38	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
39	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
40	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
41	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
42	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
43	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
44	Assigned Pressure	24.97	24.97	34.610	34.61	63.84	8.873	0.0000
45	Control Valve	77.55	24.98	87.185	34.62	63.84	8.873	1,999.6093
46	Control Valve	77.38	24.98	87.018	34.62	63.84	8.873	1,993.2441
47	Control Valve	77.33	24.98	86.966	34.62	63.84	8.873	1,991.2722
48	Control Valve	77.78	24.98	87.412	34.62	63.84	8.873	2,008.2401
49	Control Valve	77.79	24.98	87.423	34.62	63.84	8.873	2,008.6783
50	Control Valve	77.47	24.98	87.103	34.62	63.84	8.873	1,996.5002
51	Control Valve	77.40	24.98	87.032	34.62	63.84	8.873	1,993.7883
52	Control Valve	77.40	24.98	87.032	34.62	63.84	8.873	1,993.7908
53	Control Valve	77.47	24.98	87.103	34.62	63.84	8.873	1,996.5002
54	Control Valve	77.55	24.98	87.185	34.62	63.84	8.873	1,999.6093

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m ³ /hr)	Velocity (feet/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (feet)	Elevation Outlet (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)	dP Gravity (psid)
37	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
38	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
39	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000

Pipe	dH (feet)	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)
1	2.3042631	46.52	45.52	46.56	45.56
2	7.2738219	276.22	273.07	276.56	273.41
3	0.3448263	268.87	274.40	269.21	274.74
4	13.2758128	274.30	262.87	274.64	263.20
5	0.3448263	262.76	262.61	263.10	262.95
6	16.6166025	262.51	244.51	262.85	244.85
7	34.6773190	244.71	197.79	244.85	197.93
9	2.7725298	197.90	125.99	197.93	126.02
10	0.3862993	126.01	125.84	126.02	125.85
11	0.1196790	125.85	112.45	125.85	112.46
12	1.5546269	197.89	197.30	197.93	197.34
13	5.9709161	45.22	42.64	45.56	42.98
14	6.8868829	271.67	268.68	273.41	270.43
15	2.5861973	270.09	268.97	270.43	269.31
16	0.1538695	197.31	181.07	197.34	181.09
17	1.0861371	181.08	144.23	181.09	144.25
18	0.4837272	144.24	111.94	144.25	111.95
19	0.0001475	111.95	112.46	111.95	112.46
20	0.4164578	125.99	87.16	126.02	87.18
21	0.4164578	125.83	86.99	125.85	87.02
22	0.4164577	112.43	86.94	112.46	86.97
23	0.2637566	111.92	87.01	111.95	87.03
24	0.2637566	112.43	87.01	112.46	87.03
25	0.5830410	144.22	87.08	144.25	87.10
26	1.1105542	197.31	87.39	197.34	87.41
27	0.9300892	181.07	87.40	181.09	87.42
28	0.5830410	144.22	87.08	144.25	87.10
29	0.4164578	125.99	87.16	126.02	87.18
30	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
31	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
32	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
33	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
34	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
35	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
36	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
37	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
38	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61
39	0.0138819	34.59	34.58	34.62	34.61

All Junction Table

Jct	Name	P Static In (psig)	P Static Out (psig)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
1	Reservoir	0.00	36.95	9.610	46.56	638.42	88.726	0.0000
2	Pump	33.03	266.61	42.976	276.56	638.42	88.726	0.0000

AFT Fathom Model

Jct	Name	Valve Type	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP Stag. (psid)	dH (feet)	P Inlet Static (psia)	Cv	K	Valve State
51	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.42	121.0	87.01	8.818	1,994	Open
52	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.42	121.0	87.01	8.818	1,994	Open
53	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.49	121.2	87.08	8.812	1,997	Open
54	Control Valve	FCV	63.84	8.873	52.57	121.4	87.16	8.805	2,000	Open

Reservoir Summary

Jct	Name	Type	Liq. Height (feet)	Liq. Elevation (feet)	Surface Pressure (psia)	Liquid Volume (feet ³)	Liquid Mass (lbm)	Net Vol. Flow (gal/min)	Net Mass Flow (lbm/sec)
1	Reservoir	Infinite	N/A	11,398	9.610	N/A	N/A	-638.4	-88.73

Pipe Output Table

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m ³ /hr)	Velocity (feet/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (feet)	Elevation Outlet (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)	dP Gravity (psid)
1	Pipe	145.002	2.5975	36.91	45.52	11,312	11,312	0.998151	0.998151	0.00000
2	Pipe	145.002	7.0899	266.61	273.07	11,312	11,312	3.150843	3.150843	0.00000
3	Pipe	145.002	7.0899	264.79	268.87	11,312	11,299	-5.534791	-5.534791	-5.68416
4	Pipe	145.002	7.0899	264.69	262.87	11,299	11,312	11.434921	11.434921	5.68416
5	Pipe	145.002	7.0899	253.15	262.61	11,312	11,312	0.149370	0.149370	0.00000
6	Pipe	145.002	7.0899	252.90	244.51	11,312	11,337	18.004457	18.004457	10.80655
7	Pipe	145.002	4.4820	235.24	197.93	11,337	11,411	46.921543	46.921543	31.90017
9	Pipe	66.132	2.0441	188.32	126.02	11,411	11,574	71.907188	71.907188	70.70620
10	Pipe	37.132	1.3776	116.40	125.84	11,574	11,574	0.167335	0.167335	0.00000
11	Pipe	22.633	0.8397	116.24	112.45	11,574	11,605	13.393991	13.393991	13.34215
12	Pipe	78.870	2.4379	188.32	189.18	11,411	11,411	0.587976	0.587976	-0.08545
13	Pipe	145.002	7.0899	35.61	42.64	11,312	11,312	2.586456	2.586456	0.00000
14	Pipe	145.002	16.0898	262.06	268.68	11,312	11,312	2.983230	2.983230	0.00000
15	Pipe	145.002	7.0899	260.48	268.97	11,312	11,312	1.120278	1.120278	0.00000
16	Pipe	64.370	1.9897	187.73	181.09	11,411	11,448	16.245173	16.245173	16.17852
17	Pipe	49.871	1.5415	171.48	144.25	11,448	11,532	36.847095	36.847095	36.37661
18	Pipe	20.871	0.7743	134.64	111.43	11,532	11,606	32.300072	32.300072	32.09053
19	Pipe	6.371	0.2364	102.85	111.95	11,606	11,605	-0.511794	-0.511794	-0.51186
20	Pipe	14.500	1.9762	116.38	87.16	11,574	11,663	38.833717	38.833717	38.65332
21	Pipe	14.500	1.9762	116.22	86.99	11,574	11,663	38.833717	38.833717	38.65332
22	Pipe	14.500	1.9762	102.82	86.94	11,605	11,663	25.491566	25.491566	25.31117
23	Pipe	14.500	1.9762	102.31	87.01	11,606	11,663	24.913561	24.913561	24.79931
24	Pipe	14.500	1.9762	102.82	87.01	11,605	11,663	25.425419	25.425419	25.31117
25	Pipe	14.500	1.9762	134.61	87.08	11,532	11,663	57.142403	57.142403	56.88984
26	Pipe	14.500	1.9762	187.70	87.39	11,411	11,663	109.926033	109.926033	109.44497
27	Pipe	14.500	1.9762	171.46	87.40	11,448	11,663	93.669342	93.669342	93.26645
28	Pipe	14.500	1.9762	134.61	87.08	11,532	11,663	57.142403	57.142403	56.88984
29	Pipe	14.500	1.9762	116.38	87.16	11,574	11,663	38.833717	38.833717	38.65332
30	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
31	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
32	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
33	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
34	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
35	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000
36	Pipe	14.500	1.9762	24.98	34.58	11,663	11,663	0.006013	0.006013	0.00000

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERIA DE DETALLE PARA CONSTRUCCION DE PAD DE
LIXIVIACION CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

MEMORIA DE CALCULO BOMBA DE ILS

L3X30001-DA-589750-05-MC-002

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	17/03/14	Revisión Interna y Comentarios	CGO	ASA	DCF
B	21/03/14	Aprobación de Cliente	CGO	ASA	DCF
0	23/05/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	3
2.	ALCANCE	3
3.	BASE DE CALCULO	4
3.1	Parámetros de Diseño	4
3.2	Propiedades del Fluido	4
3.3	Propiedades de los Materiales	5
3.4	Referencias	7
4.	METODOLOGIA DEL CALCULO	7
4.1	Análisis de Régimen Permanente	7
4.2	Modelo Computarizado	8
5.	RESULTADOS	10
5.1	Diámetro Económico	10
5.2	TDH y Potencia de Bombeo	14
5.3	Perfil Hidraulico	18

Tablas

Tabla 3.1	Propiedades de ILS	4
Tabla 5.1	Caudal de ILS al Nuevo Pad	14
Tabla 5.2	Balance de Masa de Nuevo Pad	15

Figuras

Figura 5.2	Modelo de simulación balance de masas en Strip	16
Figura 5.3	Modelo de simulación sistema de bombeo	17
Figura 5.4	Modelo de simulación con presiones	17
Figura 5.5	Modelo de simulación con diámetro	18
Figura 5.6	Modelo de simulación Gradiente Hidráulico	18
Figura 5.7	Modelo de simulación con presiones	19
Figura 5.8	Modelo de simulación con velocidades	19

1. INTRODUCCION

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del Pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

La implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, requiere el diseño de un nuevo sistema de riego del Pad con solución ácida (agua fresca + ácido sulfúrico) y solución ILS. Este diseño debe tener en consideración que en la etapa de inicio de operación del Pad Fase IV el sistema de riego debe tener la capacidad de continuar con el riego del Pad Fase III por el tiempo que sea requerido.

2. ALCANCE

El presente documento presenta la Memoria de Cálculos de la disciplina de Ingeniería Mecánica que se ha elaborado para el diseño de los sistemas de impulsión de agua fresca y ácido sulfúrico, que en conjunto conforman el sistema de riego para la implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

Este documento forma parte de la Ingeniería Básica del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

La memoria de cálculos contempla los estudios, análisis y evaluaciones necesarias, que permitan desarrollar la Ingeniería Básica del Proyecto. Estos cálculos desarrollados para la especialidad de Ingeniería Mecánica comprenden lo siguiente:

- Definición del sistema de impulsión de ILS requerido para el sistema de riego del Pad.

Se incluye la información disponible, las bases de cálculo y un resumen de cálculos y resultados.

3. BASE DE CALCULO

3.1 Parámetros de Diseño

El análisis se desarrolló de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- a) El dimensionamiento y selección de los componentes del sistema de impulsión se realizó sobre la base del Criterio de Diseño para Tuberías, Especificación de Materiales para Tuberías y Diagramas de Proceso.
- b) Los flujos para cálculo se obtienen del “Diagrama de Flujos” y se encuentran definidos como Flujos de Diseño. Estos valores incluyen el factor de utilización de la Planta y las fluctuaciones de flujo o factor de diseño definido por la Disciplina de Procesos.
- c) Las pérdidas de carga, para conducciones en presión, se calculan mediante la expresión de Darcy-Weisbach y los coeficientes de fricción mediante la ecuación de Colebrook-White.
- d) La rugosidad absoluta de la tubería de acero, utilizada para determinar las pérdidas de carga regulares, incluirá el aumento de la rugosidad superficial originado por la degradación natural del revestimiento. La rugosidad absoluta máxima corresponderá a aquella asociada al proceso de Arenado Comercial y la rugosidad mínima corresponderá a aquella asociada a una limpieza química.
- e) La presión de operación máxima admisible (MAOP) y la sobre presión máxima admisible eventual (MASP) se calcularán de acuerdo a la Norma ASME B31.4 “Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and other Liquids”.
- f) La tasa de corrosión estimada para la tubería es de 0,05 mm/año.
- g) Los cálculos son válidos para una vida útil del proyecto de 32 años.

3.2 Propiedades del Fluido

Tabla 3.1
Propiedades de ILS

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Temperatura máxima:	°C	28.0
Temperatura mínima:	°C	8.0
Temperatura media:	°C	15.0
Densidad:	Kg/m ³	1000.0
Gravedad Específica:	-	1.02 @ 1.06
Viscosidad Dinámica:	Pa-s	1.0 @ 25°C
Presión de Vapor:	kPa	1.80 @ 15.6°C
Módulo de Elasticidad:	Psi	0.311x10 ⁶

3.3 Propiedades de los Materiales

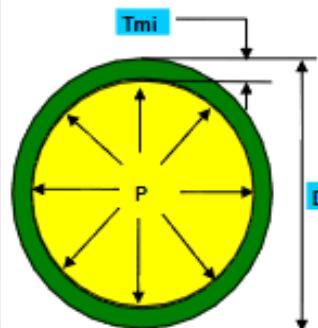
Las propiedades de la tubería son las siguientes:

Material	:	Aceros Inoxidables 316L
Diámetro Exterior	:	6 inch. (150 mm)
Esfuerzo de Fluencia	:	30.000 psi.
Factor de Diseño	:	65% (ASME B31.3)
Esfuerzo Admisible	:	16.700 psi. (ASME B31.3)
Espesor de Pared	:	Sch 5, 10
Rugosidad	:	0.0018 inch (0.04572 mm).
Presión de Operación Máxima Admisible (MAOP)	:	685 psi para 6" sch. 10 910 psi para 4" sch. 10. 626 psi para 4" sch. 5. 1178 psi para 3" sch. 10.



Material	:	HDPE (PE 4710)
Diámetro Exterior	:	4 inch. (219 mm)
Esfuerzo de Fluencia	:	1600 psi. [ASTM D 2837; HDB at 73°F (23°C)]
Factor de Diseño	:	63% (ASME B31.4)
Esfuerzo Admisible	:	> 3500 psi. (ASTM D 2837)
Rugosidad	:	0.00084 inch (0.021336 mm)
Presión de Operación Máxima Admisible (MAOP)	:	200 psig para 4" - SDR 11 160 psig para 4" - SDR 13.5. 125 psig para 4" - SDR 17.

Cálculo máxima presión interna	
$P = \frac{2 S_m T_{min}}{D - 2y T_{min}}$	
P = máxima presión interna	
T_{min} = espesor de pared mínimo en mm	
S_m = tensión admisible ksi (psi x 1000)	
D = diámetro externo en mm	
y = coef. OD - T	
Valores de S_m	TP 316L 16,7 ksi (a 100 °F) SAF 2205 30,0 ksi (a 100 °F) SAF 2507 38,7 ksi (a 100 °F)



Presión Máxima de un Tubo sin Costura

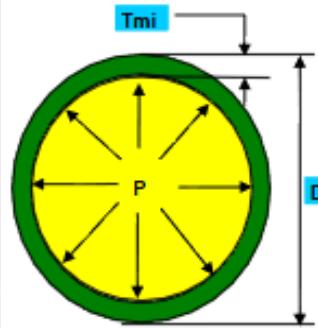
Ejemplo:

6" SCHEDULE 10S AISI 316L

Temperatura = 100 °F (38°C Aprox.)

Sr: 74.7 Esfuerzo de Rotura mínimo en KSI para el Acero Inoxidable 316L
 Sy: 30 Esfuerzo de Fluencia en KSI para el Acero Inoxidable 316L
 $T_{min} = 3.40$ Espesor de pared mínimo en mm (se considera las tolerancias)
 $S_m = 16.70$ Tensión admisible en KSI para el Acero Inoxidable 316L a 100 °F
 $D = 168.28$ Diámetro externo del tubo (mm)
 $y = 0.40$ Coeficiente para T_{min}
 $D/y = 28.04666667$ Valor Aceptado
 $P:$ 0.69 KSI
 685.91 PSI
 48.86 BAR

Cálculo máxima presión interna	
$P = \frac{2 S_m T_{min}}{D - 2y T_{min}}$	
P = máxima presión interna	
T_{min} = espesor de pared mínimo en mm	
S_m = tensión admisible ksi (psi x 1000)	
D = diámetro externo en mm	
y = coef. OD - T	
Valores de S_m	TP 316L 16,7 ksi (a 100 °F) SAF 2205 30,0 ksi (a 100 °F) SAF 2507 38,7 ksi (a 100 °F)



Presión Máxima de un Tubo sin Costura

Ejemplo:

4" SCHEDULE 10S AISI 316L

Temperatura = 100 °F (38°C Aprox.)

Sr: 74.7 Esfuerzo de Rotura mínimo en KSI para el Acero Inoxidable 316L
 Sy: 30 Esfuerzo de Fluencia en KSI para el Acero Inoxidable 316L
 $T_{min} = 3.05$ Espesor de pared mínimo en mm (se considera las tolerancias)
 $S_m = 16.70$ Tensión admisible en KSI para el Acero Inoxidable 316L a 100 °F
 $D = 114.30$ Diámetro externo del tubo (mm)
 $y = 0.40$ Coeficiente para T_{min}
 $D/y = 19.05$ Valor Aceptado
 $P:$ 0.91 KSI
 910.69 PSI
 61.95 BAR

Aumento de Temperatura a 100 °C, La Presión Interna Máxima Baja

$S_m = 15.10$ El nuevo valor aprox. de la tensión admisible a 100 °C
 $P:$ 0.82 KSI
 823.44 PSI
 56.02 BAR

3.4 Referencias

- L3X30001-DA-589750-05-DC-001 Criterios de Diseño - Mecánica
L3X30001-DA-589750-06-DC-001 Criterios de Diseño - Tuberías
L3X30001-DA-589750-05-CS-001 Condiciones de Sitio
L3X30001-DA-589750-05-TS-001 Especificaciones Técnicas Bombas
L3X30001-DA-589750-06-TS-001 Especificaciones Técnicas Tuberías
L3X30001-DA-589750-05-TS-002 Especificaciones Técnicas Válvulas

4. METODOLOGIA DEL CALCULO

4.1 Análisis de Régimen Permanente

La metodología de cálculo aplicada en el desarrollo de este informe se basa en las siguientes consideraciones:

- El régimen permanente se analizó mediante el uso del software AFT Fathom 7.0, MathCad 14.0 y Spreadsheet 3.0.
- Se determinarán las condiciones operacionales del sistema con los parámetros de diseño más desfavorables y económicamente factibles. Estas condiciones permitirán hacer una selección preliminar de las bombas. Para ello se usaran la información contenida en el documento llamado “Condiciones de Sitio”.
- Para poder estimar el diámetro interno preliminar se usara la ecuación de Perry con la cual se determinara el diámetro económico.
- Con el diámetro económico se realizara la aproximación contingente usando el Spreadsheet 3.0 considerando una presión de descarga que pueda balancear correctamente los 10 módulos de riego al caudal requerido por SPCC.
- La altura neta de succión disponible (NPSHa), será calculada considerando un nivel de líquido sobre la succión de la bomba de 2,0 metros.
- Por último se realizará la aproximación final considerando diámetros comerciales tanto en acero como en HDPE. Para ello se usara AFT Fathom 7.0.
- Se graficara el perfil hidráulico para las condiciones de operación del proceso.
- Para el caso de la bomba, se debe considerar que la altura neta de succión disponible (NPSHa), será calculada considerando un nivel de líquido sobre la succión de la bomba de 2,0 metros.
- El BEP máximo permitido será de 90%.

4.2 Modelo Computarizado

El software computarizado, AFT Fathom 7.0 desarrollado por Applied flow Technologies de USA, fue usado para asistir al análisis. AFT Fathom es un programa de análisis general de distribución de flujos a lo largo de redes hidráulicas y líneas de fluido incompresible. Los resultados se han verificado por:

1. Comparación contra soluciones analíticas por simple geometría de la tubería.
2. Comparaciones contra otros resultados obtenidos de otros programas de computación que analizan flujos en estado estable y en régimen turbulento.
3. Buenas prácticas de la ingeniería hidráulica y de fluidos.
4. Juicio de experto.

El modelo estará sustentado en las siguientes aproximaciones empíricas.

Perdidas por Fricción en la Tubería

Las pérdidas por fricción en la tubería serán confirmadas usando la ecuación de Hazen Williams con un C = 140 para tuberías de acero y acero inoxidable con un estimado de vida de más de 20 años y C=150 para tuberías de HDPE. La ecuación de Hazen Williams por lo general da un mayor valor estimado conservativo que la que se podría encontrar con la ecuación de Darcy.

Aunque el método de Darcy-Weisbach/Colebrook ofrece una solución matemática racional en los cálculos de las pérdidas de fricción para cualquier líquido con excepción de plásticos y aquellos que lleven fluidos en suspensión, muchos ingenieros prefieren usar la ecuación de Hazen & Williams para confirmar resultados.

$$L \left(\frac{—}{—} \right)$$

Dónde:

- h_f = Perdida por energía debido a la fricción (pies de líquido)
 L = Longitud de tubería incluido perdidas equivalentes (pies)
 d = Diámetro interior de la tubería circular (pulgadas)
 C = Coeficiente de Hazen-Williams
 gpm = Caudal del fluido

Velocidad de cavitación y máxima velocidad en la tubería

La velocidad de cavitación es la condición máxima a la que el fluido debe desplazarse para evitar la formación de burbujas. Está condicionada por la presión atmosférica y la presión de vapor por lo que es muy importante su evaluación sobre todo en los cambios de dirección y válvulas de control.

La siguiente ecuación formulada por Murdock (2001) será usada, en la que la velocidad máxima por cavitación será iguala 0.75 veces la velocidad de cavitación.

$$\Gamma \left[\left(\frac{P_s - P_v}{\rho g} \right)^{0.5} - 1 \right] = 0.75$$

Dónde:

V_c = Velocidad máxima por cavitación (pies/segundo)

P_s = Presión atmosférica (psia)

P_v = Presión de vapor (psia)

ρ = Densidad del fluido (62.4 lb/pie³)

Γ = Factor de seguridad (0.75)

g = Aceleración de la gravedad (32.2 pies/s²)

La velocidad máxima por cavitación = 27.1 pies/s [8.3 m/s]

Velocidad máxima óptima

La velocidad del flujo no deberá sobrepasar de cierto límite superior equivalente a la velocidad máxima económica, a la velocidad máxima de descarga de la bomba y a la pérdida de 1 psig a velocidad máxima en una válvula mariposa. Para válvulas de control 100% abierta en un conducto forzado se podrán utilizar perdidas mayores de acuerdo a la regulación. La velocidad máxima no deberá en lo posible ser superior a 9.84 ft/s (3.0 m/s). Para el cálculo de la velocidad máxima y mínima se usara la siguiente ecuación

Dónde:

Q = Caudal en GPM.

d_h = Diámetro Hidráulico (pulgadas).

V = Velocidad (pies/s)

Diámetro Económico

Se buscara que el diámetro económico sea mayor que el diámetro hidráulico y ha de calcularse en base a las expresiones de Bresse, Vibert y la Ecuación de Perry's Chemical Engineers Handbook (Eq.5-90,p.5-32,5th ed.) Las corridas internas demuestran que la ecuación de Perry es más exacta que las aproximaciones de Bresse por lo que optaremos por esta última ecuación como base de cálculo para nuestro análisis.

5. RESULTADOS

5.1 Diámetro Económico



GreEngField
Project Management S.A.C

HOJA DE CALCULO

Proyecto:	Nuevo PAD de Liviación Fase IV			Job No:		Calculo No:	
Evaluación:	Diametro Económico para la alternativa propuesta			Ingeniero	Arturo	Disciplina:	Piping
Condición de Calculo	Preliminar:	Confirmado:	Referencia:	Eliminado:	Saenz	Firma:	
				Fecha:	17/03/14		

Plantamiento: Realizar el cálculo del Diámetro Económico para las condiciones de caudal proporcionados por Proyectos para la línea de ILS, tomando en cuenta los costos de tubería y costos de instalación.

Datos Iniciales:

$\eta := 1.31$ Exponente de la Ecuación de Costos $Le := 1204$ Longitud Equivalente (ft)

$Y := 365$ Dias de Operación de la bomba/año $Cl := 7.4$ Costos de Labor \$/h

$K_{\text{m}} := 0.1$ Costo de la Energia \$/Kw-h $P := 150$ Costo de Intalación de Bomba y motor \$ /HP

$\phi := 0.55$ Factor de Impuestos, taxis, fletes

$Z := 0.1$ Razón anual Fraccionaria del Beneficio

$a := 0.1$ Depreciación anual fraccionaria de la Línea

$b := 0.1$ Mantenimiento anual fraccionario de la Línea

$a' := 0.1$ Depreciación anual fraccionaria de Bombeo

$b' := 0.1$ Mantenimiento anual fraccionario de Bombeo

$E := 0.7$ Eficiencia Fraccionaria Combinada de la bomba y motor

$\rho := 62.42$ Densidad del Fluido lb/ft^3

$\mu := 2.46$ Viscosidad del Fluido Centipoises

$$M := \frac{(a' + b') \cdot E \cdot P}{17.9 \cdot K \cdot Y} \quad M = 0.032 \quad \text{Razon del costo anual de bombeo a la energia}$$

$q := 0.44$ pie^3/s Caudal requerido en la línea

$I_p := 230$ Indice de Costo de Tuberías a Diciembre del 2013

$I_{tf} := 736$ Indice de Costo de Tuberías, Valvulas y Accesorios a Diciembre del 2013

$I_l := 331$ Indice de Costo de Labor de Instalación a Diciembre del 2013

$I_o := 117.4$ Indice de Costo de Tuberías a Diciembre de 1968 USA

$I_{il} := 120.9$ Indice de Costo de Labor de Instalación de 1968 USA

$D := 24$ Diametro inicial para calcular el costo de 1 ft de tuberia, inch

$$X := \frac{I_p}{I_o} \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)$$

$X = 94.512$ Costo de 1 ft de tuberia de 1 ft de Diametro \$

Calculemos ahora el Diametro Economico aplicando la ecuacion de Perry's Chemical Engineers' Handbook (Eq. 5-90, p.5-32, 5th ed.)

Dado

$$\frac{D^{4.84+\eta}}{1 + 0.794 \cdot Le \cdot D} = \frac{0.000189 \cdot Y \cdot K \cdot q^{2.84} \cdot p^{0.84} \cdot \mu^{0.16} \left[(1 + M) \cdot (1 - \phi) + \frac{Z \cdot M}{a' + b'} \right]}{\eta \cdot X \cdot E \cdot \left[1 + \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{(1.639 \cdot D + 1.923)} + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \cdot (1.536 \cdot D + 0.17) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot (25.532 \cdot D - 2.8217)} \right] \cdot [Z + (a + b) \cdot (1 - \phi)]}$$

$\text{D} := \text{Find}(D)$

$D = 0.345$ feet

Luego:

$\text{D} := 12 \cdot D$

$D = 4.143$ inches

Podemos entonces elegir un diametro de 8" Dia en Acero o su equivalente interno en HDPE

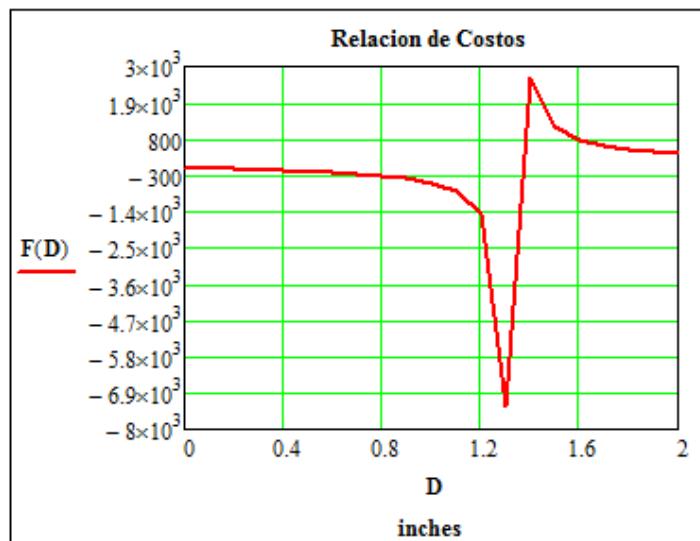
Grafiquemos el Valor de F:

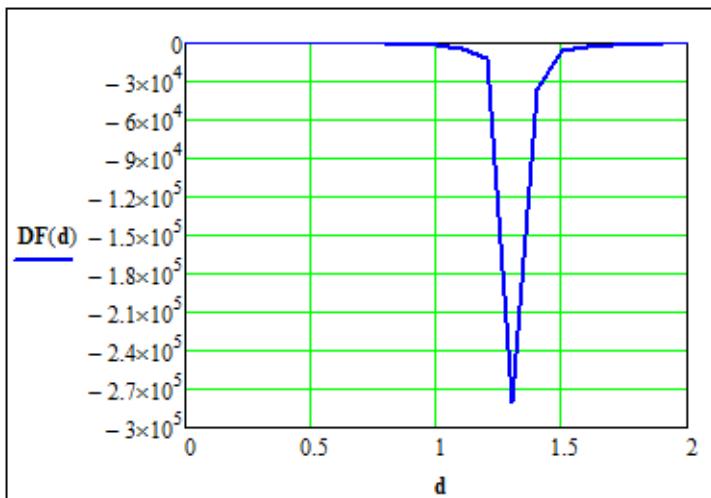
$\text{D} := 0, 0.1 .. 2$

$d := 0, 0.1 .. 2$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10^{\left(1.639 \cdot \frac{D}{12} + 1.923 \right)} + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \cdot \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$



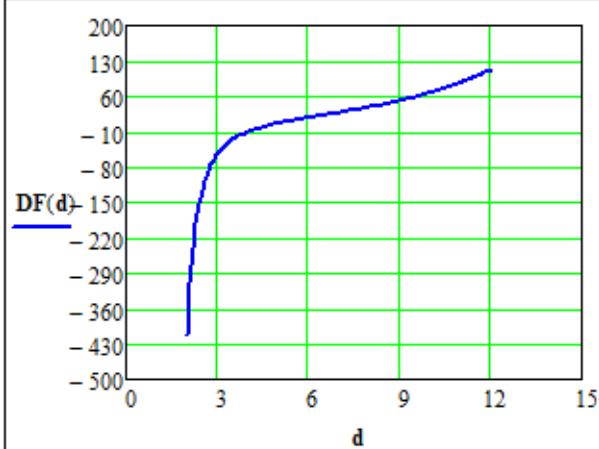
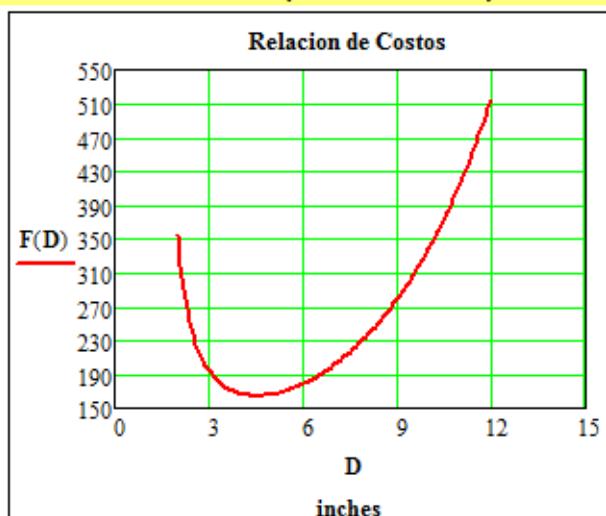


$D := 2, 2.1..12$

$d := 2, 2.1..12$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10 \left(1.639 \cdot \frac{D}{12} + 1.923 \right) + \frac{I_i}{I_l} \cdot C_l \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{I_p \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$

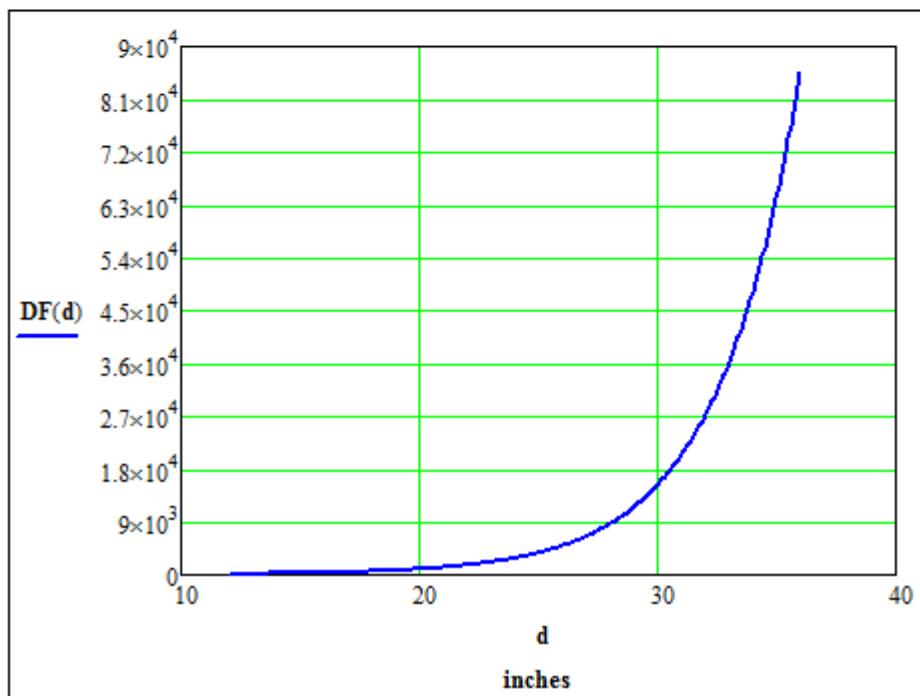
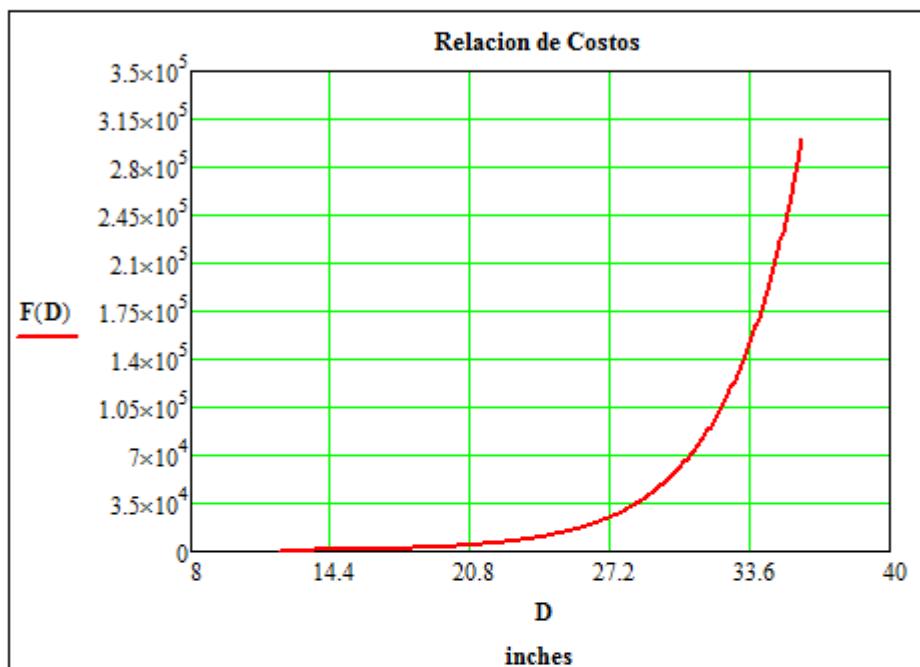


$$D := 12, 12.1 \dots 36$$

$$d := 12, 12.1 \dots 36$$

$$F(D) := \frac{\left[\frac{I_{vf}}{I_o} \cdot 10 \left(1.639 \cdot \frac{D}{12} + 1.923 \right) + \frac{I_{ii}}{I_{II}} \cdot C_I \cdot \left(1.536 \cdot \frac{D}{12} + 0.17 \right) \right]}{\frac{I_p}{I_o} \cdot \left(25.532 \cdot \frac{D}{12} - 2.8217 \right)}$$

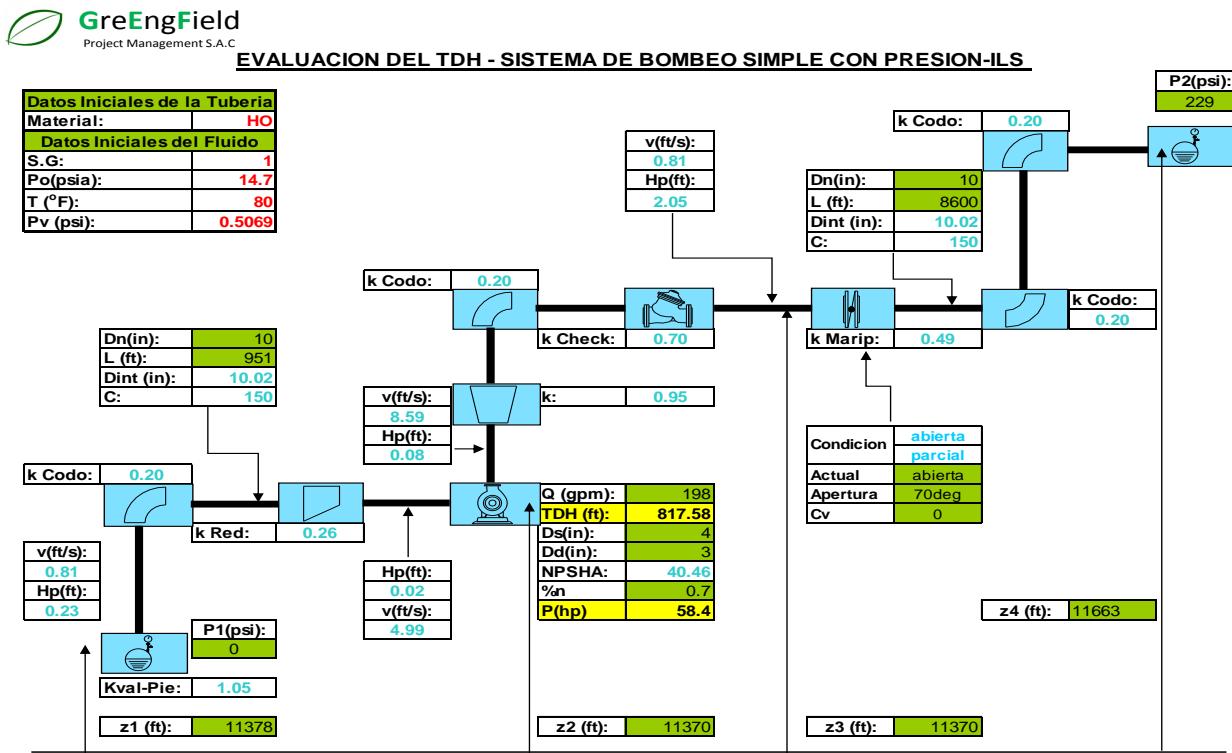
$$DF(d) := \frac{d}{dd} F(d)$$



5.2 TDH y Potencia de Bombeo

APROXIMACION CON HOJA DE CÁLCULO

Figura 5.1
Sistema de Bombeo Simple con Presión ILS



APROXIMACION CON HOJA ATF FATHOM 7.0

- APROXIMACION POR FLUJO Y PRESION DE LOS STRIP

De acuerdo las memorias de cálculo de SPCC presentados a GEF en la ingeniería básica, los niveles y caudales requeridos son como sigue:

Tabla 5.1
Caudal de ILS al Nuevo Pad

SISTEMA	Q _d	Cota
	m ³ /hr	msnm
ILS	41.2(**)	3456.6 (*)

Fuente: Ingeniera Básica de SPCC

(*): El nivel de ILS corresponde al nuevo diseño de GreEngField SAC, la cual defiere de la indicada por SPCC.

(**): El caudal de ILS es 41.2 m³/h de acuerdo a balances en el criterio de diseño de procesos de GreEngField SAC (ver tabla N° 5.2). Estos valores difieren de lo establecido por SPCC.

Tabla 5.2
Balance de Masa de Nuevo Pad

Parámetros		NUMEROS DE FLUJO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		AGUA SERVICIO	AGUA LIXIVIAC.	SOLUCION LIXIVIC.	IMPREGNAC. AL MINERAL	EVAPORACION	PLS ENVIADO	ILS	RECIRCULAC. DE ILS	ACIDO SULFUR.	ACIDO SULFUR.
FLUJO DE DISEÑO	m3/h	5.160	153.340	154.900	8.460	18.250	132.320	41.100	41.200	0.115	1.587
FLUJO NOMINAL	m3/h	4.490	133.340	134.720	6.337	17.912	115.061	35.700	35.800	0.100	1.380
Cu	g/L		0	0			2.96	0 to 3	0 to 3	0	0
Fe TOTAL	g/L		0	0			4	4	4	0	0
H2SO4	g/L (%)		0	17.775			4 to 5	4 to 5	10	98.50%	98.50%
pH			~5	~1.6			~1.7	~1.7	~1.6		
S.G.			1	1.03			1.03	1.03	1.03	1.8	1.8
TEMPERATURA	°C		AMBIENTE	AMBIENTE			AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE

Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

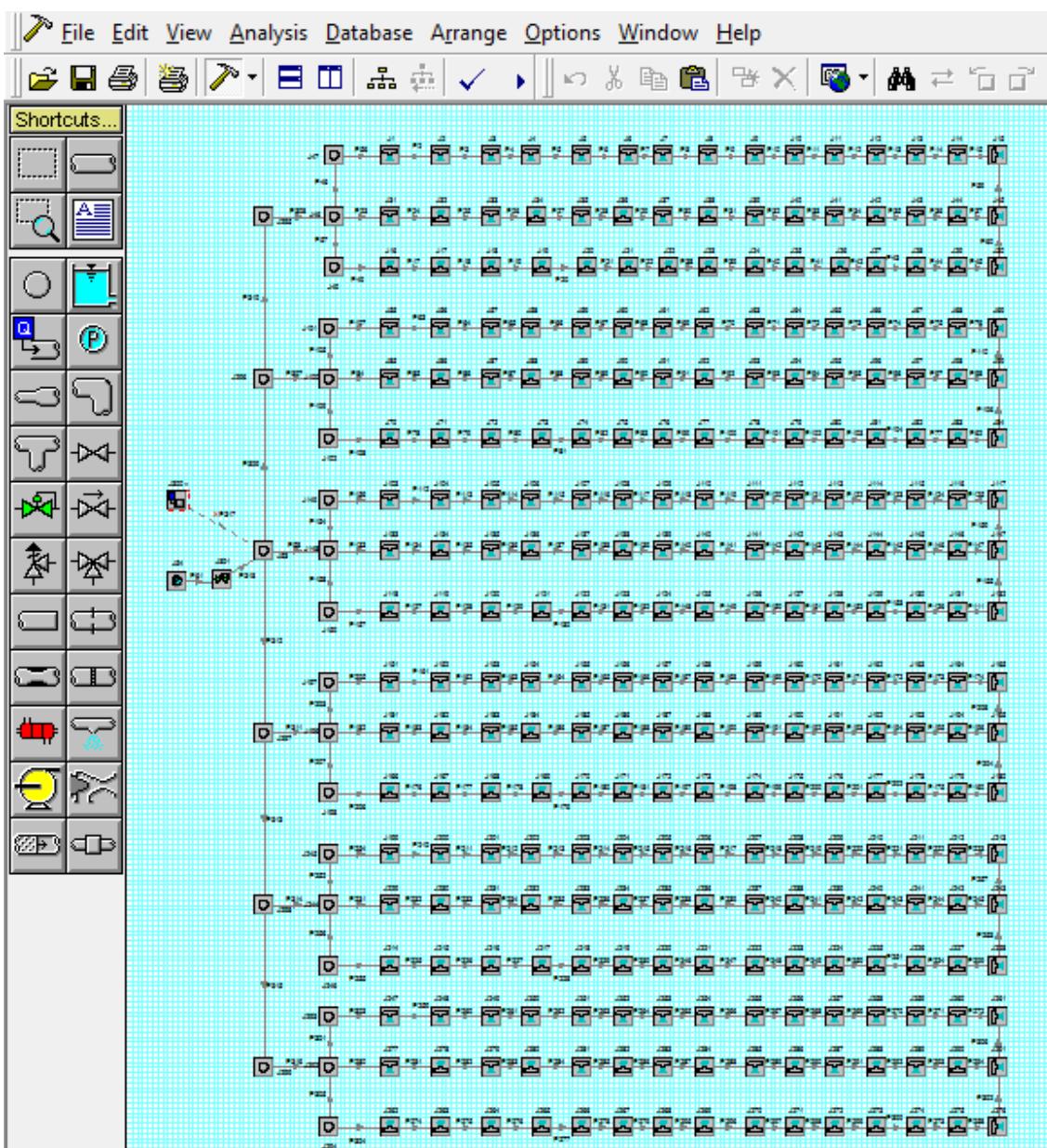
Luego para el cálculo en estado estable del bombeo de ILS, se asumirá lo siguiente:

- El número de módulos será de 10.
- El caudal de diseño a cada módulo será de 4.5 m3/h.
- El caudal por aspersor será de 0.053 m3/h en más del 80% de la totalidad de aspersores en el strip.
- La distribución de caudales en el strip será obtenido por regulación de caudal y presión en campo.

BALANCE DE MASAS EN EL STRIP

Con la información de la tabla N° 5.1 se construye el modelo para los Strips.

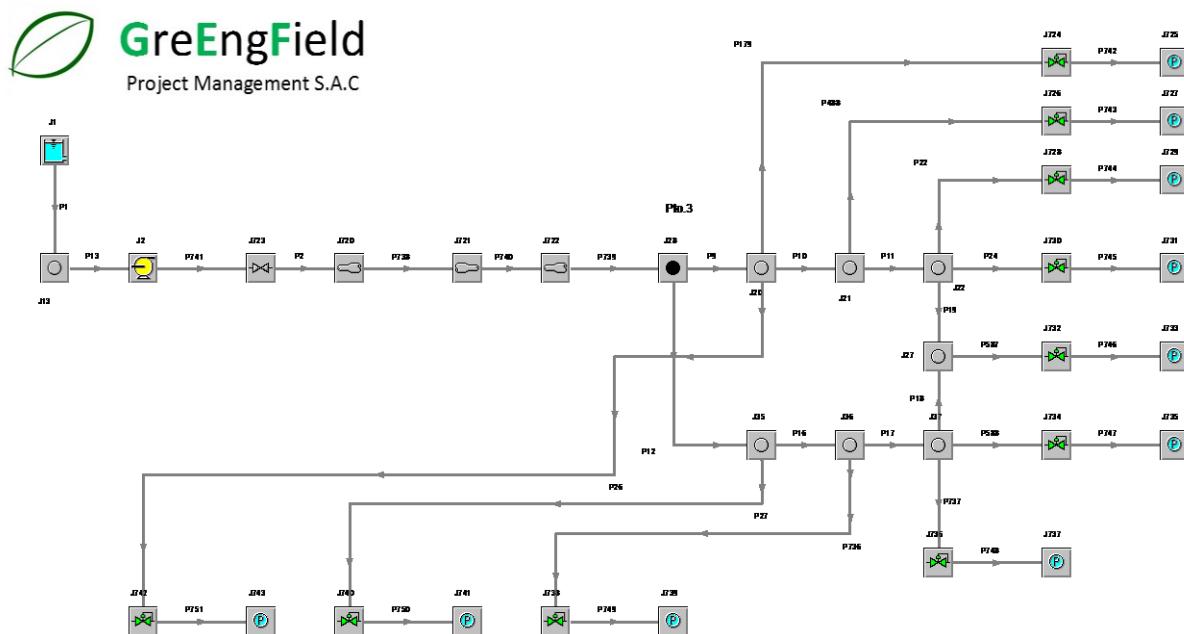
Figura 5.2
Modelo de simulación balance de masas en Strip



- **APROXIMACION DEL SISTEMA DE BOMBEO**

Tomando en cuenta las condiciones de operación del Strip, se plantea un nuevo modelo resumido que considere 10 módulos, los cuales serán alimentados por la bomba de ILS.

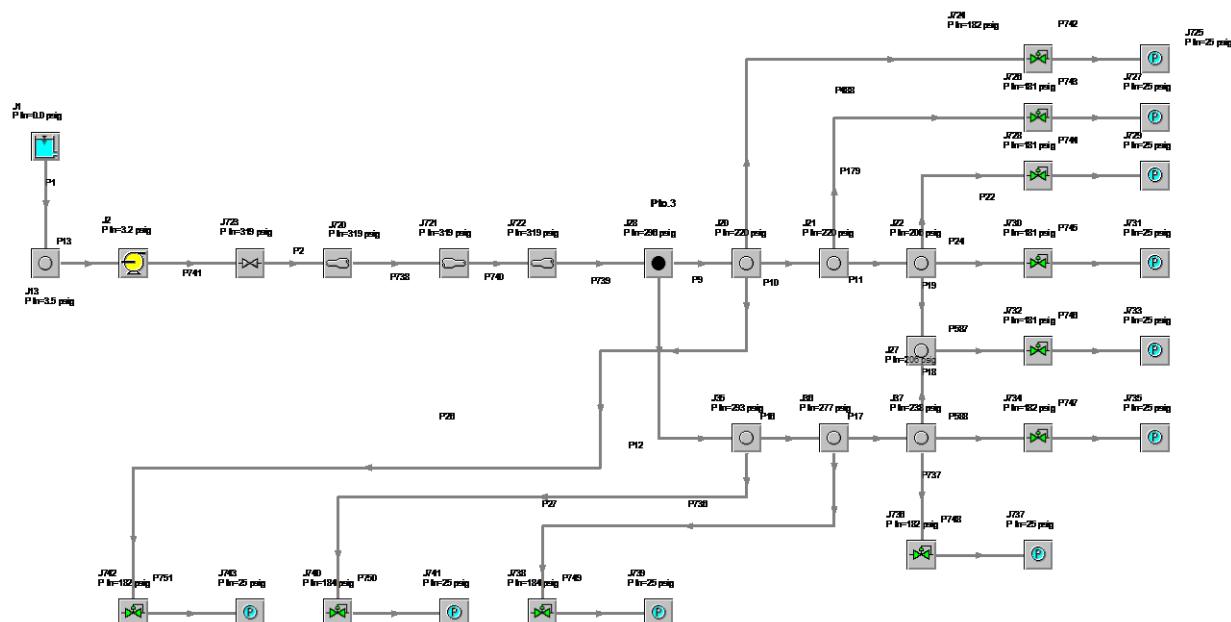
Figura 5.3
Modelo de simulación sistema de bombeo



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

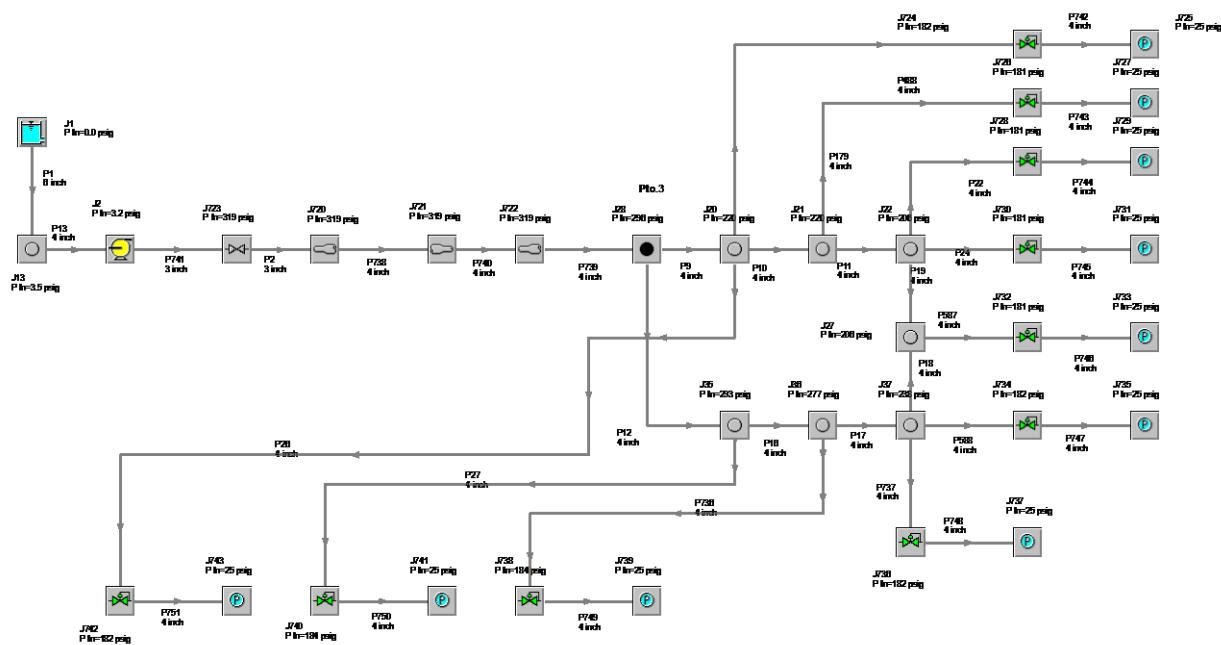
Para facilidad del cálculo, asumiremos que el caudal de bombeo requerido es de 45 m³/h. Con ello y tomando en cuenta el balance en el Strip, calculamos la potencia de la Bomba. Ver anexo 01. A continuación se presenta el análisis de las presiones en el modelo para la selección de los espesores de tuberías.

Figura 5.4
Modelo de simulación con presiones



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

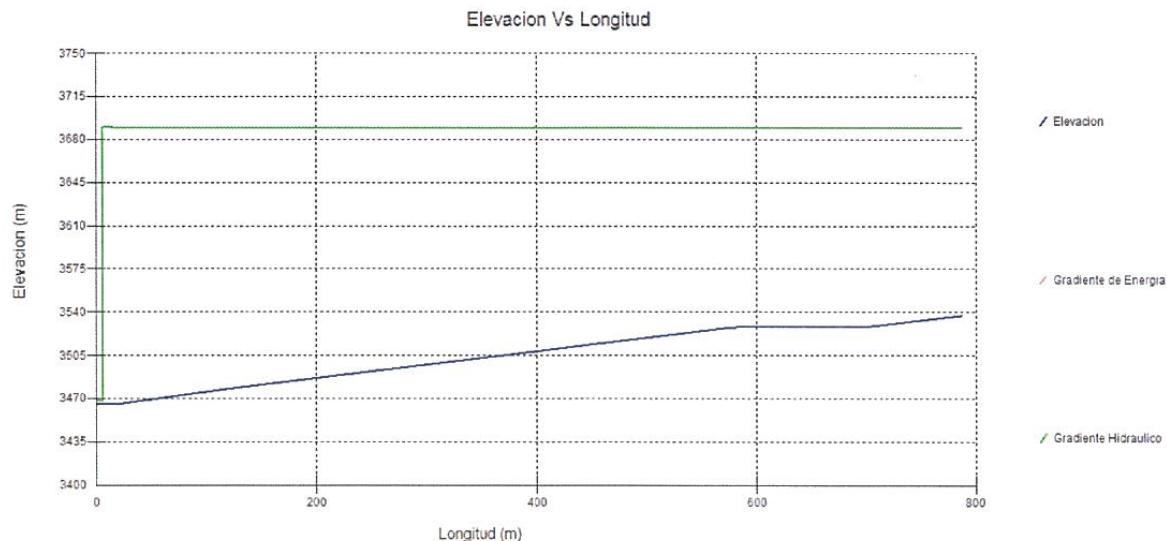
Figura 5.5
Modelo de simulación con diámetro



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

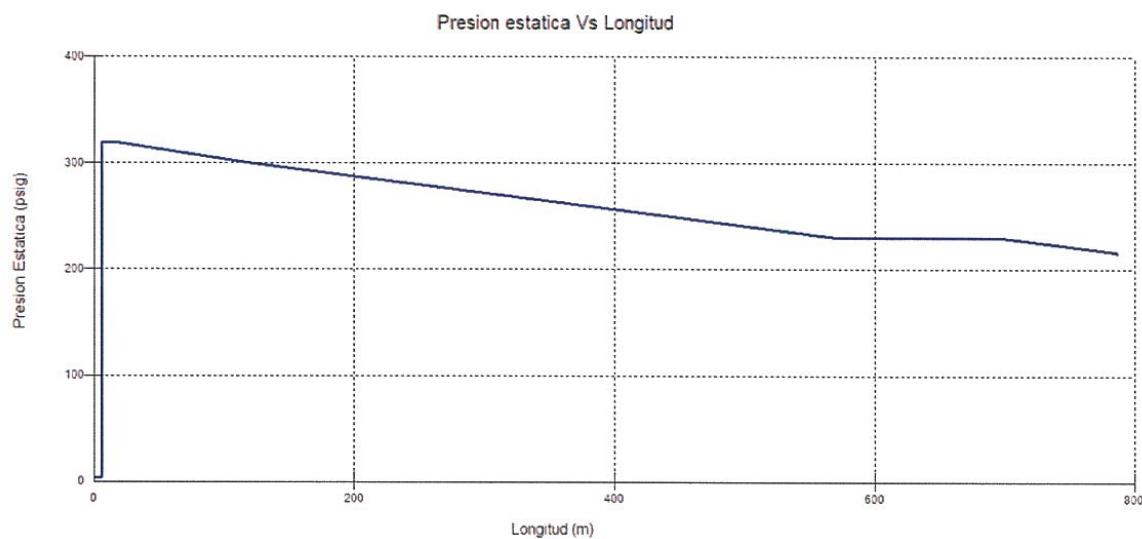
5.3 Perfil Hidráulico

Figura 5.6 Modelo de simulación Gradiente Hidráulico



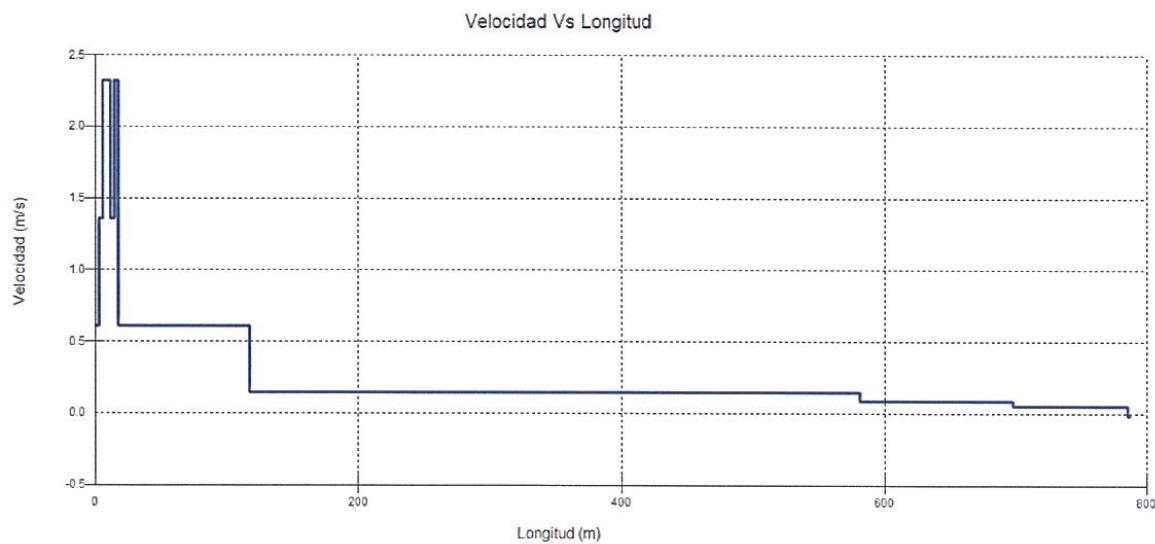
Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Figura 5.7
Modelo de simulación con presiones



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Figura 5.8
Modelo de simulación con velocidades



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

6.0 CONCLUSIONES

STRIP

- El balance encontrado indica que más del 90% del flujo es balanceado y el caudal en todos los aspersores está de acuerdo a criterio de diseño. Ver Anexo 01
- Los resultados indican que para que haya balance en todo el Strip manteniendo una presión de ingreso de 25 psig y un caudal de ingreso de 4.1 m³/h al módulo, una válvula de regulación de caudal será necesaria por cada módulo.
- La válvula de regulación asegurara un flujo nominal de 4.1 m³/h con una caída de presión de 166 psig. Las regulaciones se podrán hacer proporcionales con relación de 7:1 o se podrá regular la caída de presión en todos los ramales. Es decir $166/45 = 4$ psig de caída de presión por cada aspersor.

SISTEMA DE BOMBEO

- Los resultados obtenidos indican que para 41.2 m³/h, con una eficiencia de 70%, y una altura dinámica de 97 m, son requeridos 20.81 hp como potencia hidráulica al eje. Un motor eléctrico de 50 hp será requerido para la operación de este nuevo sistema. Es decir que el sistema actual puede ser reutilizado.
- Considerando el ratio de presiones en las líneas. Se concluye que tuberías de HDPE de 4" Ø SDR 11, 13.5 y 17 serán requeridas para mantener la estabilidad de las líneas.

7.0 ANEXOS

ANEXO 01

AFT Fathom 7.0

General

Title: AFT Fathom Model

Analysis run on: 21/04/2014 04:18:07 p.m.

Application version: AFT Fathom Version 7.0 (2008.08.21)

Input File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Bombeo de ILS\ILSTotal4.fth

Scenario: Base Scenario

Output File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Bombeo de ILS\ILSTotal4_1.out

Execution Time= 1:52.20 (112.20 seconds)

Total Number Of Head/Pressure Iterations= 67

Total Number Of Flow Iterations= 15

Total Number Of Temperature Iterations= 0

Number Of Pipes= 1215

Number Of Junctions= 1167

Matrix Method= Gaussian Elimination

Pressure/Head Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Rate Tolerance= 0.0001 relative change

Temperature Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Relaxation= (Automatic)

Pressure Relaxation= (Automatic)

Constant Fluid Property Model

Fluid Database: AFT Standard

Fluid: Water at 9.6 psia

Max Fluid Temperature Data= 212 deg. F

Min Fluid Temperature Data= 32 deg. F

Temperature= 15 deg. C

Density= 62.3773 lbm/ft³

Viscosity= 2.769912 lbm/hr-ft

Vapor Pressure= 0.2409067 psia

Viscosity Model= Newtonian

Atmospheric Pressure= 9.61 psia

Gravitational Acceleration= 1 g

Turbulent Flow Above Reynolds Number= 4000

Laminar Flow Below Reynolds Number= 2300

Total Inflow= 181.4 gal/min

Total Outflow= 181.4 gal/min

Maximum Pressure is 151.0 psia at Junction 720 Outlet

Minimum Pressure is 9.610 psia at Junction 3844 Outlet

Warnings

WARNING Pipe 4007 length is shorter than the elevation change (between Junction 3883 (Reservoir) and 3886 (Branch)).

Pump Summary

Jct	Name	Vol. Flow (m ³ /hr)	Mass Flow (lbm/sec)	dP (psid)	dH (meters)	Overall Efficiency (Percent)	Speed (Percent)	Overall Power (hp)	BEP (gal/min)	% of BEP (Percent)	NPSHA (feet)
3884	Pump	41.20	25.21	137.7	96.89	70.00	N/A	20.81	N/A	N/A	29.40

Jct	NPSHR (feet)
3884	N/A

Valve Summary

AFT Fathom Model

Jct	Name	Valve Type	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP Stag. (psid)	dH (feet)	P Inlet Static (psia)	Cv	K	Valve State
723	Valve	REGULAR	181.4	25.21	0	0	150.1	N/A	0	Open

Reservoir Summary

Jct	Name	Type	Liq. Height (feet)	Liq. Elevation (feet)	Surface Pressure (psia)	Liquid Volume (feet ³)	Liquid Mass (lbm)	Net Vol. Flow (gal/min)	Net Mass Flow (lbm/sec)
3883	Reservoir	Infinite	N/A	11,378	9.610	N/A	N/A	-181.4	-25.21

Pipe Output Table

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m ³ /hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
9	Pipe	24.110787	1.1169527	120.7529	50.69	3,478	3,528	79.675880432	79.675880432
10	Pipe	12.394072	0.5741659	41.0531	49.97	3,528	3,528	0.691545725	0.691545725
11	Pipe	2.561727	0.1186742	40.3844	36.62	3,528	3,537	13.374621391	13.374621391
12	Pipe	17.089215	0.7916724	120.7529	121.04	3,478	3,478	1.895418406	1.895418406
16	Pipe	17.089215	0.7916724	118.8575	112.01	3,478	3,489	16.460899353	16.460899353
17	Pipe	17.089215	0.7916724	102.3966	72.48	3,489	3,515	39.525035858	39.525035858
18	Pipe	17.089215	0.7916724	62.8715	36.12	3,515	3,538	36.362094879	36.362094879
19	Pipe	17.089215	0.7916724	26.9654	36.07	3,538	3,537	-0.501399100	-0.501399100
22	Pipe	9.825471	0.4081579	26.9988	11.24	3,537	3,555	25.371473312	25.371473312
24	Pipe	9.825471	0.4081579	26.9988	11.24	3,537	3,555	25.371473312	25.371473312
80	Pipe	-1.518227	-0.1925934	1.6910	11.29	3,555	3,555	-0.008130481	-0.008130481
81	Pipe	2.029401	0.2574381	1.8486	11.45	3,555	3,555	0.013461422	0.013461422
82	Pipe	1.981510	0.2513628	1.8354	11.43	3,555	3,555	0.012911274	0.012911274
83	Pipe	1.933786	0.2453089	1.8227	11.42	3,555	3,555	0.012374938	0.012374938
84	Pipe	1.886225	0.2392756	1.8105	11.41	3,555	3,555	0.011850306	0.011850306
85	Pipe	1.838819	0.2332620	1.7989	11.40	3,555	3,555	0.011337257	0.011337257
86	Pipe	1.791563	0.2272673	1.7877	11.39	3,555	3,555	0.010835683	0.010835683
87	Pipe	1.744450	0.2212908	1.7771	11.38	3,555	3,555	0.010345479	0.010345479
88	Pipe	1.697474	0.2153316	1.7669	11.37	3,555	3,555	0.009866551	0.009866551
89	Pipe	1.650628	0.2093891	1.7572	11.36	3,555	3,555	0.009398806	0.009398806
90	Pipe	1.603908	0.2034625	1.7480	11.35	3,555	3,555	0.008942164	0.008942164
91	Pipe	1.557308	0.1975511	1.7392	11.34	3,555	3,555	0.008496553	0.008496553
92	Pipe	1.510821	0.1916540	1.7309	11.33	3,555	3,555	0.008061904	0.008061904
93	Pipe	1.464443	0.1857707	1.7230	11.33	3,555	3,555	0.007638156	0.007638156
94	Pipe	-1.418167	-0.1799005	1.7155	11.32	3,555	3,555	-0.007225260	-0.007225260
95	Pipe	-1.472388	-0.1867786	1.6831	11.29	3,555	3,555	-0.007710043	-0.007710043
96	Pipe	-0.929057	-0.1178548	1.6168	11.22	3,555	3,555	-0.003486030	-0.003486030
97	Pipe	-0.973965	-0.1235515	1.6205	11.23	3,555	3,555	-0.003780302	-0.003780302
98	Pipe	-1.018925	-0.1292549	1.6245	11.23	3,555	3,555	-0.004085122	-0.004085122
99	Pipe	-1.063942	-0.1349655	1.6288	11.23	3,555	3,555	-0.004400453	-0.004400453
100	Pipe	-1.109019	-0.1406838	1.6334	11.24	3,555	3,555	-0.004726270	-0.004726270
101	Pipe	-1.154162	-0.1464103	1.6383	11.24	3,555	3,555	-0.005062554	-0.005062554
102	Pipe	0.884542	0.1122079	1.7238	11.33	3,555	3,555	0.003204492	0.003204492
103	Pipe	0.838217	0.1063314	1.7207	11.33	3,555	3,555	0.002922361	0.002922361
104	Pipe	0.791931	0.1004598	1.7179	11.33	3,555	3,555	0.002651665	0.002651665
105	Pipe	0.745681	0.0945928	1.7153	11.32	3,555	3,555	0.002392497	0.002392497
106	Pipe	0.699463	0.0887298	1.7130	11.32	3,555	3,555	0.002144969	0.002144969

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
107	Pipe	0.653274	0.0828706	1.7109	11.32	3,555	3,555	0.001822048	0.001822048
108	Pipe	0.607110	0.0770144	1.7092	11.32	3,555	3,555	0.001495229	0.001495229
109	Pipe	0.560966	0.0711608	1.7078	11.32	3,555	3,555	0.001209664	0.001209664
110	Pipe	0.514838	0.0653093	1.7066	11.32	3,555	3,555	0.000962566	0.000962566
111	Pipe	0.468723	0.0594595	1.7057	11.31	3,555	3,555	0.000751168	0.000751168
112	Pipe	0.422618	0.0536109	1.7050	11.31	3,555	3,555	0.000572719	0.000572719
113	Pipe	0.376521	0.0477633	1.7045	11.31	3,555	3,555	0.000455205	0.000455205
114	Pipe	0.330430	0.0419165	1.7041	11.31	3,555	3,555	0.000399482	0.000399482
115	Pipe	0.284345	0.0360703	1.7037	11.31	3,555	3,555	0.000343766	0.000343766
116	Pipe	0.238264	0.0302248	1.7034	11.31	3,555	3,555	0.000288055	0.000288055
117	Pipe	-1.199375	-0.1521458	1.6436	11.25	3,555	3,555	-0.005409300	-0.005409300
118	Pipe	-1.244662	-0.1578906	1.6492	11.25	3,555	3,555	-0.005766506	-0.005766506
119	Pipe	-1.290029	-0.1636456	1.6552	11.26	3,555	3,555	-0.006134182	-0.006134182
120	Pipe	-1.335480	-0.1694112	1.6616	11.27	3,555	3,555	-0.006512345	-0.006512345
121	Pipe	-1.381020	-0.1751881	1.6684	11.27	3,555	3,555	-0.006901019	-0.006901019
122	Pipe	-1.426654	-0.1809770	1.6755	11.28	3,555	3,555	-0.007300239	-0.007300239
123	Pipe	-7.353442	-0.9328150	1.8044	11.27	3,555	3,555	-0.142656937	-0.142656937
124	Pipe	-1.564176	-0.1984223	1.7003	11.30	3,555	3,555	-0.009417768	-0.009417768
125	Pipe	2.077468	0.2635355	1.8624	11.46	3,555	3,555	0.014021575	0.014021575
126	Pipe	-0.884198	-0.1121642	1.6134	11.22	3,555	3,555	-0.003202352	-0.003202352
127	Pipe	-6.468900	-0.8206071	1.6760	11.17	3,555	3,555	-0.113640852	-0.113640852
129	Pipe	-1.371989	-0.1740425	1.7085	11.31	3,555	3,555	-0.007505488	-0.007505488
131	Pipe	-1.926386	-0.2443702	2.0427	11.64	3,555	3,555	-0.012292658	-0.012292658
132	Pipe	2.478205	0.3143707	2.2732	11.86	3,555	3,555	0.019073971	0.019073971
133	Pipe	2.425113	0.3076357	2.2544	11.85	3,555	3,555	0.018365826	0.018365826
134	Pipe	2.372236	0.3009281	2.2363	11.83	3,555	3,555	0.017672233	0.017672233
135	Pipe	2.319569	0.2942470	2.2190	11.81	3,555	3,555	0.016993005	0.016993005
136	Pipe	2.267102	0.2875914	2.2022	11.80	3,555	3,555	0.016327968	0.016327968
137	Pipe	2.214830	0.2809605	2.1862	11.78	3,555	3,555	0.015676949	0.015676949
138	Pipe	2.162746	0.2743534	2.1708	11.77	3,555	3,555	0.015039795	0.015039795
139	Pipe	2.110841	0.2677691	2.1560	11.75	3,555	3,555	0.014416349	0.014416349
140	Pipe	2.059110	0.2612068	2.1418	11.74	3,555	3,555	0.013806472	0.013806472
141	Pipe	2.007546	0.2546656	2.1283	11.73	3,555	3,555	0.013208055	0.013208055
142	Pipe	1.956142	0.2481448	2.1153	11.71	3,555	3,555	0.012624943	0.012624943
143	Pipe	1.904891	0.2416434	2.1029	11.70	3,555	3,555	0.012055018	0.012055018
144	Pipe	1.853786	0.2351606	2.0911	11.69	3,555	3,555	0.011498168	0.011498168
145	Pipe	-1.802822	-0.2286956	2.0798	11.68	3,555	3,555	-0.010954292	-0.010954292
146	Pipe	-1.876023	-0.2379814	2.0306	11.63	3,555	3,555	-0.011739062	-0.011739062
147	Pipe	-1.281291	-0.1625371	1.9249	11.53	3,555	3,555	-0.006062601	-0.006062601
148	Pipe	-1.330300	-0.1687541	1.9312	11.53	3,555	3,555	-0.006468756	-0.006468756
149	Pipe	-1.379391	-0.1749816	1.9380	11.54	3,555	3,555	-0.006886956	-0.006886956
150	Pipe	-1.428570	-0.1812201	1.9451	11.55	3,555	3,555	-0.007317217	-0.007317217
151	Pipe	-1.477842	-0.1874704	1.9527	11.55	3,555	3,555	-0.007759561	-0.007759561
152	Pipe	-1.527211	-0.1937332	1.9608	11.56	3,555	3,555	-0.008214021	-0.008214021
153	Pipe	0.986642	0.1251597	2.0871	11.69	3,555	3,555	0.003865223	0.003865223
154	Pipe	0.935669	0.1186936	2.0833	11.69	3,555	3,555	0.003528714	0.003528714
155	Pipe	0.884739	0.1122329	2.0799	11.69	3,555	3,555	0.003205714	0.003205714
156	Pipe	0.833849	0.1057772	2.0768	11.68	3,555	3,555	0.002896332	0.002896332
157	Pipe	0.782993	0.0993260	2.0740	11.68	3,555	3,555	0.002600694	0.002600694
158	Pipe	0.732170	0.0928789	2.0715	11.68	3,555	3,555	0.002318945	0.002318945
159	Pipe	0.681375	0.0864353	2.0692	11.68	3,555	3,555	0.002042289	0.002042289
160	Pipe	0.630606	0.0799950	2.0673	11.68	3,555	3,555	0.001656255	0.001656255

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
161	Pipe	0.579856	0.0735572	2.0657	11.67	3,555	3,555	0.001321774	0.001321774
162	Pipe	0.529123	0.0671215	2.0644	11.67	3,555	3,555	0.001035153	0.001035153
163	Pipe	0.478402	0.0606874	2.0635	11.67	3,555	3,555	0.000792721	0.000792721
164	Pipe	0.427692	0.0542545	2.0627	11.67	3,555	3,555	0.000590829	0.000590829
165	Pipe	0.376988	0.0478225	2.0622	11.67	3,555	3,555	0.000455769	0.000455769
166	Pipe	0.326290	0.0413913	2.0618	11.67	3,555	3,555	0.000394477	0.000394477
167	Pipe	0.275597	0.0349606	2.0614	11.67	3,555	3,555	0.000333190	0.000333190
168	Pipe	-1.576685	-0.2000090	1.9693	11.57	3,555	3,555	-0.008680640	-0.008680640
169	Pipe	-1.626267	-0.2062988	1.9782	11.58	3,555	3,555	-0.009159465	-0.009159465
170	Pipe	-1.675964	-0.2126031	1.9877	11.59	3,555	3,555	-0.009650559	-0.009650559
171	Pipe	-1.725783	-0.2189228	1.9976	11.60	3,555	3,555	-0.010153986	-0.010153986
172	Pipe	-1.775728	-0.2252585	2.0081	11.61	3,555	3,555	-0.010669821	-0.010669821
173	Pipe	-1.825806	-0.2316111	2.0191	11.62	3,555	3,555	-0.011198149	-0.011198149
174	Pipe	-9.185194	-1.1651803	2.2018	11.60	3,555	3,555	-0.211937457	-0.211937457
175	Pipe	-1.976901	-0.2507782	2.0566	11.65	3,555	3,555	-0.014144951	-0.014144951
176	Pipe	2.531521	0.3211341	2.2927	11.88	3,555	3,555	0.019796859	0.019796859
177	Pipe	-1.232359	-0.1563299	1.9190	11.52	3,555	3,555	-0.005668485	-0.005668485
178	Pipe	-8.198551	-1.0400206	2.0098	11.45	3,555	3,555	-0.173104972	-0.173104972
179	Pipe	11.716715	0.4867216	41.0598	11.89	3,528	3,555	38.776870728	38.776870728
180	Pipe	-1.751993	-0.2222476	2.0690	11.67	3,555	3,555	-0.011465629	-0.011465629
182	Pipe	-1.143631	-0.1450744	1.4652	11.07	3,555	3,555	-0.004983216	-0.004983216
183	Pipe	1.631886	0.2070115	1.5676	11.17	3,555	3,555	0.009214429	0.009214429
184	Pipe	1.587766	0.2014148	1.5586	11.16	3,555	3,555	0.008786687	0.008786687
185	Pipe	1.543771	0.1958338	1.5500	11.15	3,555	3,555	0.008368959	0.008368959
186	Pipe	1.499894	0.1902679	1.5417	11.14	3,555	3,555	0.007961173	0.007961173
187	Pipe	1.456131	0.1847163	1.5339	11.14	3,555	3,555	0.007563260	0.007563260
188	Pipe	1.412475	0.1791784	1.5265	11.13	3,555	3,555	0.007175162	0.007175162
189	Pipe	1.368922	0.1736535	1.5195	11.12	3,555	3,555	0.006796822	0.006796822
190	Pipe	1.325467	0.1681410	1.5128	11.12	3,555	3,555	0.006428197	0.006428197
191	Pipe	1.282104	0.1626402	1.5065	11.11	3,555	3,555	0.006069244	0.006069244
192	Pipe	1.238828	0.1571505	1.5006	11.10	3,555	3,555	0.005719932	0.005719932
193	Pipe	1.195634	0.1516712	1.4950	11.10	3,555	3,555	0.005380235	0.005380235
194	Pipe	1.152518	0.1462018	1.4897	11.09	3,555	3,555	0.005050134	0.005050134
195	Pipe	1.109476	0.1407416	1.4848	11.09	3,555	3,555	0.004729619	0.004729619
196	Pipe	-1.066501	-0.1352902	1.4802	11.09	3,555	3,555	-0.004418686	-0.004418686
197	Pipe	-1.100945	-0.1396595	1.4603	11.07	3,555	3,555	-0.004667171	-0.004667171
198	Pipe	-0.592860	-0.0752068	1.4236	11.03	3,555	3,555	-0.001402784	-0.001402784
199	Pipe	-0.634992	-0.0805514	1.4252	11.03	3,555	3,555	-0.001687529	-0.001687529
200	Pipe	-0.677149	-0.0858992	1.4272	11.04	3,555	3,555	-0.002008106	-0.002008106
201	Pipe	-0.719335	-0.0912507	1.4294	11.04	3,555	3,555	-0.002249984	-0.002249984
202	Pipe	-0.761556	-0.0966065	1.4318	11.04	3,555	3,555	-0.002480166	-0.002480166
203	Pipe	-0.803812	-0.1019670	1.4344	11.04	3,555	3,555	-0.002720074	-0.002720074
204	Pipe	0.806500	0.1023080	1.4895	11.10	3,555	3,555	0.002735655	0.002735655
205	Pipe	0.763439	0.0968455	1.4868	11.09	3,555	3,555	0.002490659	0.002490659
206	Pipe	0.720414	0.0913876	1.4844	11.09	3,555	3,555	0.002255747	0.002255747
207	Pipe	0.677422	0.0859338	1.4822	11.09	3,555	3,555	0.002010295	0.002010295
208	Pipe	0.634459	0.0804837	1.4803	11.09	3,555	3,555	0.001683701	0.001683701
209	Pipe	0.591520	0.0750368	1.4786	11.09	3,555	3,555	0.001394287	0.001394287
210	Pipe	0.548601	0.0695924	1.4773	11.09	3,555	3,555	0.001139781	0.001139781
211	Pipe	0.505700	0.0641501	1.4762	11.09	3,555	3,555	0.000917931	0.000917931
212	Pipe	0.462811	0.0587095	1.4753	11.08	3,555	3,555	0.000726504	0.000726504
213	Pipe	0.419933	0.0532703	1.4747	11.08	3,555	3,555	0.000563283	0.000563283

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
214	Pipe	0.377064	0.0478321	1.4741	11.08	3,555	3,555	0.000455861	0.000455861
215	Pipe	0.334200	0.0423947	1.4737	11.08	3,555	3,555	0.000404040	0.000404040
216	Pipe	0.291343	0.0369581	1.4734	11.08	3,555	3,555	0.000352227	0.000352227
217	Pipe	0.248491	0.0315221	1.4730	11.08	3,555	3,555	0.000300419	0.000300419
218	Pipe	0.205643	0.0260867	1.4727	11.08	3,555	3,555	0.000248618	0.000248618
219	Pipe	-0.846109	-0.1073325	1.4373	11.04	3,555	3,555	-0.002969637	-0.002969637
220	Pipe	-0.888450	-0.1127036	1.4404	11.05	3,555	3,555	-0.003228796	-0.003228796
221	Pipe	-0.930838	-0.1180807	1.4438	11.05	3,555	3,555	-0.003497503	-0.003497503
222	Pipe	-0.973277	-0.1234643	1.4475	11.05	3,555	3,555	-0.003775719	-0.003775719
223	Pipe	-1.015772	-0.1288549	1.4515	11.06	3,555	3,555	-0.004063415	-0.004063415
224	Pipe	-1.058327	-0.1342532	1.4558	11.06	3,555	3,555	-0.004360570	-0.004360570
225	Pipe	-5.676962	-0.7201465	1.5428	11.06	3,555	3,555	-0.090164870	-0.090164870
226	Pipe	-1.186390	-0.1504986	1.4709	11.08	3,555	3,555	-0.005839576	-0.005839576
227	Pipe	1.676135	0.2126248	1.5771	11.18	3,555	3,555	0.009652266	0.009652266
228	Pipe	-0.550749	-0.0698648	1.4223	11.03	3,555	3,555	-0.001151722	-0.001151722
229	Pipe	-4.870462	-0.6178386	1.4626	11.00	3,555	3,555	-0.068764970	-0.068764970
231	Pipe	-1.023591	-0.1298469	1.4759	11.08	3,555	3,555	-0.004529074	-0.004529074
284	Pipe	-0.793871	-0.1007059	1.3338	10.94	3,555	3,555	-0.002662782	-0.002662782
285	Pipe	1.275517	0.1618047	1.3952	11.00	3,555	3,555	0.006015505	0.006015505
286	Pipe	1.233875	0.1565222	1.3893	10.99	3,555	3,555	0.005680525	0.005680525
287	Pipe	1.192317	0.1512505	1.3838	10.99	3,555	3,555	0.005354522	0.005354522
288	Pipe	1.150840	0.1459889	1.3785	10.98	3,555	3,555	0.005037470	0.005037470
289	Pipe	1.109439	0.1407370	1.3736	10.98	3,555	3,555	0.004729352	0.004729352
290	Pipe	1.068109	0.1354942	1.3690	10.97	3,555	3,555	0.004430155	0.004430155
291	Pipe	1.026846	0.1302598	1.3646	10.97	3,555	3,555	0.004139876	0.004139876
292	Pipe	0.985646	0.1250333	1.3606	10.97	3,555	3,555	0.003858519	0.003858519
293	Pipe	0.944504	0.1198143	1.3568	10.96	3,555	3,555	0.003586093	0.003586093
294	Pipe	0.903416	0.1146021	1.3533	10.96	3,555	3,555	0.003322618	0.003322618
295	Pipe	0.862379	0.1093964	1.3501	10.96	3,555	3,555	0.003068121	0.003068121
296	Pipe	0.821388	0.1041965	1.3471	10.95	3,555	3,555	0.002822637	0.002822637
297	Pipe	0.780440	0.0990021	1.3444	10.95	3,555	3,555	0.002586212	0.002586212
298	Pipe	-0.739532	-0.0938128	1.3418	10.95	3,555	3,555	-0.002358901	-0.002358901
299	Pipe	-0.753124	-0.0955369	1.3313	10.94	3,555	3,555	-0.002433434	-0.002433434
300	Pipe	-0.266024	-0.0337463	1.3175	10.93	3,555	3,555	-0.000321617	-0.000321617
301	Pipe	-0.306551	-0.0388873	1.3178	10.93	3,555	3,555	-0.000370613	-0.000370613
302	Pipe	-0.347084	-0.0440291	1.3182	10.93	3,555	3,555	-0.000419616	-0.000419616
303	Pipe	-0.387623	-0.0491716	1.3187	10.93	3,555	3,555	-0.000468627	-0.000468627
304	Pipe	-0.428170	-0.0543151	1.3192	10.93	3,555	3,555	-0.000592555	-0.000592555
305	Pipe	-0.468725	-0.0594598	1.3199	10.93	3,555	3,555	-0.000751179	-0.000751179
306	Pipe	0.749452	0.0950711	1.3520	10.96	3,555	3,555	0.002413198	0.002413198
307	Pipe	0.708425	0.0898667	1.3496	10.96	3,555	3,555	0.002192065	0.002192065
308	Pipe	0.667432	0.0846666	1.3475	10.96	3,555	3,555	0.001930940	0.001930940
309	Pipe	0.626469	0.0794702	1.3456	10.95	3,555	3,555	0.001627115	0.001627115
310	Pipe	0.585530	0.0742770	1.3441	10.95	3,555	3,555	0.001356732	0.001356732
311	Pipe	0.544612	0.0690864	1.3428	10.95	3,555	3,555	0.001117814	0.001117814
312	Pipe	0.503712	0.0638979	1.3417	10.95	3,555	3,555	0.000908403	0.000908403
313	Pipe	0.462824	0.0587112	1.3408	10.95	3,555	3,555	0.000726560	0.000726560
314	Pipe	0.421948	0.0535259	1.3402	10.95	3,555	3,555	0.000570356	0.000570356
315	Pipe	0.381081	0.0483418	1.3396	10.95	3,555	3,555	0.000460718	0.000460718
316	Pipe	0.340221	0.0431585	1.3392	10.95	3,555	3,555	0.000411319	0.000411319
317	Pipe	0.299367	0.0379760	1.3388	10.95	3,555	3,555	0.000361927	0.000361927
318	Pipe	0.258519	0.0327942	1.3385	10.95	3,555	3,555	0.000312543	0.000312543

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
319	Pipe	0.217675	0.0276130	1.3382	10.95	3,555	3,555	0.000263164	0.000263164
320	Pipe	0.176835	0.0224323	1.3379	10.95	3,555	3,555	0.000213789	0.000213789
321	Pipe	-0.509292	-0.0646059	1.3208	10.93	3,555	3,555	-0.000935315	-0.000935315
322	Pipe	-0.549874	-0.0697538	1.3219	10.93	3,555	3,555	-0.001146847	-0.001146847
323	Pipe	-0.590473	-0.0749039	1.3232	10.93	3,555	3,555	-0.001387674	-0.001387674
324	Pipe	-0.631093	-0.0800568	1.3248	10.93	3,555	3,555	-0.001659710	-0.001659710
325	Pipe	-0.671739	-0.0852129	1.3267	10.93	3,555	3,555	-0.001964893	-0.001964893
326	Pipe	-0.712414	-0.0903727	1.3289	10.94	3,555	3,555	-0.002213166	-0.002213166
327	Pipe	-4.103960	-0.5206046	1.3838	10.94	3,555	3,555	-0.050838202	-0.050838202
328	Pipe	-0.834659	-0.1058799	1.3370	10.94	3,555	3,555	-0.003191266	-0.003191266
329	Pipe	1.317250	0.1670986	1.4015	11.01	3,555	3,555	0.006359492	0.006359492
330	Pipe	-0.225502	-0.0286059	1.3172	10.93	3,555	3,555	-0.000272627	-0.000272627
331	Pipe	-3.354509	-0.4255335	1.3395	10.91	3,555	3,555	-0.035658564	-0.035658564
333	Pipe	-0.698660	-0.0886279	1.3396	10.95	3,555	3,555	-0.002354845	-0.002354845
488	Pipe	9.832346	0.4084435	40.3734	11.24	3,528	3,555	38.743888855	38.743888855
489	Pipe	-0.411291	-0.0521740	1.2743	10.88	3,555	3,555	-0.000533603	-0.000533603
490	Pipe	0.950150	0.1205305	1.3033	10.91	3,555	3,555	0.003622970	0.003622970
491	Pipe	0.909882	0.1154224	1.2998	10.91	3,555	3,555	0.003363509	0.003363509
492	Pipe	0.869667	0.1103209	1.2965	10.90	3,555	3,555	0.003112683	0.003112683
493	Pipe	0.829500	0.1052255	1.2935	10.90	3,555	3,555	0.002870519	0.002870519
494	Pipe	0.789377	0.1001358	1.2907	10.90	3,555	3,555	0.002637056	0.002637056
495	Pipe	0.749296	0.0950513	1.2881	10.90	3,555	3,555	0.002412341	0.002412341
496	Pipe	0.709252	0.0899715	1.2858	10.89	3,555	3,555	0.002196428	0.002196428
497	Pipe	0.669242	0.0848962	1.2836	10.89	3,555	3,555	0.001945164	0.001945164
498	Pipe	0.629263	0.0798246	1.2818	10.89	3,555	3,555	0.001646759	0.001646759
499	Pipe	0.589309	0.0747563	1.2802	10.89	3,555	3,555	0.001380347	0.001380347
500	Pipe	0.549377	0.0696907	1.2788	10.89	3,555	3,555	0.001144083	0.001144083
501	Pipe	0.509462	0.0646274	1.2777	10.89	3,555	3,555	0.000936142	0.000936142
502	Pipe	0.469562	0.0595660	1.2768	10.89	3,555	3,555	0.000754715	0.000754715
503	Pipe	-0.429674	-0.0545060	1.2761	10.89	3,555	3,555	-0.000598007	-0.000598007
504	Pipe	-0.371441	-0.0471189	1.2738	10.88	3,555	3,555	-0.000449063	-0.000449063
505	Pipe	0.106432	0.0135014	1.2719	10.88	3,555	3,555	0.000128674	0.000128674
506	Pipe	0.066616	0.0084506	1.2717	10.88	3,555	3,555	0.000080538	0.000080538
507	Pipe	0.026802	0.0033999	1.2717	10.88	3,555	3,555	0.000032403	0.000032403
508	Pipe	-0.013013	-0.0016507	1.2716	10.88	3,555	3,555	-0.000015731	-0.000015731
509	Pipe	-0.052827	-0.0067013	1.2717	10.88	3,555	3,555	-0.000063866	-0.000063866
510	Pipe	-0.092642	-0.0117521	1.2718	10.88	3,555	3,555	-0.000112002	-0.000112002
511	Pipe	0.660045	0.0837295	1.2851	10.89	3,555	3,555	0.001873604	0.001873604
512	Pipe	0.620042	0.0786549	1.2833	10.89	3,555	3,555	0.001582515	0.001582515
513	Pipe	0.580063	0.0735835	1.2818	10.89	3,555	3,555	0.001323039	0.001323039
514	Pipe	0.540105	0.0685146	1.2805	10.89	3,555	3,555	0.001093331	0.001093331
515	Pipe	0.500164	0.0634480	1.2794	10.89	3,555	3,555	0.000891566	0.000891566
516	Pipe	0.460237	0.0583831	1.2786	10.89	3,555	3,555	0.000715935	0.000715935
517	Pipe	0.420322	0.0533196	1.2779	10.89	3,555	3,555	0.000564642	0.000564642
518	Pipe	0.380416	0.0482573	1.2774	10.89	3,555	3,555	0.000459912	0.000459912
519	Pipe	0.340516	0.0431959	1.2770	10.89	3,555	3,555	0.000411675	0.000411675
520	Pipe	0.300622	0.0381352	1.2766	10.89	3,555	3,555	0.000363445	0.000363445
521	Pipe	0.260735	0.0330753	1.2762	10.89	3,555	3,555	0.000315221	0.000315221
522	Pipe	0.220852	0.0280160	1.2760	10.89	3,555	3,555	0.000267004	0.000267004
523	Pipe	0.180974	0.0229572	1.2757	10.89	3,555	3,555	0.000218792	0.000218792
524	Pipe	0.141098	0.0178989	1.2755	10.89	3,555	3,555	0.000170584	0.000170584
525	Pipe	0.101226	0.0128409	1.2753	10.89	3,555	3,555	0.000122379	0.000122379

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
526	Pipe	-0.132459	-0.0168030	1.2720	10.88	3,555	3,555	-0.000160140	-0.000160140
527	Pipe	-0.172279	-0.0218543	1.2722	10.88	3,555	3,555	-0.000208281	-0.000208281
528	Pipe	-0.212102	-0.0269060	1.2724	10.88	3,555	3,555	-0.000256426	-0.000256426
529	Pipe	-0.251929	-0.0319583	1.2727	10.88	3,555	3,555	-0.000304575	-0.000304575
530	Pipe	-0.291761	-0.0370111	1.2730	10.88	3,555	3,555	-0.000352731	-0.000352731
531	Pipe	-0.331598	-0.0420646	1.2734	10.88	3,555	3,555	-0.000400893	-0.000400893
532	Pipe	-2.589538	-0.3284937	1.3004	10.89	3,555	3,555	-0.022656500	-0.022656500
533	Pipe	-0.451150	-0.0572303	1.2750	10.88	3,555	3,555	-0.000747363	-0.000747363
534	Pipe	0.990473	0.1256457	1.3071	10.91	3,555	3,555	0.003891044	0.003891044
535	Pipe	0.146250	0.0185525	1.2720	10.88	3,555	3,555	0.000176813	0.000176813
536	Pipe	-1.929493	-0.2447643	1.2813	10.88	3,555	3,555	-0.013559888	-0.013559888
537	Pipe	-0.389795	-0.0494472	1.2756	10.89	3,555	3,555	-0.000518378	-0.000518378
538	Pipe	-0.021256	-0.0026964	1.2576	10.87	3,555	3,555	-0.000025698	-0.000025698
539	Pipe	0.643435	0.0816225	1.2669	10.88	3,555	3,555	0.001748807	0.001748807
540	Pipe	0.603715	0.0765838	1.2652	10.87	3,555	3,555	0.001472852	0.001472852
541	Pipe	0.564018	0.0715480	1.2638	10.87	3,555	3,555	0.001227338	0.001227338
542	Pipe	0.524340	0.0665147	1.2626	10.87	3,555	3,555	0.001010464	0.001010464
543	Pipe	0.484678	0.0614835	1.2617	10.87	3,555	3,555	0.000820449	0.000820449
544	Pipe	0.445029	0.0564538	1.2609	10.87	3,555	3,555	0.000655523	0.000655523
545	Pipe	0.405391	0.0514255	1.2603	10.87	3,555	3,555	0.000513932	0.000513932
546	Pipe	0.365760	0.0463982	1.2598	10.87	3,555	3,555	0.000442195	0.000442195
547	Pipe	0.326136	0.0413717	1.2594	10.87	3,555	3,555	0.000394290	0.000394290
548	Pipe	0.286519	0.0363461	1.2590	10.87	3,555	3,555	0.000346394	0.000346394
549	Pipe	0.246907	0.0313212	1.2587	10.87	3,555	3,555	0.000298504	0.000298504
550	Pipe	0.207299	0.0262968	1.2584	10.87	3,555	3,555	0.000250620	0.000250620
551	Pipe	0.167696	0.0212729	1.2582	10.87	3,555	3,555	0.000202740	0.000202740
552	Pipe	-0.128096	-0.0162495	1.2580	10.87	3,555	3,555	-0.000154865	-0.000154865
553	Pipe	0.018338	0.0023263	1.2576	10.87	3,555	3,555	0.000022171	0.000022171
554	Pipe	0.493715	0.0626299	1.2618	10.87	3,555	3,555	0.000861480	0.000861480
555	Pipe	0.454064	0.0576000	1.2610	10.87	3,555	3,555	0.000690994	0.000690994
556	Pipe	0.414424	0.0525714	1.2603	10.87	3,555	3,555	0.000544242	0.000544242
557	Pipe	0.374793	0.0475440	1.2598	10.87	3,555	3,555	0.000453115	0.000453115
558	Pipe	0.335168	0.0425175	1.2594	10.87	3,555	3,555	0.000405210	0.000405210
559	Pipe	0.295550	0.0374917	1.2590	10.87	3,555	3,555	0.000357313	0.000357313
560	Pipe	0.566679	0.0718856	1.2639	10.87	3,555	3,555	0.001242884	0.001242884
561	Pipe	0.526999	0.0668520	1.2627	10.87	3,555	3,555	0.001024141	0.001024141
562	Pipe	0.487335	0.0618205	1.2618	10.87	3,555	3,555	0.000832376	0.000832376
563	Pipe	0.447684	0.0567906	1.2610	10.87	3,555	3,555	0.000665821	0.000665821
564	Pipe	0.408044	0.0517621	1.2604	10.87	3,555	3,555	0.000522719	0.000522719
565	Pipe	0.368412	0.0467346	1.2599	10.87	3,555	3,555	0.000445401	0.000445401
566	Pipe	0.328787	0.0417080	1.2595	10.87	3,555	3,555	0.000397495	0.000397495
567	Pipe	0.289168	0.0366822	1.2591	10.87	3,555	3,555	0.000349597	0.000349597
568	Pipe	0.249555	0.0316571	1.2588	10.87	3,555	3,555	0.000301706	0.000301706
569	Pipe	0.209946	0.0266326	1.2585	10.87	3,555	3,555	0.000253820	0.000253820
570	Pipe	0.170342	0.0216086	1.2582	10.87	3,555	3,555	0.000205939	0.000205939
571	Pipe	0.130740	0.0165850	1.2581	10.87	3,555	3,555	0.000158062	0.000158062
572	Pipe	0.091142	0.0115617	1.2579	10.87	3,555	3,555	0.000110188	0.000110188
573	Pipe	0.051544	0.0065386	1.2578	10.87	3,555	3,555	0.000062316	0.000062316
574	Pipe	0.011948	0.0015157	1.2577	10.87	3,555	3,555	0.000014445	0.000014445
575	Pipe	0.255937	0.0324667	1.2587	10.87	3,555	3,555	0.000309422	0.000309422
576	Pipe	0.216330	0.0274423	1.2584	10.87	3,555	3,555	0.000261537	0.000261537
577	Pipe	0.176726	0.0224185	1.2582	10.87	3,555	3,555	0.000213658	0.000213658

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
578	Pipe	0.137126	0.0173950	1.2580	10.87	3,555	3,555	0.000165782	0.000165782
579	Pipe	0.097529	0.0123719	1.2578	10.87	3,555	3,555	0.000117910	0.000117910
580	Pipe	0.057933	0.0073490	1.2577	10.87	3,555	3,555	0.000070040	0.000070040
581	Pipe	-1.100059	-0.1395471	1.2680	10.87	3,555	3,555	-0.005126779	-0.005126779
582	Pipe	-0.060850	-0.0077191	1.2577	10.87	3,555	3,555	-0.000080923	-0.000080923
583	Pipe	0.683183	0.0866646	1.2689	10.88	3,555	3,555	0.002057024	0.002057024
584	Pipe	0.533380	0.0676615	1.2628	10.87	3,555	3,555	0.001057456	0.001057456
585	Pipe	-0.533380	-0.0676615	1.2640	10.87	3,555	3,555	-0.001163202	-0.001163202
586	Pipe	-0.088498	-0.0112263	1.2578	10.87	3,555	3,555	-0.000117691	-0.000117691
738	Pipe	41.200002	1.2445670	141.3741	150.93	3,465	3,465	0.056628346	0.056628346
739	Pipe	41.200002	1.2445670	141.0749	130.25	3,465	3,478	20.434213638	20.434213638
740	Pipe	41.200002	2.1252123	141.0883	150.49	3,465	3,465	0.209395304	0.209395304
741	Pipe	41.200002	2.1252123	140.7441	150.14	3,466	3,466	0.209395304	0.209395304
3090	Pipe	9.430910	0.3917675	1.9040	11.47	3,555	3,555	0.047677450	0.047677450
3091	Pipe	7.353098	0.3054535	1.6044	11.18	3,555	3,555	0.030728107	0.030728107
3092	Pipe	5.421210	0.2252014	1.4178	11.01	3,555	3,555	0.017988132	0.017988132
3093	Pipe	3.580011	0.1487165	1.3154	10.92	3,555	3,555	0.008712457	0.008712457
3094	Pipe	1.783242	0.0740773	1.2717	10.88	3,555	3,555	0.002608450	0.002608450
3110	Pipe	0.110366	0.0140004	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000133430	0.000133430
3111	Pipe	0.077252	0.0097997	0.8797	10.49	3,555	3,555	0.000093395	0.000093395
3112	Pipe	-0.083895	-0.0106424	0.8797	10.49	3,555	3,555	-0.000111570	-0.000111570
3113	Pipe	0.044139	0.0055992	0.8796	10.49	3,555	3,555	0.000053363	0.000053363
3114	Pipe	-0.910134	-0.1154544	0.8869	10.49	3,555	3,555	-0.003701620	-0.003701620
3115	Pipe	-1.270484	-0.1611662	1.1960	10.80	3,555	3,555	-0.005974573	-0.005974573
3116	Pipe	1.694813	0.2149942	1.3111	10.91	3,555	3,555	0.009839727	0.009839727
3117	Pipe	1.654486	0.2098785	1.3014	10.90	3,555	3,555	0.009436953	0.009436953
3118	Pipe	1.614305	0.2047814	1.2921	10.89	3,555	3,555	0.009042927	0.009042927
3119	Pipe	1.574264	0.1997021	1.2832	10.88	3,555	3,555	0.008657554	0.008657554
3120	Pipe	1.534359	0.1946399	1.2747	10.88	3,555	3,555	0.008280742	0.008280742
3121	Pipe	1.494583	0.1895941	1.2666	10.87	3,555	3,555	0.007912409	0.007912409
3122	Pipe	1.454931	0.1845641	1.2588	10.86	3,555	3,555	0.007552475	0.007552475
3123	Pipe	1.415398	0.1795492	1.2514	10.85	3,555	3,555	0.007200866	0.007200866
3124	Pipe	1.375979	0.1745487	1.2443	10.85	3,555	3,555	0.006857517	0.006857517
3125	Pipe	1.336668	0.1695619	1.2376	10.84	3,555	3,555	0.006522363	0.006522363
3126	Pipe	1.297461	0.1645883	1.2312	10.83	3,555	3,555	0.006195348	0.006195348
3127	Pipe	1.258352	0.1596272	1.2251	10.83	3,555	3,555	0.005876421	0.005876421
3128	Pipe	1.219337	0.1546780	1.2193	10.82	3,555	3,555	0.005565539	0.005565539
3129	Pipe	-1.180411	-0.1497401	1.2139	10.82	3,555	3,555	-0.005262659	-0.005262659
3130	Pipe	-1.231938	-0.1562765	1.1901	10.79	3,555	3,555	-0.005665146	-0.005665146
3131	Pipe	-0.775275	-0.0983469	1.1414	10.75	3,555	3,555	-0.002557019	-0.002557019
3132	Pipe	-0.813007	-0.1031334	1.1441	10.75	3,555	3,555	-0.002773529	-0.002773529
3133	Pipe	-0.850785	-0.1079257	1.1470	10.75	3,555	3,555	-0.002997802	-0.002997802
3134	Pipe	-0.888613	-0.1127242	1.1502	10.76	3,555	3,555	-0.003229811	-0.003229811
3135	Pipe	-0.926493	-0.1175295	1.1536	10.76	3,555	3,555	-0.003469538	-0.003469538
3136	Pipe	-0.964431	-0.1223421	1.1572	10.76	3,555	3,555	-0.003716971	-0.003716971
3137	Pipe	0.749883	0.0951258	1.2196	10.83	3,555	3,555	0.002415573	0.002415573
3138	Pipe	0.710920	0.0901832	1.2172	10.83	3,555	3,555	0.002205253	0.002205253
3139	Pipe	0.671993	0.0852451	1.2151	10.82	3,555	3,555	0.001966908	0.001966908
3140	Pipe	0.633097	0.0803110	1.2132	10.82	3,555	3,555	0.001673967	0.001673967
3141	Pipe	0.594228	0.0753803	1.2116	10.82	3,555	3,555	0.001411488	0.001411488
3142	Pipe	0.555381	0.0704524	1.2102	10.82	3,555	3,555	0.001177762	0.001177762
3143	Pipe	0.516553	0.0655270	1.2091	10.82	3,555	3,555	0.000971102	0.000971102

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3144	Pipe	0.477741	0.0606035	1.2082	10.82	3,555	3,555	0.000789836	0.000789836
3145	Pipe	0.438942	0.0556816	1.2074	10.82	3,555	3,555	0.000632309	0.000632309
3146	Pipe	0.400153	0.0507611	1.2068	10.82	3,555	3,555	0.000496874	0.000496874
3147	Pipe	0.361372	0.0458415	1.2064	10.82	3,555	3,555	0.000436889	0.000436889
3148	Pipe	0.322597	0.0409228	1.2059	10.82	3,555	3,555	0.000390012	0.000390012
3149	Pipe	0.283829	0.0360049	1.2056	10.82	3,555	3,555	0.000343143	0.000343143
3150	Pipe	0.245067	0.0310878	1.2053	10.81	3,555	3,555	0.000296280	0.000296280
3151	Pipe	0.206309	0.0261712	1.2050	10.81	3,555	3,555	0.000249423	0.000249423
3152	Pipe	-1.002429	-0.1271624	1.1611	10.77	3,555	3,555	-0.003972105	-0.003972105
3153	Pipe	-1.040493	-0.1319909	1.1652	10.77	3,555	3,555	-0.004234941	-0.004234941
3154	Pipe	-1.078626	-0.1368282	1.1697	10.78	3,555	3,555	-0.004505488	-0.004505488
3155	Pipe	-1.116832	-0.1416749	1.1743	10.78	3,555	3,555	-0.004783759	-0.004783759
3156	Pipe	-1.155117	-0.1465314	1.1793	10.78	3,555	3,555	-0.005069774	-0.005069774
3157	Pipe	-1.193484	-0.1513984	1.1846	10.79	3,555	3,555	-0.005363559	-0.005363559
3158	Pipe	-6.168833	-0.7825423	1.2803	10.79	3,555	3,555	-0.104462557	-0.104462557
3159	Pipe	-1.309126	-0.1660681	1.2028	10.81	3,555	3,555	-0.006921071	-0.006921071
3160	Pipe	1.735293	0.2201291	1.3212	10.92	3,555	3,555	0.010251347	0.010251347
3161	Pipe	-0.737585	-0.0935658	1.1389	10.75	3,555	3,555	-0.002348307	-0.002348307
3162	Pipe	-5.418949	-0.6874165	1.1860	10.71	3,555	3,555	-0.083040215	-0.083040215
3163	Pipe	-0.055197	-0.0070019	0.8796	10.49	3,555	3,555	-0.000073404	-0.000073404
3164	Pipe	-1.141570	-0.1448130	1.2087	10.81	3,555	3,555	-0.005464525	-0.005464525
3165	Pipe	0.581298	0.0737401	0.8875	10.50	3,555	3,555	0.001330603	0.001330603
3166	Pipe	-1.612374	-0.2045365	1.4533	11.05	3,555	3,555	-0.009024178	-0.009024178
3167	Pipe	2.074044	0.2631012	1.6220	11.22	3,555	3,555	0.013981350	0.013981350
3168	Pipe	2.029202	0.2574128	1.6083	11.20	3,555	3,555	0.013459123	0.013459123
3169	Pipe	1.984548	0.2517482	1.5950	11.19	3,555	3,555	0.012945751	0.012945751
3170	Pipe	1.940074	0.2461065	1.5823	11.18	3,555	3,555	0.012445034	0.012445034
3171	Pipe	1.895775	0.2404871	1.5700	11.17	3,555	3,555	0.011954855	0.011954855
3172	Pipe	1.851645	0.2348890	1.5583	11.16	3,555	3,555	0.011475088	0.011475088
3173	Pipe	1.807677	0.2293115	1.5470	11.15	3,555	3,555	0.011005609	0.011005609
3174	Pipe	1.763866	0.2237538	1.5362	11.14	3,555	3,555	0.010546305	0.010546305
3175	Pipe	1.720205	0.2182152	1.5258	11.13	3,555	3,555	0.010097066	0.010097066
3176	Pipe	1.676688	0.2126949	1.5159	11.12	3,555	3,555	0.009657789	0.009657789
3177	Pipe	1.633309	0.2071922	1.5064	11.11	3,555	3,555	0.009228380	0.009228380
3178	Pipe	1.590064	0.2017063	1.4973	11.10	3,555	3,555	0.008808748	0.008808748
3179	Pipe	1.546946	0.1962365	1.4887	11.09	3,555	3,555	0.008398809	0.008398809
3180	Pipe	-1.503949	-0.1907822	1.4804	11.08	3,555	3,555	-0.007998487	-0.007998487
3181	Pipe	-1.569899	-0.1991483	1.4444	11.05	3,555	3,555	-0.008615982	-0.008615982
3182	Pipe	-1.068568	-0.1355524	1.3669	10.97	3,555	3,555	-0.004433432	-0.004433432
3183	Pipe	-1.109866	-0.1407912	1.3715	10.98	3,555	3,555	-0.004732488	-0.004732488
3184	Pipe	-1.151236	-0.1460391	1.3764	10.98	3,555	3,555	-0.005040453	-0.005040453
3185	Pipe	-1.192681	-0.1512966	1.3817	10.99	3,555	3,555	-0.005357339	-0.005357339
3186	Pipe	-1.234207	-0.1565643	1.3872	10.99	3,555	3,555	-0.005683165	-0.005683165
3187	Pipe	-1.275818	-0.1618429	1.3931	11.00	3,555	3,555	-0.006017954	-0.006017954
3188	Pipe	0.836478	0.1061107	1.4855	11.09	3,555	3,555	0.002911986	0.002911986
3189	Pipe	0.793477	0.1006558	1.4826	11.09	3,555	3,555	0.002660520	0.002660520
3190	Pipe	0.750514	0.0952058	1.4800	11.09	3,555	3,555	0.002419044	0.002419044
3191	Pipe	0.707586	0.0897603	1.4777	11.09	3,555	3,555	0.002187637	0.002187637
3192	Pipe	0.664691	0.0843188	1.4756	11.08	3,555	3,555	0.001909529	0.001909529
3193	Pipe	0.621823	0.0788808	1.4737	11.08	3,555	3,555	0.001594792	0.001594792
3194	Pipe	0.578978	0.0734458	1.4722	11.08	3,555	3,555	0.001316417	0.001316417
3195	Pipe	0.536152	0.0680132	1.4709	11.08	3,555	3,555	0.001072150	0.001072150

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3196	Pipe	0.493342	0.0625825	1.4699	11.08	3,555	3,555	0.000859760	0.000859760
3197	Pipe	0.450545	0.0571535	1.4691	11.08	3,555	3,555	0.000677031	0.000677031
3198	Pipe	0.407757	0.0517257	1.4685	11.08	3,555	3,555	0.000521763	0.000521763
3199	Pipe	0.364977	0.0462988	1.4680	11.08	3,555	3,555	0.000441248	0.000441248
3200	Pipe	0.322203	0.0408728	1.4676	11.08	3,555	3,555	0.000389536	0.000389536
3201	Pipe	0.279435	0.0354475	1.4672	11.08	3,555	3,555	0.000337830	0.000337830
3202	Pipe	0.236672	0.0300229	1.4669	11.08	3,555	3,555	0.000286131	0.000286131
3203	Pipe	-1.317519	-0.1671328	1.3994	11.00	3,555	3,555	-0.006361739	-0.006361739
3204	Pipe	-1.359315	-0.1724348	1.4059	11.01	3,555	3,555	-0.006714560	-0.006714560
3205	Pipe	-1.401211	-0.1777495	1.4129	11.02	3,555	3,555	-0.007076460	-0.007076460
3206	Pipe	-1.443212	-0.1830775	1.4202	11.02	3,555	3,555	-0.007447491	-0.007447491
3207	Pipe	-1.485324	-0.1884195	1.4279	11.03	3,555	3,555	-0.007827712	-0.007827712
3208	Pipe	-1.527551	-0.1937763	1.4359	11.04	3,555	3,555	-0.008217186	-0.008217186
3209	Pipe	-7.713266	-0.9784601	1.5722	11.03	3,555	3,555	-0.155300036	-0.155300036
3210	Pipe	-1.654982	-0.2099414	1.4635	11.06	3,555	3,555	-0.010386042	-0.010386042
3211	Pipe	2.119080	0.2688142	1.6363	11.23	3,555	3,555	0.014514538	0.014514538
3212	Pipe	-1.027337	-0.1303220	1.3625	10.97	3,555	3,555	-0.004143280	-0.004143280
3213	Pipe	-6.876788	-0.8723494	1.4311	10.91	3,555	3,555	-0.126664832	-0.126664832
3214	Pipe	-1.461068	-0.1853426	1.4726	11.07	3,555	3,555	-0.008368482	-0.008368482
3215	Pipe	0.441775	0.0560410	0.8833	10.49	3,555	3,555	0.000643046	0.000643046
3216	Pipe	-0.964992	-0.1224133	1.0305	10.64	3,555	3,555	-0.003720686	-0.003720686
3217	Pipe	1.361665	0.1727329	1.1055	10.71	3,555	3,555	0.006734643	0.006734643
3218	Pipe	1.324620	0.1680335	1.0989	10.70	3,555	3,555	0.006421098	0.006421098
3219	Pipe	1.287682	0.1633479	1.0926	10.70	3,555	3,555	0.006114923	0.006114923
3220	Pipe	1.250848	0.1586753	1.0866	10.69	3,555	3,555	0.005816061	0.005816061
3221	Pipe	1.214112	0.1540153	1.0809	10.69	3,555	3,555	0.005524460	0.005524460
3222	Pipe	1.177471	0.1493671	1.0754	10.68	3,555	3,555	0.005240076	0.005240076
3223	Pipe	1.140918	0.1447303	1.0703	10.68	3,555	3,555	0.004962865	0.004962865
3224	Pipe	1.104451	0.1401042	1.0654	10.67	3,555	3,555	0.004692792	0.004692792
3225	Pipe	1.068063	0.1354883	1.0608	10.67	3,555	3,555	0.004429826	0.004429826
3226	Pipe	1.031752	0.1308820	1.0565	10.66	3,555	3,555	0.004173942	0.004173942
3227	Pipe	0.995512	0.1262849	1.0524	10.66	3,555	3,555	0.003925119	0.003925119
3228	Pipe	0.959340	0.1216963	1.0486	10.65	3,555	3,555	0.003683343	0.003683343
3229	Pipe	0.923231	0.1171157	1.0450	10.65	3,555	3,555	0.003448605	0.003448605
3230	Pipe	-0.887182	-0.1125428	1.0416	10.65	3,555	3,555	-0.003220902	-0.003220902
3231	Pipe	-0.929196	-0.1178724	1.0269	10.63	3,555	3,555	-0.003486925	-0.003486925
3232	Pipe	-0.503327	-0.0638491	1.0000	10.61	3,555	3,555	-0.000906567	-0.000906567
3233	Pipe	-0.538639	-0.0683287	1.0011	10.61	3,555	3,555	-0.001085445	-0.001085445
3234	Pipe	-0.573971	-0.0728106	1.0023	10.61	3,555	3,555	-0.001286147	-0.001286147
3235	Pipe	-0.609326	-0.0772955	1.0038	10.61	3,555	3,555	-0.001509954	-0.001509954
3236	Pipe	-0.644707	-0.0817838	1.0055	10.61	3,555	3,555	-0.001758161	-0.001758161
3237	Pipe	-0.680119	-0.0862759	1.0075	10.62	3,555	3,555	-0.002032083	-0.002032083
3238	Pipe	0.689630	0.0874824	1.0482	10.66	3,555	3,555	0.002093797	0.002093797
3239	Pipe	0.653508	0.0829003	1.0461	10.65	3,555	3,555	0.001823813	0.001823813
3240	Pipe	0.617419	0.0783222	1.0444	10.65	3,555	3,555	0.001564548	0.001564548
3241	Pipe	0.581357	0.0737476	1.0429	10.65	3,555	3,555	0.001330961	0.001330961
3242	Pipe	0.545318	0.0691758	1.0416	10.65	3,555	3,555	0.001121677	0.001121677
3243	Pipe	0.509298	0.0646066	1.0405	10.65	3,555	3,555	0.000935341	0.000935341
3244	Pipe	0.473294	0.0600394	1.0396	10.65	3,555	3,555	0.000770609	0.000770609
3245	Pipe	0.437304	0.0554738	1.0389	10.65	3,555	3,555	0.000626154	0.000626154
3246	Pipe	0.401324	0.0509097	1.0383	10.65	3,555	3,555	0.000500657	0.000500657
3247	Pipe	0.365354	0.0463467	1.0378	10.65	3,555	3,555	0.000441704	0.000441704

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3248	Pipe	0.329391	0.0417846	1.0374	10.65	3,555	3,555	0.000398225	0.000398225
3249	Pipe	0.293435	0.0372234	1.0370	10.65	3,555	3,555	0.000354755	0.000354755
3250	Pipe	0.257485	0.0326630	1.0367	10.65	3,555	3,555	0.000311292	0.000311292
3251	Pipe	0.221540	0.0281033	1.0364	10.65	3,555	3,555	0.000267836	0.000267836
3252	Pipe	0.185600	0.0235441	1.0362	10.65	3,555	3,555	0.000224386	0.000224386
3253	Pipe	-0.715566	-0.0907726	1.0096	10.62	3,555	3,555	-0.002229900	-0.002229900
3254	Pipe	-0.751053	-0.0952742	1.0120	10.62	3,555	3,555	-0.002422014	-0.002422014
3255	Pipe	-0.786583	-0.0997813	1.0146	10.62	3,555	3,555	-0.002621111	-0.002621111
3256	Pipe	-0.822158	-0.1042942	1.0173	10.62	3,555	3,555	-0.002827167	-0.002827167
3257	Pipe	-0.857783	-0.1088134	1.0203	10.63	3,555	3,555	-0.003040162	-0.003040162
3258	Pipe	-0.893461	-0.1133393	1.0235	10.63	3,555	3,555	-0.003260083	-0.003260083
3259	Pipe	-4.757711	-0.6035356	1.0883	10.63	3,555	3,555	-0.065978780	-0.065978780
3260	Pipe	-1.000852	-0.1269623	1.0348	10.64	3,555	3,555	-0.004357510	-0.004357510
3261	Pipe	1.398824	0.1774467	1.1124	10.72	3,555	3,555	0.007055620	0.007055620
3262	Pipe	-0.468030	-0.0593716	0.9992	10.61	3,555	3,555	-0.000748250	-0.000748250
3263	Pipe	-4.068081	-0.5160532	1.0294	10.59	3,555	3,555	-0.050057918	-0.050057918
3264	Pipe	-0.851189	-0.1079769	1.0384	10.65	3,555	3,555	-0.003300261	-0.003300261
3265	Pipe	-0.441775	-0.0560410	0.8840	10.49	3,555	3,555	-0.000707350	-0.000707350
3266	Pipe	-0.022084	-0.0028015	0.8795	10.49	3,555	3,555	-0.000026700	-0.000026700
3267	Pipe	0.548054	0.0695230	0.8862	10.50	3,555	3,555	0.001136753	0.001136753
3268	Pipe	0.514832	0.0653086	0.8851	10.49	3,555	3,555	0.000962537	0.000962537
3269	Pipe	0.481627	0.0610964	0.8842	10.49	3,555	3,555	0.000806890	0.000806890
3270	Pipe	0.448438	0.0568862	0.8834	10.49	3,555	3,555	0.000668761	0.000668761
3271	Pipe	0.415261	0.0526776	0.8828	10.49	3,555	3,555	0.000547106	0.000547106
3272	Pipe	0.382094	0.0484702	0.8823	10.49	3,555	3,555	0.000461942	0.000461942
3273	Pipe	0.348936	0.0442640	0.8818	10.49	3,555	3,555	0.000421855	0.000421855
3274	Pipe	0.315786	0.0400588	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000381778	0.000381778
3275	Pipe	-0.353858	-0.0448884	0.8919	10.50	3,555	3,555	-0.000427806	-0.000427806
3276	Pipe	0.802090	0.1017485	0.9125	10.52	3,555	3,555	0.002710114	0.002710114
3277	Pipe	0.768400	0.0974748	0.9098	10.52	3,555	3,555	0.002518382	0.002518382
3278	Pipe	0.734757	0.0932070	0.9074	10.52	3,555	3,555	0.002332949	0.002332949
3279	Pipe	0.701156	0.0889446	0.9051	10.51	3,555	3,555	0.002153833	0.002153833
3280	Pipe	0.667597	0.0846874	0.9030	10.51	3,555	3,555	0.001932229	0.001932229
3281	Pipe	0.634072	0.0804347	0.9011	10.51	3,555	3,555	0.001680936	0.001680936
3282	Pipe	0.600579	0.0761860	0.8995	10.51	3,555	3,555	0.001452378	0.001452378
3283	Pipe	0.567113	0.0719406	0.8981	10.51	3,555	3,555	0.001245431	0.001245431
3284	Pipe	0.533670	0.0676983	0.8969	10.51	3,555	3,555	0.001058987	0.001058987
3285	Pipe	0.500247	0.0634584	0.8959	10.50	3,555	3,555	0.000891954	0.000891954
3286	Pipe	0.466840	0.0592206	0.8950	10.50	3,555	3,555	0.000743255	0.000743255
3287	Pipe	0.433447	0.0549846	0.8943	10.50	3,555	3,555	0.000611821	0.000611821
3288	Pipe	0.400066	0.0507501	0.8937	10.50	3,555	3,555	0.000496595	0.000496595
3289	Pipe	-0.366694	-0.0465166	0.8933	10.50	3,555	3,555	-0.000443324	-0.000443324
3290	Pipe	-0.320520	-0.0406593	0.8915	10.50	3,555	3,555	-0.000387502	-0.000387502
3291	Pipe	0.079184	0.0100448	0.8897	10.50	3,555	3,555	0.000095730	0.000095730
3292	Pipe	0.045883	0.0058205	0.8896	10.50	3,555	3,555	0.000055471	0.000055471
3293	Pipe	0.012584	0.0015963	0.8895	10.50	3,555	3,555	0.000015212	0.000015212
3294	Pipe	-0.020716	-0.0026279	0.8895	10.50	3,555	3,555	-0.000025046	-0.000025046
3295	Pipe	-0.054015	-0.0068521	0.8896	10.50	3,555	3,555	-0.000065304	-0.000065304
3296	Pipe	-0.087316	-0.0110764	0.8897	10.50	3,555	3,555	-0.000105564	-0.000105564
3297	Pipe	0.554783	0.0703765	0.8993	10.51	3,555	3,555	0.001174378	0.001174378
3298	Pipe	0.521316	0.0661311	0.8982	10.51	3,555	3,555	0.000995056	0.000995056
3299	Pipe	0.487868	0.0618881	0.8972	10.51	3,555	3,555	0.000834782	0.000834782

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3300	Pipe	0.454436	0.0576471	0.8964	10.51	3,555	3,555	0.000692477	0.000692477
3301	Pipe	0.421016	0.0534076	0.8958	10.51	3,555	3,555	0.000567076	0.000567076
3302	Pipe	0.387607	0.0491696	0.8952	10.50	3,555	3,555	0.000468608	0.000468608
3303	Pipe	0.354207	0.0449326	0.8948	10.50	3,555	3,555	0.000428228	0.000428228
3304	Pipe	0.320815	0.0406967	0.8944	10.50	3,555	3,555	0.000387858	0.000387858
3305	Pipe	0.287430	0.0364616	0.8940	10.50	3,555	3,555	0.000347496	0.000347496
3306	Pipe	0.254051	0.0322274	0.8937	10.50	3,555	3,555	0.000307142	0.000307142
3307	Pipe	0.220678	0.0279940	0.8934	10.50	3,555	3,555	0.000266795	0.000266795
3308	Pipe	0.187310	0.0237611	0.8931	10.50	3,555	3,555	0.000226454	0.000226454
3309	Pipe	0.153947	0.0195288	0.8929	10.50	3,555	3,555	0.000186119	0.000186119
3310	Pipe	0.120587	0.0152969	0.8928	10.50	3,555	3,555	0.000145787	0.000145787
3311	Pipe	0.087229	0.0110654	0.8926	10.50	3,555	3,555	0.000105459	0.000105459
3312	Pipe	-0.120619	-0.0153010	0.8898	10.50	3,555	3,555	-0.000145826	-0.000145826
3313	Pipe	-0.153925	-0.0195260	0.8900	10.50	3,555	3,555	-0.000186092	-0.000186092
3314	Pipe	-0.187234	-0.0237514	0.8902	10.50	3,555	3,555	-0.000226362	-0.000226362
3315	Pipe	-0.220547	-0.0279773	0.8905	10.50	3,555	3,555	-0.000266637	-0.000266637
3316	Pipe	-0.253866	-0.0322039	0.8908	10.50	3,555	3,555	-0.000306918	-0.000306918
3317	Pipe	-0.679368	-0.0861807	0.9347	10.54	3,555	3,555	-0.002026002	-0.002026002
3318	Pipe	1.067232	0.1353829	0.9795	10.59	3,555	3,555	0.004423897	0.004423897
3319	Pipe	1.032344	0.1309572	0.9752	10.58	3,555	3,555	0.004178065	0.004178065
3320	Pipe	0.997531	0.1265410	0.9711	10.58	3,555	3,555	0.003938810	0.003938810
3321	Pipe	0.962789	0.1221338	0.9672	10.57	3,555	3,555	0.003706110	0.003706110
3322	Pipe	0.928113	0.1177350	0.9636	10.57	3,555	3,555	0.003479951	0.003479951
3323	Pipe	0.893499	0.1133441	0.9602	10.57	3,555	3,555	0.003260322	0.003260322
3324	Pipe	0.858945	0.1089607	0.9570	10.56	3,555	3,555	0.003047218	0.003047218
3325	Pipe	0.824445	0.1045843	0.9540	10.56	3,555	3,555	0.002840641	0.002840641
3326	Pipe	0.789997	0.1002144	0.9512	10.56	3,555	3,555	0.002640596	0.002640596
3327	Pipe	0.755596	0.0958506	0.9487	10.56	3,555	3,555	0.002447097	0.002447097
3328	Pipe	0.721240	0.0914923	0.9463	10.55	3,555	3,555	0.002260162	0.002260162
3329	Pipe	0.686925	0.0871393	0.9441	10.55	3,555	3,555	0.002079816	0.002079816
3330	Pipe	0.652648	0.0827911	0.9420	10.55	3,555	3,555	0.001817326	0.001817326
3331	Pipe	-0.618404	-0.0784471	0.9403	10.55	3,555	3,555	-0.001571278	-0.001571278
3332	Pipe	-0.645261	-0.0818540	0.9327	10.54	3,555	3,555	-0.001762247	-0.001762247
3333	Pipe	-0.237522	-0.0301307	0.9230	10.53	3,555	3,555	-0.000287158	-0.000287158
3334	Pipe	-0.271443	-0.0344337	0.9233	10.53	3,555	3,555	-0.000328168	-0.000328168
3335	Pipe	-0.305371	-0.0387376	0.9237	10.53	3,555	3,555	-0.000369186	-0.000369186
3336	Pipe	-0.339305	-0.0430423	0.9240	10.53	3,555	3,555	-0.000410211	-0.000410211
3337	Pipe	-0.373247	-0.0473479	0.9245	10.53	3,555	3,555	-0.000451246	-0.000451246
3338	Pipe	-0.407197	-0.0516546	0.9250	10.53	3,555	3,555	-0.000519903	-0.000519903
3339	Pipe	0.642985	0.0815654	0.9479	10.56	3,555	3,555	0.001745504	0.001745504
3340	Pipe	0.608634	0.0772078	0.9462	10.55	3,555	3,555	0.001505346	0.001505346
3341	Pipe	0.574310	0.0728536	0.9447	10.55	3,555	3,555	0.001288180	0.001288180
3342	Pipe	0.540009	0.0685024	0.9435	10.55	3,555	3,555	0.001092813	0.001092813
3343	Pipe	0.505728	0.0641538	0.9424	10.55	3,555	3,555	0.000918070	0.000918070
3344	Pipe	0.471464	0.0598072	0.9416	10.55	3,555	3,555	0.000762788	0.000762788
3345	Pipe	0.437214	0.0554624	0.9408	10.55	3,555	3,555	0.000625819	0.000625819
3346	Pipe	0.402975	0.0511191	0.9402	10.55	3,555	3,555	0.000506020	0.000506020
3347	Pipe	0.368746	0.0467770	0.9398	10.55	3,555	3,555	0.000445804	0.000445804
3348	Pipe	0.334524	0.0424358	0.9393	10.55	3,555	3,555	0.000404432	0.000404432
3349	Pipe	0.300310	0.0380956	0.9390	10.55	3,555	3,555	0.000363068	0.000363068
3350	Pipe	0.266103	0.0337562	0.9386	10.55	3,555	3,555	0.000321712	0.000321712
3351	Pipe	0.231901	0.0294176	0.9383	10.55	3,555	3,555	0.000280363	0.000280363

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3352	Pipe	0.197705	0.0250797	0.9381	10.55	3,555	3,555	0.000239020	0.000239020
3353	Pipe	0.163512	0.0207422	0.9378	10.55	3,555	3,555	0.000197682	0.000197682
3354	Pipe	-0.441156	-0.0559625	0.9256	10.53	3,555	3,555	-0.000640690	-0.000640690
3355	Pipe	-0.475128	-0.0602719	0.9263	10.54	3,555	3,555	-0.000778499	-0.000778499
3356	Pipe	-0.509113	-0.0645832	0.9272	10.54	3,555	3,555	-0.000934443	-0.000934443
3357	Pipe	-0.543116	-0.0688965	0.9283	10.54	3,555	3,555	-0.001109646	-0.001109646
3358	Pipe	-0.577139	-0.0732125	0.9295	10.54	3,555	3,555	-0.001305245	-0.001305245
3359	Pipe	-0.611186	-0.0775315	0.9310	10.54	3,555	3,555	-0.001522390	-0.001522390
3360	Pipe	-3.433912	-0.4356061	0.9718	10.54	3,555	3,555	-0.037154254	-0.037154254
3361	Pipe	-0.713512	-0.0905120	0.9371	10.54	3,555	3,555	-0.002440886	-0.002440886
3362	Pipe	1.102199	0.1398186	0.9841	10.59	3,555	3,555	0.004676330	0.004676330
3363	Pipe	-0.203606	-0.0258283	0.9227	10.53	3,555	3,555	-0.000246155	-0.000246155
3364	Pipe	-2.790926	-0.3540407	0.9393	10.52	3,555	3,555	-0.025828693	-0.025828693
3365	Pipe	-0.287190	-0.0364312	0.8911	10.50	3,555	3,555	-0.000347206	-0.000347206
3366	Pipe	-0.584188	-0.0741067	0.9388	10.55	3,555	3,555	-0.001483250	-0.001483250
3367	Pipe	-2.158702	-0.2738404	0.9107	10.50	3,555	3,555	-0.016489889	-0.016489889
3368	Pipe	-0.387204	-0.0491184	0.8923	10.50	3,555	3,555	-0.000514933	-0.000514933
3369	Pipe	0.835831	0.1060286	0.9153	10.52	3,555	3,555	0.002908130	0.002908130
3370	Pipe	0.112486	0.0142693	0.8898	10.50	3,555	3,555	0.000135992	0.000135992
3371	Pipe	-1.603920	-0.2034640	0.8967	10.50	3,555	3,555	-0.009836506	-0.009836506
3372	Pipe	-0.333330	-0.0422843	0.8928	10.50	3,555	3,555	-0.000443287	-0.000443287
3373	Pipe	0.282643	0.0358545	0.8811	10.49	3,555	3,555	0.000341709	0.000341709
3374	Pipe	0.249507	0.0316510	0.8808	10.49	3,555	3,555	0.000301648	0.000301648
3375	Pipe	0.216376	0.0274482	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000261593	0.000261593
3376	Pipe	0.183250	0.0232461	0.8802	10.49	3,555	3,555	0.000221545	0.000221545
3377	Pipe	0.150129	0.0190444	0.8800	10.49	3,555	3,555	0.000181502	0.000181502
3378	Pipe	-0.117010	-0.0148433	0.8799	10.49	3,555	3,555	-0.000141463	-0.000141463
3379	Pipe	0.011027	0.0013988	0.8795	10.49	3,555	3,555	0.000013331	0.000013331
3380	Pipe	0.408601	0.0518328	0.8827	10.49	3,555	3,555	0.000524575	0.000524575
3381	Pipe	0.375437	0.0476257	0.8822	10.49	3,555	3,555	0.000453894	0.000453894
3382	Pipe	0.342281	0.0434198	0.8817	10.49	3,555	3,555	0.000413809	0.000413809
3383	Pipe	0.309133	0.0392148	0.8813	10.49	3,555	3,555	0.000373734	0.000373734
3384	Pipe	0.275992	0.0350108	0.8810	10.49	3,555	3,555	0.000333667	0.000333667
3385	Pipe	0.242857	0.0308075	0.8807	10.49	3,555	3,555	0.000293608	0.000293608
3386	Pipe	0.468359	0.0594133	0.8839	10.49	3,555	3,555	0.000749635	0.000749635
3387	Pipe	0.435174	0.0552036	0.8832	10.49	3,555	3,555	0.000618210	0.000618210
3388	Pipe	0.402000	0.0509954	0.8826	10.49	3,555	3,555	0.000502847	0.000502847
3389	Pipe	0.368836	0.0467883	0.8822	10.49	3,555	3,555	0.000445913	0.000445913
3390	Pipe	0.335680	0.0425824	0.8817	10.49	3,555	3,555	0.000405828	0.000405828
3391	Pipe	0.302531	0.0383774	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000365753	0.000365753
3392	Pipe	0.269390	0.0341732	0.8810	10.49	3,555	3,555	0.000325686	0.000325686
3393	Pipe	0.236254	0.0299699	0.8807	10.49	3,555	3,555	0.000285626	0.000285626
3394	Pipe	0.203124	0.0257672	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000245572	0.000245572
3395	Pipe	0.169999	0.0215651	0.8802	10.49	3,555	3,555	0.000205525	0.000205525
3396	Pipe	0.136878	0.0173635	0.8800	10.49	3,555	3,555	0.000165482	0.000165482
3397	Pipe	0.103759	0.0131623	0.8799	10.49	3,555	3,555	0.000125442	0.000125442
3398	Pipe	0.070643	0.0089614	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000085406	0.000085406
3399	Pipe	0.037529	0.0047607	0.8797	10.49	3,555	3,555	0.000045371	0.000045371
3400	Pipe	0.004415	0.0005601	0.8796	10.49	3,555	3,555	0.000005338	0.000005338
3401	Pipe	0.209728	0.0266049	0.8804	10.49	3,555	3,555	0.000253556	0.000253556
3402	Pipe	0.176604	0.0224029	0.8802	10.49	3,555	3,555	0.000213510	0.000213510
3403	Pipe	0.143484	0.0182015	0.8800	10.49	3,555	3,555	0.000173468	0.000173468

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3404	Pipe	7.904125	0.3283436	1.3518	10.93	3,555	3,555	0.034901567	0.034901567
3405	Pipe	6.156535	0.2557474	1.1325	10.72	3,555	3,555	0.022486430	0.022486430
3406	Pipe	4.536111	0.1884337	0.9961	10.59	3,555	3,555	0.013166633	0.013166633
3407	Pipe	2.994532	0.1243953	0.9214	10.53	3,555	3,555	0.006387466	0.006387466
3408	Pipe	1.491433	0.0619553	0.8895	10.50	3,555	3,555	0.001919660	0.001919660
3409	Pipe	-1.269586	-0.1610523	1.1943	10.80	3,555	3,555	-0.005967287	-0.005967287
3410	Pipe	1.693591	0.2148391	1.3093	10.91	3,555	3,555	0.009827406	0.009827406
3411	Pipe	1.653291	0.2097269	1.2996	10.90	3,555	3,555	0.009425128	0.009425128
3412	Pipe	1.613138	0.2046333	1.2904	10.89	3,555	3,555	0.009031586	0.009031586
3413	Pipe	1.573124	0.1995574	1.2815	10.88	3,555	3,555	0.008646687	0.008646687
3414	Pipe	1.533246	0.1944987	1.2730	10.87	3,555	3,555	0.008270339	0.008270339
3415	Pipe	1.493497	0.1894564	1.2649	10.87	3,555	3,555	0.007902460	0.007902460
3416	Pipe	1.453873	0.1844299	1.2571	10.86	3,555	3,555	0.007542970	0.007542970
3417	Pipe	1.414367	0.1794184	1.2497	10.85	3,555	3,555	0.007191794	0.007191794
3418	Pipe	1.374975	0.1744213	1.2426	10.85	3,555	3,555	0.006848868	0.006848868
3419	Pipe	1.335691	0.1694380	1.2359	10.84	3,555	3,555	0.006514127	0.006514127
3420	Pipe	1.296511	0.1644678	1.2295	10.83	3,555	3,555	0.006187516	0.006187516
3421	Pipe	1.257429	0.1595102	1.2234	10.83	3,555	3,555	0.005868984	0.005868984
3422	Pipe	1.218441	0.1545644	1.2177	10.82	3,555	3,555	0.005558485	0.005558485
3423	Pipe	-1.179542	-0.1496299	1.2122	10.82	3,555	3,555	-0.005255980	-0.005255980
3424	Pipe	-1.231067	-0.1561660	1.1885	10.79	3,555	3,555	-0.005658237	-0.005658237
3425	Pipe	-0.774721	-0.0982766	1.1398	10.75	3,555	3,555	-0.002553894	-0.002553894
3426	Pipe	-0.812427	-0.1030597	1.1425	10.75	3,555	3,555	-0.002770140	-0.002770140
3427	Pipe	-0.850178	-0.1078487	1.1454	10.75	3,555	3,555	-0.002994139	-0.002994139
3428	Pipe	-0.887979	-0.1126439	1.1486	10.76	3,555	3,555	-0.003225866	-0.003225866
3429	Pipe	-0.925834	-0.1174459	1.1520	10.76	3,555	3,555	-0.003465302	-0.003465302
3430	Pipe	-0.963745	-0.1222551	1.1556	10.76	3,555	3,555	-0.003712433	-0.003712433
3431	Pipe	0.749400	0.0950645	1.2179	10.83	3,555	3,555	0.002412912	0.002412912
3432	Pipe	0.710464	0.0901253	1.2156	10.82	3,555	3,555	0.002202836	0.002202836
3433	Pipe	0.671563	0.0851906	1.2134	10.82	3,555	3,555	0.001963499	0.001963499
3434	Pipe	0.632694	0.0802599	1.2115	10.82	3,555	3,555	0.001671094	0.001671094
3435	Pipe	0.593851	0.0753326	1.2099	10.82	3,555	3,555	0.001409090	0.001409090
3436	Pipe	0.555032	0.0704081	1.2085	10.82	3,555	3,555	0.001175785	0.001175785
3437	Pipe	0.516231	0.0654861	1.2074	10.82	3,555	3,555	0.000969493	0.000969493
3438	Pipe	0.477446	0.0605660	1.2065	10.82	3,555	3,555	0.000788548	0.000788548
3439	Pipe	0.438673	0.0556475	1.2057	10.82	3,555	3,555	0.000631295	0.000631295
3440	Pipe	0.399910	0.0507303	1.2052	10.81	3,555	3,555	0.000496093	0.000496093
3441	Pipe	0.361156	0.0458141	1.2047	10.81	3,555	3,555	0.000436628	0.000436628
3442	Pipe	0.322408	0.0408989	1.2043	10.81	3,555	3,555	0.000389784	0.000389784
3443	Pipe	0.283667	0.0359844	1.2039	10.81	3,555	3,555	0.000342947	0.000342947
3444	Pipe	0.244932	0.0310706	1.2036	10.81	3,555	3,555	0.000296116	0.000296116
3445	Pipe	0.206201	0.0261574	1.2033	10.81	3,555	3,555	0.000249291	0.000249291
3446	Pipe	-1.001717	-0.1270720	1.1595	10.77	3,555	3,555	-0.003967257	-0.003967257
3447	Pipe	-1.039754	-0.1318972	1.1636	10.77	3,555	3,555	-0.004229773	-0.004229773
3448	Pipe	-1.077861	-0.1367312	1.1680	10.77	3,555	3,555	-0.004499990	-0.004499990
3449	Pipe	-1.116041	-0.1415745	1.1727	10.78	3,555	3,555	-0.004777922	-0.004777922
3450	Pipe	-1.154299	-0.1464277	1.1777	10.78	3,555	3,555	-0.005063589	-0.005063589
3451	Pipe	-1.192639	-0.1512913	1.1829	10.79	3,555	3,555	-0.005357017	-0.005357017
3452	Pipe	-6.164516	-0.7819947	1.2786	10.78	3,555	3,555	-0.104333021	-0.104333021
3453	Pipe	-1.308201	-0.1659508	1.2011	10.80	3,555	3,555	-0.006912631	-0.006912631
3454	Pipe	1.734042	0.2199705	1.3194	10.92	3,555	3,555	0.010238522	0.010238522
3455	Pipe	-0.737057	-0.0934988	1.1373	10.74	3,555	3,555	-0.002345435	-0.002345435

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3456	Pipe	-5.415116	-0.6869302	1.1844	10.71	3,555	3,555	-0.082936324	-0.082936324
3457	Pipe	-0.055176	-0.0069993	0.8784	10.49	3,555	3,555	-0.000073377	-0.000073377
3458	Pipe	-1.140728	-0.1447061	1.2071	10.81	3,555	3,555	-0.005457580	-0.005457580
3459	Pipe	0.580923	0.0736925	0.8862	10.49	3,555	3,555	0.001328300	0.001328300
3460	Pipe	-1.611233	-0.2043916	1.4513	11.05	3,555	3,555	-0.009013100	-0.009013100
3461	Pipe	2.072568	0.2629140	1.6199	11.22	3,555	3,555	0.013964026	0.013964026
3462	Pipe	2.027757	0.2572294	1.6061	11.20	3,555	3,555	0.013442433	0.013442433
3463	Pipe	1.983132	0.2515686	1.5929	11.19	3,555	3,555	0.012929683	0.012929683
3464	Pipe	1.938689	0.2459308	1.5802	11.18	3,555	3,555	0.012429575	0.012429575
3465	Pipe	1.894420	0.2403151	1.5679	11.17	3,555	3,555	0.011939992	0.011939992
3466	Pipe	1.850319	0.2347208	1.5562	11.15	3,555	3,555	0.011460808	0.011460808
3467	Pipe	1.806381	0.2291470	1.5449	11.14	3,555	3,555	0.010991900	0.010991900
3468	Pipe	1.762599	0.2235931	1.5341	11.13	3,555	3,555	0.010533154	0.010533154
3469	Pipe	1.718968	0.2180583	1.5237	11.12	3,555	3,555	0.010084462	0.010084462
3470	Pipe	1.675480	0.2125417	1.5138	11.11	3,555	3,555	0.009645721	0.009645721
3471	Pipe	1.632131	0.2070427	1.5043	11.11	3,555	3,555	0.009216836	0.009216836
3472	Pipe	1.588915	0.2015605	1.4953	11.10	3,555	3,555	0.008797715	0.008797715
3473	Pipe	1.545826	0.1960945	1.4866	11.09	3,555	3,555	0.008388276	0.008388276
3474	Pipe	-1.502858	-0.1906439	1.4784	11.08	3,555	3,555	-0.007988443	-0.007988443
3475	Pipe	-1.568787	-0.1990072	1.4424	11.04	3,555	3,555	-0.008605399	-0.008605399
3476	Pipe	-1.067797	-0.1354545	1.3650	10.97	3,555	3,555	-0.004427926	-0.004427926
3477	Pipe	-1.109067	-0.1406898	1.3696	10.97	3,555	3,555	-0.004726619	-0.004726619
3478	Pipe	-1.150408	-0.1459341	1.3745	10.98	3,555	3,555	-0.005034209	-0.005034209
3479	Pipe	-1.191825	-0.1511880	1.3798	10.98	3,555	3,555	-0.005350710	-0.005350710
3480	Pipe	-1.233323	-0.1564521	1.3853	10.99	3,555	3,555	-0.005676139	-0.005676139
3481	Pipe	-1.274905	-0.1617271	1.3912	11.00	3,555	3,555	-0.006010522	-0.006010522
3482	Pipe	0.835933	0.1060416	1.4834	11.09	3,555	3,555	0.002908740	0.002908740
3483	Pipe	0.792961	0.1005905	1.4806	11.09	3,555	3,555	0.002657565	0.002657565
3484	Pipe	0.750028	0.0951442	1.4780	11.09	3,555	3,555	0.002416368	0.002416368
3485	Pipe	0.707129	0.0897023	1.4757	11.08	3,555	3,555	0.002185226	0.002185226
3486	Pipe	0.664263	0.0842645	1.4736	11.08	3,555	3,555	0.001906200	0.001906200
3487	Pipe	0.621424	0.0788302	1.4717	11.08	3,555	3,555	0.001592036	0.001592036
3488	Pipe	0.578608	0.0733989	1.4702	11.08	3,555	3,555	0.001314164	0.001314164
3489	Pipe	0.535811	0.0679699	1.4689	11.08	3,555	3,555	0.001070336	0.001070336
3490	Pipe	0.493030	0.0625430	1.4679	11.08	3,555	3,555	0.000858324	0.000858324
3491	Pipe	0.450262	0.0571176	1.4671	11.08	3,555	3,555	0.000675917	0.000675917
3492	Pipe	0.407503	0.0516935	1.4665	11.08	3,555	3,555	0.000520920	0.000520920
3493	Pipe	0.364752	0.0462703	1.4660	11.08	3,555	3,555	0.000440976	0.000440976
3494	Pipe	0.322007	0.0408480	1.4656	11.08	3,555	3,555	0.000389299	0.000389299
3495	Pipe	0.279268	0.0354264	1.4652	11.07	3,555	3,555	0.000337629	0.000337629
3496	Pipe	0.236534	0.0300054	1.4649	11.07	3,555	3,555	0.000285964	0.000285964
3497	Pipe	-1.316578	-0.1670134	1.3975	11.00	3,555	3,555	-0.006353890	-0.006353890
3498	Pipe	-1.358345	-0.1723118	1.4040	11.01	3,555	3,555	-0.006706282	-0.006706282
3499	Pipe	-1.400213	-0.1776229	1.4110	11.01	3,555	3,555	-0.007067744	-0.007067744
3500	Pipe	-1.442186	-0.1829473	1.4183	11.02	3,555	3,555	-0.007438325	-0.007438325
3501	Pipe	-1.484269	-0.1882857	1.4259	11.03	3,555	3,555	-0.007818085	-0.007818085
3502	Pipe	-1.526467	-0.1936388	1.4340	11.04	3,555	3,555	-0.008207086	-0.008207086
3503	Pipe	-7.707897	-0.9777791	1.5701	11.02	3,555	3,555	-0.155107886	-0.155107886
3504	Pipe	-1.653811	-0.2097929	1.4615	11.06	3,555	3,555	-0.010373300	-0.010373300
3505	Pipe	2.117574	0.2686231	1.6341	11.23	3,555	3,555	0.014496569	0.014496569
3506	Pipe	-1.026594	-0.1302278	1.3607	10.97	3,555	3,555	-0.004138128	-0.004138128
3507	Pipe	-6.871964	-0.8717374	1.4292	10.91	3,555	3,555	-0.126507133	-0.126507133

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3508	Pipe	-1.460007	-0.1852080	1.4706	11.07	3,555	3,555	-0.008357959	-0.008357959
3509	Pipe	0.441442	0.0559987	0.8820	10.49	3,555	3,555	0.000641776	0.000641776
3510	Pipe	-0.964354	-0.1223324	1.0291	10.64	3,555	3,555	-0.003716467	-0.003716467
3511	Pipe	1.360683	0.1726083	1.1040	10.71	3,555	3,555	0.006726244	0.006726244
3512	Pipe	1.323663	0.1679122	1.0974	10.70	3,555	3,555	0.006413086	0.006413086
3513	Pipe	1.286751	0.1632298	1.0911	10.69	3,555	3,555	0.006107290	0.006107290
3514	Pipe	1.249943	0.1585605	1.0851	10.69	3,555	3,555	0.005808797	0.005808797
3515	Pipe	1.213233	0.1539037	1.0793	10.68	3,555	3,555	0.005517558	0.005517558
3516	Pipe	1.176617	0.1492588	1.0739	10.68	3,555	3,555	0.005233525	0.005233525
3517	Pipe	1.140090	0.1446252	1.0688	10.67	3,555	3,555	0.004956657	0.004956657
3518	Pipe	1.103648	0.1400023	1.0639	10.67	3,555	3,555	0.004686919	0.004686919
3519	Pipe	1.067286	0.1353897	1.0593	10.66	3,555	3,555	0.004424279	0.004424279
3520	Pipe	1.031000	0.1307866	1.0550	10.66	3,555	3,555	0.004168711	0.004168711
3521	Pipe	0.994785	0.1261927	1.0509	10.66	3,555	3,555	0.003920197	0.003920197
3522	Pipe	0.958638	0.1216073	1.0471	10.65	3,555	3,555	0.003678721	0.003678721
3523	Pipe	0.922555	0.1170300	1.0435	10.65	3,555	3,555	0.003444274	0.003444274
3524	Pipe	-0.886531	-0.1124602	1.0401	10.65	3,555	3,555	-0.003216853	-0.003216853
3525	Pipe	-0.928584	-0.1177948	1.0254	10.63	3,555	3,555	-0.003482983	-0.003482983
3526	Pipe	-0.503014	-0.0638095	0.9986	10.61	3,555	3,555	-0.000905079	-0.000905079
3527	Pipe	-0.538302	-0.0682859	0.9997	10.61	3,555	3,555	-0.001083636	-0.001083636
3528	Pipe	-0.573609	-0.0727647	1.0009	10.61	3,555	3,555	-0.001283977	-0.001283977
3529	Pipe	-0.608939	-0.0772464	1.0024	10.61	3,555	3,555	-0.001507376	-0.001507376
3530	Pipe	-0.644295	-0.0817315	1.0041	10.61	3,555	3,555	-0.001755128	-0.001755128
3531	Pipe	-0.679682	-0.0862205	1.0060	10.61	3,555	3,555	-0.002028544	-0.002028544
3532	Pipe	0.689214	0.0874297	1.0467	10.65	3,555	3,555	0.002091647	0.002091647
3533	Pipe	0.653118	0.0828508	1.0447	10.65	3,555	3,555	0.001820870	0.001820870
3534	Pipe	0.617054	0.0782759	1.0429	10.65	3,555	3,555	0.001562060	0.001562060
3535	Pipe	0.581017	0.0737045	1.0414	10.65	3,555	3,555	0.001328879	0.001328879
3536	Pipe	0.545003	0.0691360	1.0401	10.65	3,555	3,555	0.001119955	0.001119955
3537	Pipe	0.509009	0.0645699	1.0390	10.65	3,555	3,555	0.000933934	0.000933934
3538	Pipe	0.473030	0.0600059	1.0382	10.65	3,555	3,555	0.000769479	0.000769479
3539	Pipe	0.437065	0.0554436	1.0374	10.65	3,555	3,555	0.000625261	0.000625261
3540	Pipe	0.401111	0.0508826	1.0368	10.65	3,555	3,555	0.000499966	0.000499966
3541	Pipe	0.365166	0.0463228	1.0364	10.65	3,555	3,555	0.000441476	0.000441476
3542	Pipe	0.329228	0.0417639	1.0360	10.65	3,555	3,555	0.000398028	0.000398028
3543	Pipe	0.293297	0.0372059	1.0356	10.65	3,555	3,555	0.000354589	0.000354589
3544	Pipe	0.257372	0.0326487	1.0352	10.64	3,555	3,555	0.000311156	0.000311156
3545	Pipe	0.221452	0.0280922	1.0350	10.64	3,555	3,555	0.000267731	0.000267731
3546	Pipe	0.185538	0.0235362	1.0347	10.64	3,555	3,555	0.000224310	0.000224310
3547	Pipe	-0.715104	-0.0907140	1.0082	10.62	3,555	3,555	-0.002227445	-0.002227445
3548	Pipe	-0.750566	-0.0952125	1.0106	10.62	3,555	3,555	-0.002419333	-0.002419333
3549	Pipe	-0.786071	-0.0997164	1.0131	10.62	3,555	3,555	-0.002618195	-0.002618195
3550	Pipe	-0.821621	-0.1042261	1.0159	10.62	3,555	3,555	-0.002824008	-0.002824008
3551	Pipe	-0.857221	-0.1087421	1.0189	10.63	3,555	3,555	-0.003036750	-0.003036750
3552	Pipe	-0.892874	-0.1132648	1.0220	10.63	3,555	3,555	-0.003256411	-0.003256411
3553	Pipe	-4.754358	-0.6031102	1.0868	10.63	3,555	3,555	-0.065896697	-0.065896697
3554	Pipe	-1.000190	-0.1268783	1.0334	10.64	3,555	3,555	-0.004352554	-0.004352554
3555	Pipe	1.397815	0.1773188	1.1109	10.71	3,555	3,555	0.007046823	0.007046823
3556	Pipe	-0.467743	-0.0593351	0.9978	10.61	3,555	3,555	-0.000747041	-0.000747041
3557	Pipe	-4.065144	-0.5156805	1.0280	10.59	3,555	3,555	-0.049994268	-0.049994268
3558	Pipe	-0.850563	-0.1078975	1.0370	10.64	3,555	3,555	-0.003296108	-0.003296108
3559	Pipe	-0.441442	-0.0559987	0.8827	10.49	3,555	3,555	-0.000705953	-0.000705953

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3560	Pipe	-0.022087	-0.0028018	0.8783	10.49	3,555	3,555	-0.000026703	-0.000026703
3561	Pipe	0.547703	0.0694784	0.8850	10.49	3,555	3,555	0.001134807	0.001134807
3562	Pipe	0.514504	0.0652669	0.8839	10.49	3,555	3,555	0.000960910	0.000960910
3563	Pipe	0.481323	0.0610578	0.8829	10.49	3,555	3,555	0.000805545	0.000805545
3564	Pipe	0.448157	0.0568506	0.8822	10.49	3,555	3,555	0.000667664	0.000667664
3565	Pipe	0.415004	0.0526449	0.8815	10.49	3,555	3,555	0.000546224	0.000546224
3566	Pipe	0.381860	0.0484406	0.8810	10.49	3,555	3,555	0.000461660	0.000461660
3567	Pipe	0.348726	0.0442374	0.8806	10.49	3,555	3,555	0.000421601	0.000421601
3568	Pipe	0.315600	0.0400351	0.8802	10.49	3,555	3,555	0.000381552	0.000381552
3569	Pipe	-0.353626	-0.0448589	0.8906	10.50	3,555	3,555	-0.000427526	-0.000427526
3570	Pipe	0.801562	0.1016815	0.9112	10.52	3,555	3,555	0.002707059	0.002707059
3571	Pipe	0.767896	0.0974108	0.9085	10.52	3,555	3,555	0.002515556	0.002515556
3572	Pipe	0.734276	0.0931460	0.9061	10.51	3,555	3,555	0.002330344	0.002330344
3573	Pipe	0.700699	0.0888867	0.9038	10.51	3,555	3,555	0.002151440	0.002151440
3574	Pipe	0.667164	0.0846325	0.9017	10.51	3,555	3,555	0.001928836	0.001928836
3575	Pipe	0.633663	0.0803828	0.8998	10.51	3,555	3,555	0.001678011	0.001678011
3576	Pipe	0.600194	0.0761371	0.8982	10.51	3,555	3,555	0.001449876	0.001449876
3577	Pipe	0.566751	0.0718948	0.8968	10.51	3,555	3,555	0.001243309	0.001243309
3578	Pipe	0.533332	0.0676554	0.8956	10.50	3,555	3,555	0.001057205	0.001057205
3579	Pipe	0.499933	0.0634186	0.8946	10.50	3,555	3,555	0.000890474	0.000890474
3580	Pipe	0.466550	0.0591838	0.8937	10.50	3,555	3,555	0.000742041	0.000742041
3581	Pipe	0.433181	0.0549508	0.8930	10.50	3,555	3,555	0.000610839	0.000610839
3582	Pipe	0.399824	0.0507193	0.8924	10.50	3,555	3,555	0.000495814	0.000495814
3583	Pipe	-0.366475	-0.0464889	0.8920	10.50	3,555	3,555	-0.000443059	-0.000443059
3584	Pipe	-0.320312	-0.0406329	0.8902	10.50	3,555	3,555	-0.000387250	-0.000387250
3585	Pipe	0.079107	0.0100351	0.8884	10.50	3,555	3,555	0.000095638	0.000095638
3586	Pipe	0.045830	0.0058138	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.000055407	0.000055407
3587	Pipe	0.012555	0.0015926	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.000015177	0.000015177
3588	Pipe	-0.020721	-0.0026285	0.8883	10.50	3,555	3,555	-0.000025052	-0.000025052
3589	Pipe	-0.053997	-0.0068497	0.8883	10.50	3,555	3,555	-0.000065282	-0.000065282
3590	Pipe	-0.087274	-0.0110711	0.8884	10.50	3,555	3,555	-0.000105513	-0.000105513
3591	Pipe	0.554366	0.0703237	0.8980	10.51	3,555	3,555	0.001172023	0.001172023
3592	Pipe	0.520923	0.0660813	0.8969	10.51	3,555	3,555	0.000993065	0.000993065
3593	Pipe	0.487499	0.0618413	0.8959	10.51	3,555	3,555	0.000833114	0.000833114
3594	Pipe	0.454090	0.0576032	0.8951	10.50	3,555	3,555	0.000691096	0.000691096
3595	Pipe	0.420694	0.0533668	0.8945	10.50	3,555	3,555	0.000565947	0.000565947
3596	Pipe	0.387309	0.0491318	0.8939	10.50	3,555	3,555	0.000468248	0.000468248
3597	Pipe	0.353933	0.0448978	0.8935	10.50	3,555	3,555	0.000427896	0.000427896
3598	Pipe	0.320564	0.0406649	0.8931	10.50	3,555	3,555	0.000387555	0.000387555
3599	Pipe	0.287203	0.0364329	0.8927	10.50	3,555	3,555	0.000347222	0.000347222
3600	Pipe	0.253848	0.0322017	0.8924	10.50	3,555	3,555	0.000306896	0.000306896
3601	Pipe	0.220499	0.0279712	0.8921	10.50	3,555	3,555	0.000266578	0.000266578
3602	Pipe	0.187155	0.0237414	0.8919	10.50	3,555	3,555	0.000226266	0.000226266
3603	Pipe	0.153815	0.0195121	0.8917	10.50	3,555	3,555	0.000185959	0.000185959
3604	Pipe	0.120478	0.0152832	0.8915	10.50	3,555	3,555	0.000145656	0.000145656
3605	Pipe	0.087145	0.0110547	0.8913	10.50	3,555	3,555	0.000105357	0.000105357
3606	Pipe	-0.120553	-0.0152927	0.8886	10.50	3,555	3,555	-0.000145747	-0.000145747
3607	Pipe	-0.153835	-0.0195146	0.8887	10.50	3,555	3,555	-0.000185984	-0.000185984
3608	Pipe	-0.187120	-0.0237370	0.8890	10.50	3,555	3,555	-0.000226225	-0.000226225
3609	Pipe	-0.220410	-0.0279599	0.8892	10.50	3,555	3,555	-0.000266471	-0.000266471
3610	Pipe	-0.253705	-0.0321835	0.8895	10.50	3,555	3,555	-0.000306723	-0.000306723
3611	Pipe	-0.678966	-0.0861297	0.9334	10.54	3,555	3,555	-0.002022753	-0.002022753

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3612	Pipe	1.066485	0.1352881	0.9781	10.58	3,555	3,555	0.004418568	0.004418568
3613	Pipe	1.031622	0.1308655	0.9738	10.58	3,555	3,555	0.004173038	0.004173038
3614	Pipe	0.996833	0.1264525	0.9697	10.58	3,555	3,555	0.003934075	0.003934075
3615	Pipe	0.962115	0.1220484	0.9658	10.57	3,555	3,555	0.003701660	0.003701660
3616	Pipe	0.927464	0.1176527	0.9622	10.57	3,555	3,555	0.003475777	0.003475777
3617	Pipe	0.892875	0.1132649	0.9588	10.57	3,555	3,555	0.003256416	0.003256416
3618	Pipe	0.858345	0.1088846	0.9556	10.56	3,555	3,555	0.003043573	0.003043573
3619	Pipe	0.823869	0.1045113	0.9527	10.56	3,555	3,555	0.002837248	0.002837248
3620	Pipe	0.789446	0.1001445	0.9499	10.56	3,555	3,555	0.002637447	0.002637447
3621	Pipe	0.755070	0.0957837	0.9473	10.55	3,555	3,555	0.002444184	0.002444184
3622	Pipe	0.720738	0.0914286	0.9449	10.55	3,555	3,555	0.002257476	0.002257476
3623	Pipe	0.686447	0.0870787	0.9427	10.55	3,555	3,555	0.002077349	0.002077349
3624	Pipe	0.652194	0.0827336	0.9407	10.55	3,555	3,555	0.001813912	0.001813912
3625	Pipe	-0.617974	-0.0783927	0.9389	10.55	3,555	3,555	-0.001568342	-0.001568342
3626	Pipe	-0.644883	-0.0818061	0.9314	10.54	3,555	3,555	-0.001759461	-0.001759461
3627	Pipe	-0.237433	-0.0301194	0.9217	10.53	3,555	3,555	-0.000287051	-0.000287051
3628	Pipe	-0.271331	-0.0344195	0.9220	10.53	3,555	3,555	-0.000328032	-0.000328032
3629	Pipe	-0.305234	-0.0387202	0.9223	10.53	3,555	3,555	-0.000369020	-0.000369020
3630	Pipe	-0.339144	-0.0430219	0.9227	10.53	3,555	3,555	-0.000410017	-0.000410017
3631	Pipe	-0.373062	-0.0473245	0.9232	10.53	3,555	3,555	-0.000451023	-0.000451023
3632	Pipe	-0.406988	-0.0516281	0.9236	10.53	3,555	3,555	-0.000519210	-0.000519210
3633	Pipe	0.642601	0.0815166	0.9465	10.55	3,555	3,555	0.001742685	0.001742685
3634	Pipe	0.608274	0.0771621	0.9448	10.55	3,555	3,555	0.001502950	0.001502950
3635	Pipe	0.573974	0.0728110	0.9434	10.55	3,555	3,555	0.001286163	0.001286163
3636	Pipe	0.539697	0.0684629	0.9421	10.55	3,555	3,555	0.001091133	0.001091133
3637	Pipe	0.505441	0.0641173	0.9411	10.55	3,555	3,555	0.000916688	0.000916688
3638	Pipe	0.471201	0.0597738	0.9402	10.55	3,555	3,555	0.000761668	0.000761668
3639	Pipe	0.436975	0.0554321	0.9395	10.55	3,555	3,555	0.000624924	0.000624924
3640	Pipe	0.402761	0.0510919	0.9389	10.55	3,555	3,555	0.000505320	0.000505320
3641	Pipe	0.368555	0.0467528	0.9384	10.55	3,555	3,555	0.000445574	0.000445574
3642	Pipe	0.334358	0.0424147	0.9380	10.55	3,555	3,555	0.000404230	0.000404230
3643	Pipe	0.300168	0.0380776	0.9376	10.55	3,555	3,555	0.000362896	0.000362896
3644	Pipe	0.265985	0.0337413	0.9373	10.55	3,555	3,555	0.000321569	0.000321569
3645	Pipe	0.231807	0.0294057	0.9370	10.55	3,555	3,555	0.000280249	0.000280249
3646	Pipe	0.197635	0.0250708	0.9367	10.55	3,555	3,555	0.000238936	0.000238936
3647	Pipe	0.163467	0.0207365	0.9365	10.55	3,555	3,555	0.000197628	0.000197628
3648	Pipe	-0.440923	-0.0559330	0.9242	10.53	3,555	3,555	-0.000639805	-0.000639805
3649	Pipe	-0.474871	-0.0602393	0.9250	10.53	3,555	3,555	-0.000777390	-0.000777390
3650	Pipe	-0.508832	-0.0645475	0.9259	10.53	3,555	3,555	-0.000933076	-0.000933076
3651	Pipe	-0.542811	-0.0688578	0.9269	10.54	3,555	3,555	-0.001107985	-0.001107985
3652	Pipe	-0.576810	-0.0731707	0.9282	10.54	3,555	3,555	-0.001303251	-0.001303251
3653	Pipe	-0.610833	-0.0774867	0.9297	10.54	3,555	3,555	-0.001520022	-0.001520022
3654	Pipe	-3.431459	-0.4352949	0.9704	10.54	3,555	3,555	-0.037107639	-0.037107639
3655	Pipe	-0.713086	-0.0904579	0.9357	10.54	3,555	3,555	-0.002438400	-0.002438400
3656	Pipe	1.101427	0.1397207	0.9827	10.59	3,555	3,555	0.004670693	0.004670693
3657	Pipe	-0.203541	-0.0258201	0.9214	10.53	3,555	3,555	-0.000246077	-0.000246077
3658	Pipe	-2.788858	-0.3537783	0.9379	10.52	3,555	3,555	-0.025795186	-0.025795186
3659	Pipe	-0.287005	-0.0364078	0.8898	10.50	3,555	3,555	-0.000346983	-0.000346983
3660	Pipe	-0.583783	-0.0740553	0.9374	10.55	3,555	3,555	-0.001480494	-0.001480494
3661	Pipe	-2.157121	-0.2736399	0.9094	10.50	3,555	3,555	-0.016468849	-0.016468849
3662	Pipe	-0.386948	-0.0490860	0.8911	10.50	3,555	3,555	-0.000514592	-0.000514592
3663	Pipe	0.835278	0.1059585	0.9140	10.52	3,555	3,555	0.002904838	0.002904838

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3664	Pipe	0.112386	0.0142566	0.8885	10.50	3,555	3,555	0.000135871	0.000135871
3665	Pipe	-1.602757	-0.2033164	0.8954	10.50	3,555	3,555	-0.009824133	-0.009824133
3666	Pipe	-0.333135	-0.0422596	0.8916	10.50	3,555	3,555	-0.000443027	-0.000443027
3667	Pipe	0.282480	0.0358338	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000341512	0.000341512
3668	Pipe	0.249368	0.0316333	0.8795	10.49	3,555	3,555	0.000301479	0.000301479
3669	Pipe	0.216261	0.0274336	0.8792	10.49	3,555	3,555	0.000261454	0.000261454
3670	Pipe	0.183158	0.0232344	0.8790	10.49	3,555	3,555	0.000221434	0.000221434
3671	Pipe	0.150060	0.0190358	0.8788	10.49	3,555	3,555	0.000181419	0.000181419
3672	Pipe	-0.116966	-0.0148376	0.8786	10.49	3,555	3,555	-0.000141409	-0.000141409
3673	Pipe	0.011001	0.0013955	0.8783	10.49	3,555	3,555	0.000013300	0.000013300
3674	Pipe	0.408291	0.0517935	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000523542	0.000523542
3675	Pipe	0.375151	0.0475894	0.8809	10.49	3,555	3,555	0.000453548	0.000453548
3676	Pipe	0.342018	0.0433865	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000413492	0.000413492
3677	Pipe	0.308894	0.0391845	0.8801	10.49	3,555	3,555	0.000373445	0.000373445
3678	Pipe	0.275777	0.0349834	0.8797	10.49	3,555	3,555	0.000333407	0.000333407
3679	Pipe	0.242666	0.0307832	0.8794	10.49	3,555	3,555	0.000293377	0.000293377
3680	Pipe	0.468005	0.0593684	0.8827	10.49	3,555	3,555	0.000748143	0.000748143
3681	Pipe	0.434843	0.0551617	0.8820	10.49	3,555	3,555	0.000616983	0.000616983
3682	Pipe	0.401693	0.0509564	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000501850	0.000501850
3683	Pipe	0.368552	0.0467524	0.8809	10.49	3,555	3,555	0.000445570	0.000445570
3684	Pipe	0.335420	0.0425494	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000405514	0.000405514
3685	Pipe	0.302295	0.0383474	0.8801	10.49	3,555	3,555	0.000365467	0.000365467
3686	Pipe	0.269177	0.0341463	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000325428	0.000325428
3687	Pipe	0.236065	0.0299459	0.8795	10.49	3,555	3,555	0.000285397	0.000285397
3688	Pipe	0.202959	0.0257462	0.8792	10.49	3,555	3,555	0.000245373	0.000245373
3689	Pipe	0.169857	0.0215471	0.8790	10.49	3,555	3,555	0.000205353	0.000205353
3690	Pipe	0.136759	0.0173485	0.8788	10.49	3,555	3,555	0.000165339	0.000165339
3691	Pipe	0.103665	0.0131503	0.8786	10.49	3,555	3,555	0.000125328	0.000125328
3692	Pipe	0.070572	0.0089524	0.8785	10.49	3,555	3,555	0.000085320	0.000085320
3693	Pipe	0.037482	0.0047547	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000045314	0.000045314
3694	Pipe	0.004392	0.0005571	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000005309	0.000005309
3695	Pipe	0.209560	0.0265836	0.8791	10.49	3,555	3,555	0.000253353	0.000253353
3696	Pipe	0.176459	0.0223846	0.8789	10.49	3,555	3,555	0.000213335	0.000213335
3697	Pipe	0.143363	0.0181862	0.8787	10.49	3,555	3,555	0.000173322	0.000173322
3698	Pipe	7.898558	0.3281124	1.3500	10.93	3,555	3,555	0.034858231	0.034858231
3699	Pipe	6.152173	0.2555662	1.1309	10.72	3,555	3,555	0.022458456	0.022458456
3700	Pipe	4.532886	0.1882997	0.9947	10.59	3,555	3,555	0.013150274	0.013150274
3701	Pipe	2.992399	0.1243066	0.9201	10.52	3,555	3,555	0.006379571	0.006379571
3702	Pipe	1.490369	0.0619111	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.001917317	0.001917317
3703	Pipe	0.110269	0.0139881	0.8785	10.49	3,555	3,555	0.000133313	0.000133313
3704	Pipe	0.077178	0.0097904	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000093306	0.000093306
3705	Pipe	-0.083874	-0.0106397	0.8785	10.49	3,555	3,555	-0.000111542	-0.000111542
3706	Pipe	0.044089	0.0055929	0.8783	10.49	3,555	3,555	0.000053302	0.000053302
3707	Pipe	-0.909446	-0.1153671	0.8857	10.49	3,555	3,555	-0.003696822	-0.003696822
3708	Pipe	-1.269586	-0.1610523	1.1943	10.80	3,555	3,555	-0.005967287	-0.005967287
3709	Pipe	1.693591	0.2148391	1.3093	10.91	3,555	3,555	0.009827406	0.009827406
3710	Pipe	1.653291	0.2097269	1.2996	10.90	3,555	3,555	0.009425128	0.009425128
3711	Pipe	1.613138	0.2046333	1.2904	10.89	3,555	3,555	0.009031586	0.009031586
3712	Pipe	1.573124	0.1995574	1.2815	10.88	3,555	3,555	0.008646687	0.008646687
3713	Pipe	1.533246	0.1944987	1.2730	10.87	3,555	3,555	0.008270339	0.008270339
3714	Pipe	1.493497	0.1894564	1.2649	10.87	3,555	3,555	0.007902460	0.007902460
3715	Pipe	1.453873	0.1844299	1.2571	10.86	3,555	3,555	0.007542970	0.007542970

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3716	Pipe	1.414367	0.1794184	1.2497	10.85	3,555	3,555	0.007191794	0.007191794
3717	Pipe	1.374975	0.1744213	1.2426	10.85	3,555	3,555	0.006848868	0.006848868
3718	Pipe	1.335691	0.1694380	1.2359	10.84	3,555	3,555	0.006514127	0.006514127
3719	Pipe	1.296511	0.1644678	1.2295	10.83	3,555	3,555	0.006187516	0.006187516
3720	Pipe	1.257429	0.1595102	1.2234	10.83	3,555	3,555	0.005868984	0.005868984
3721	Pipe	1.218441	0.1545644	1.2177	10.82	3,555	3,555	0.005558485	0.005558485
3722	Pipe	-1.179542	-0.1496299	1.2122	10.82	3,555	3,555	-0.005255980	-0.005255980
3723	Pipe	-1.231067	-0.1561660	1.1885	10.79	3,555	3,555	-0.005658237	-0.005658237
3724	Pipe	-0.774721	-0.0982766	1.1398	10.75	3,555	3,555	-0.002553894	-0.002553894
3725	Pipe	-0.812427	-0.1030597	1.1425	10.75	3,555	3,555	-0.002770140	-0.002770140
3726	Pipe	-0.850178	-0.1078487	1.1454	10.75	3,555	3,555	-0.002994139	-0.002994139
3727	Pipe	-0.887979	-0.1126439	1.1486	10.76	3,555	3,555	-0.003225866	-0.003225866
3728	Pipe	-0.925834	-0.1174459	1.1520	10.76	3,555	3,555	-0.003465302	-0.003465302
3729	Pipe	-0.963745	-0.1222551	1.1556	10.76	3,555	3,555	-0.003712433	-0.003712433
3730	Pipe	0.749400	0.0950645	1.2179	10.83	3,555	3,555	0.002412912	0.002412912
3731	Pipe	0.710464	0.0901253	1.2156	10.82	3,555	3,555	0.002202836	0.002202836
3732	Pipe	0.671563	0.0851906	1.2134	10.82	3,555	3,555	0.001963499	0.001963499
3733	Pipe	0.632694	0.0802599	1.2115	10.82	3,555	3,555	0.001671094	0.001671094
3734	Pipe	0.593851	0.0753326	1.2099	10.82	3,555	3,555	0.001409090	0.001409090
3735	Pipe	0.555032	0.0704081	1.2085	10.82	3,555	3,555	0.001175785	0.001175785
3736	Pipe	0.516231	0.0654861	1.2074	10.82	3,555	3,555	0.000969493	0.000969493
3737	Pipe	0.477446	0.0605660	1.2065	10.82	3,555	3,555	0.000788548	0.000788548
3738	Pipe	0.438673	0.0556475	1.2057	10.82	3,555	3,555	0.000631295	0.000631295
3739	Pipe	0.399910	0.0507303	1.2052	10.81	3,555	3,555	0.000496093	0.000496093
3740	Pipe	0.361156	0.0458141	1.2047	10.81	3,555	3,555	0.000436628	0.000436628
3741	Pipe	0.322408	0.0408989	1.2043	10.81	3,555	3,555	0.000389784	0.000389784
3742	Pipe	0.283667	0.0359844	1.2039	10.81	3,555	3,555	0.000342947	0.000342947
3743	Pipe	0.244932	0.0310706	1.2036	10.81	3,555	3,555	0.000296116	0.000296116
3744	Pipe	0.206201	0.0261574	1.2033	10.81	3,555	3,555	0.000249291	0.000249291
3745	Pipe	-1.001717	-0.1270720	1.1595	10.77	3,555	3,555	-0.003967257	-0.003967257
3746	Pipe	-1.039754	-0.1318972	1.1636	10.77	3,555	3,555	-0.004229773	-0.004229773
3747	Pipe	-1.077861	-0.1367312	1.1680	10.77	3,555	3,555	-0.004499990	-0.004499990
3748	Pipe	-1.116041	-0.1415745	1.1727	10.78	3,555	3,555	-0.004777922	-0.004777922
3749	Pipe	-1.154299	-0.1464277	1.1777	10.78	3,555	3,555	-0.005063589	-0.005063589
3750	Pipe	-1.192639	-0.1512913	1.1829	10.79	3,555	3,555	-0.005357017	-0.005357017
3751	Pipe	-6.164516	-0.7819947	1.2786	10.78	3,555	3,555	-0.104333021	-0.104333021
3752	Pipe	-1.308201	-0.1659508	1.2011	10.80	3,555	3,555	-0.006912631	-0.006912631
3753	Pipe	1.734042	0.2199705	1.3194	10.92	3,555	3,555	0.010238522	0.010238522
3754	Pipe	-0.737057	-0.0934988	1.1373	10.74	3,555	3,555	-0.002345435	-0.002345435
3755	Pipe	-5.415116	-0.6869302	1.1844	10.71	3,555	3,555	-0.082936324	-0.082936324
3756	Pipe	-0.055176	-0.0069993	0.8784	10.49	3,555	3,555	-0.000073377	-0.000073377
3757	Pipe	-1.140728	-0.1447061	1.2071	10.81	3,555	3,555	-0.005457580	-0.005457580
3758	Pipe	0.580923	0.0736925	0.8862	10.49	3,555	3,555	0.001328300	0.001328300
3759	Pipe	-1.611233	-0.2043916	1.4513	11.05	3,555	3,555	-0.009013100	-0.009013100
3760	Pipe	2.072568	0.2629140	1.6199	11.22	3,555	3,555	0.013964026	0.013964026
3761	Pipe	2.027757	0.2572294	1.6061	11.20	3,555	3,555	0.013442433	0.013442433
3762	Pipe	1.983132	0.2515686	1.5929	11.19	3,555	3,555	0.012929683	0.012929683
3763	Pipe	1.938689	0.2459308	1.5802	11.18	3,555	3,555	0.012429575	0.012429575
3764	Pipe	1.894420	0.2403151	1.5679	11.17	3,555	3,555	0.011939992	0.011939992
3765	Pipe	1.850319	0.2347208	1.5562	11.15	3,555	3,555	0.011460808	0.011460808
3766	Pipe	1.806381	0.2291470	1.5449	11.14	3,555	3,555	0.010991900	0.010991900
3767	Pipe	1.762599	0.2235931	1.5341	11.13	3,555	3,555	0.010533154	0.010533154

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3768	Pipe	1.718968	0.2180583	1.5237	11.12	3,555	3,555	0.010084462	0.010084462
3769	Pipe	1.675480	0.2125417	1.5138	11.11	3,555	3,555	0.009645721	0.009645721
3770	Pipe	1.632131	0.2070427	1.5043	11.11	3,555	3,555	0.009216836	0.009216836
3771	Pipe	1.588915	0.2015605	1.4953	11.10	3,555	3,555	0.008797715	0.008797715
3772	Pipe	1.545826	0.1960945	1.4866	11.09	3,555	3,555	0.008388276	0.008388276
3773	Pipe	-1.502858	-0.1906439	1.4784	11.08	3,555	3,555	-0.007988443	-0.007988443
3774	Pipe	-1.568787	-0.1990072	1.4424	11.04	3,555	3,555	-0.008605399	-0.008605399
3775	Pipe	-1.067797	-0.1354545	1.3650	10.97	3,555	3,555	-0.004427926	-0.004427926
3776	Pipe	-1.109067	-0.1406898	1.3696	10.97	3,555	3,555	-0.004726619	-0.004726619
3777	Pipe	-1.150408	-0.1459341	1.3745	10.98	3,555	3,555	-0.005034209	-0.005034209
3778	Pipe	-1.191825	-0.1511880	1.3798	10.98	3,555	3,555	-0.005350710	-0.005350710
3779	Pipe	-1.233323	-0.1564521	1.3853	10.99	3,555	3,555	-0.005676139	-0.005676139
3780	Pipe	-1.274905	-0.1617271	1.3912	11.00	3,555	3,555	-0.006010522	-0.006010522
3781	Pipe	0.835933	0.1060416	1.4834	11.09	3,555	3,555	0.002908740	0.002908740
3782	Pipe	0.792961	0.1005905	1.4806	11.09	3,555	3,555	0.002657565	0.002657565
3783	Pipe	0.750028	0.0951442	1.4780	11.09	3,555	3,555	0.002416368	0.002416368
3784	Pipe	0.707129	0.0897023	1.4757	11.08	3,555	3,555	0.002185226	0.002185226
3785	Pipe	0.664263	0.0842645	1.4736	11.08	3,555	3,555	0.001906200	0.001906200
3786	Pipe	0.621424	0.0788302	1.4717	11.08	3,555	3,555	0.001592036	0.001592036
3787	Pipe	0.578608	0.0733989	1.4702	11.08	3,555	3,555	0.001314164	0.001314164
3788	Pipe	0.535811	0.0679699	1.4689	11.08	3,555	3,555	0.001070336	0.001070336
3789	Pipe	0.493030	0.0625430	1.4679	11.08	3,555	3,555	0.000858324	0.000858324
3790	Pipe	0.450262	0.0571176	1.4671	11.08	3,555	3,555	0.000675917	0.000675917
3791	Pipe	0.407503	0.0516935	1.4665	11.08	3,555	3,555	0.000520920	0.000520920
3792	Pipe	0.364752	0.0462703	1.4660	11.08	3,555	3,555	0.000440976	0.000440976
3793	Pipe	0.322007	0.0408480	1.4656	11.08	3,555	3,555	0.000389299	0.000389299
3794	Pipe	0.279268	0.0354264	1.4652	11.07	3,555	3,555	0.000337629	0.000337629
3795	Pipe	0.236534	0.0300054	1.4649	11.07	3,555	3,555	0.000285964	0.000285964
3796	Pipe	-1.316578	-0.1670134	1.3975	11.00	3,555	3,555	-0.006353890	-0.006353890
3797	Pipe	-1.358345	-0.1723118	1.4040	11.01	3,555	3,555	-0.006706282	-0.006706282
3798	Pipe	-1.400213	-0.1776229	1.4110	11.01	3,555	3,555	-0.007067744	-0.007067744
3799	Pipe	-1.442186	-0.1829473	1.4183	11.02	3,555	3,555	-0.007438325	-0.007438325
3800	Pipe	-1.484269	-0.1882857	1.4259	11.03	3,555	3,555	-0.007818085	-0.007818085
3801	Pipe	-1.526467	-0.1936388	1.4340	11.04	3,555	3,555	-0.008207086	-0.008207086
3802	Pipe	-7.707897	-0.97777791	1.5701	11.02	3,555	3,555	-0.155107886	-0.155107886
3803	Pipe	-1.653811	-0.2097929	1.4615	11.06	3,555	3,555	-0.010373300	-0.010373300
3804	Pipe	2.117574	0.2686231	1.6341	11.23	3,555	3,555	0.014496569	0.014496569
3805	Pipe	-1.026594	-0.1302278	1.3607	10.97	3,555	3,555	-0.004138128	-0.004138128
3806	Pipe	-6.871964	-0.8717374	1.4292	10.91	3,555	3,555	-0.126507133	-0.126507133
3807	Pipe	-1.460007	-0.1852080	1.4706	11.07	3,555	3,555	-0.008357959	-0.008357959
3808	Pipe	0.441442	0.0559987	0.8820	10.49	3,555	3,555	0.000641776	0.000641776
3809	Pipe	-0.964354	-0.1223324	1.0291	10.64	3,555	3,555	-0.003716467	-0.003716467
3810	Pipe	1.360683	0.1726083	1.1040	10.71	3,555	3,555	0.006726244	0.006726244
3811	Pipe	1.323663	0.1679122	1.0974	10.70	3,555	3,555	0.006413086	0.006413086
3812	Pipe	1.286751	0.1632298	1.0911	10.69	3,555	3,555	0.006107290	0.006107290
3813	Pipe	1.249943	0.1585605	1.0851	10.69	3,555	3,555	0.005808797	0.005808797
3814	Pipe	1.213233	0.1539037	1.0793	10.68	3,555	3,555	0.005517558	0.005517558
3815	Pipe	1.176617	0.1492588	1.0739	10.68	3,555	3,555	0.005233525	0.005233525
3816	Pipe	1.140090	0.1446252	1.0688	10.67	3,555	3,555	0.004956657	0.004956657
3817	Pipe	1.103648	0.1400023	1.0639	10.67	3,555	3,555	0.004686919	0.004686919
3818	Pipe	1.067286	0.1353897	1.0593	10.66	3,555	3,555	0.004424279	0.004424279
3819	Pipe	1.031000	0.1307866	1.0550	10.66	3,555	3,555	0.004168711	0.004168711

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3820	Pipe	0.994785	0.1261927	1.0509	10.66	3,555	3,555	0.003920197	0.003920197
3821	Pipe	0.958638	0.1216073	1.0471	10.65	3,555	3,555	0.003678721	0.003678721
3822	Pipe	0.922555	0.1170300	1.0435	10.65	3,555	3,555	0.003444274	0.003444274
3823	Pipe	-0.886531	-0.1124602	1.0401	10.65	3,555	3,555	-0.003216853	-0.003216853
3824	Pipe	-0.928584	-0.1177948	1.0254	10.63	3,555	3,555	-0.003482983	-0.003482983
3825	Pipe	-0.503014	-0.0638095	0.9986	10.61	3,555	3,555	-0.000905079	-0.000905079
3826	Pipe	-0.538302	-0.0682859	0.9997	10.61	3,555	3,555	-0.001083636	-0.001083636
3827	Pipe	-0.573609	-0.0727647	1.0009	10.61	3,555	3,555	-0.001283977	-0.001283977
3828	Pipe	-0.608939	-0.0772464	1.0024	10.61	3,555	3,555	-0.001507376	-0.001507376
3829	Pipe	-0.644295	-0.0817315	1.0041	10.61	3,555	3,555	-0.001755128	-0.001755128
3830	Pipe	-0.679682	-0.0862205	1.0060	10.61	3,555	3,555	-0.002028544	-0.002028544
3831	Pipe	0.689214	0.0874297	1.0467	10.65	3,555	3,555	0.002091647	0.002091647
3832	Pipe	0.653118	0.0828508	1.0447	10.65	3,555	3,555	0.001820870	0.001820870
3833	Pipe	0.617054	0.0782759	1.0429	10.65	3,555	3,555	0.001562060	0.001562060
3834	Pipe	0.581017	0.0737045	1.0414	10.65	3,555	3,555	0.001328879	0.001328879
3835	Pipe	0.545003	0.0691360	1.0401	10.65	3,555	3,555	0.001119955	0.001119955
3836	Pipe	0.509009	0.0645699	1.0390	10.65	3,555	3,555	0.000933934	0.000933934
3837	Pipe	0.473030	0.0600059	1.0382	10.65	3,555	3,555	0.000769479	0.000769479
3838	Pipe	0.437065	0.0554436	1.0374	10.65	3,555	3,555	0.000625261	0.000625261
3839	Pipe	0.401111	0.0508826	1.0368	10.65	3,555	3,555	0.000499966	0.000499966
3840	Pipe	0.365166	0.0463228	1.0364	10.65	3,555	3,555	0.000441476	0.000441476
3841	Pipe	0.329228	0.0417639	1.0360	10.65	3,555	3,555	0.000398028	0.000398028
3842	Pipe	0.293297	0.0372059	1.0356	10.65	3,555	3,555	0.000354589	0.000354589
3843	Pipe	0.257372	0.0326487	1.0352	10.64	3,555	3,555	0.000311156	0.000311156
3844	Pipe	0.221452	0.0280922	1.0350	10.64	3,555	3,555	0.000267731	0.000267731
3845	Pipe	0.185538	0.0235362	1.0347	10.64	3,555	3,555	0.000224310	0.000224310
3846	Pipe	-0.715104	-0.0907140	1.0082	10.62	3,555	3,555	-0.002227445	-0.002227445
3847	Pipe	-0.750566	-0.0952125	1.0106	10.62	3,555	3,555	-0.002419333	-0.002419333
3848	Pipe	-0.786071	-0.0997164	1.0131	10.62	3,555	3,555	-0.002618195	-0.002618195
3849	Pipe	-0.821621	-0.1042261	1.0159	10.62	3,555	3,555	-0.002824008	-0.002824008
3850	Pipe	-0.857221	-0.1087421	1.0189	10.63	3,555	3,555	-0.003036750	-0.003036750
3851	Pipe	-0.892874	-0.1132648	1.0220	10.63	3,555	3,555	-0.003256411	-0.003256411
3852	Pipe	-4.754358	-0.6031102	1.0868	10.63	3,555	3,555	-0.065896697	-0.065896697
3853	Pipe	-1.000190	-0.1268783	1.0334	10.64	3,555	3,555	-0.004352554	-0.004352554
3854	Pipe	1.397815	0.1773188	1.1109	10.71	3,555	3,555	0.007046823	0.007046823
3855	Pipe	-0.467743	-0.0593351	0.9978	10.61	3,555	3,555	-0.000747041	-0.000747041
3856	Pipe	-4.065144	-0.5156805	1.0280	10.59	3,555	3,555	-0.049994268	-0.049994268
3857	Pipe	-0.850563	-0.1078975	1.0370	10.64	3,555	3,555	-0.003296108	-0.003296108
3858	Pipe	-0.441442	-0.0559987	0.8827	10.49	3,555	3,555	-0.000705953	-0.000705953
3859	Pipe	-0.022087	-0.0028018	0.8783	10.49	3,555	3,555	-0.000026703	-0.000026703
3860	Pipe	0.547703	0.0694784	0.8850	10.49	3,555	3,555	0.001134807	0.001134807
3861	Pipe	0.514504	0.0652669	0.8839	10.49	3,555	3,555	0.000960910	0.000960910
3862	Pipe	0.481323	0.0610578	0.8829	10.49	3,555	3,555	0.000805545	0.000805545
3863	Pipe	0.448157	0.0568506	0.8822	10.49	3,555	3,555	0.000667664	0.000667664
3864	Pipe	0.415004	0.0526449	0.8815	10.49	3,555	3,555	0.000546224	0.000546224
3865	Pipe	0.381860	0.0484406	0.8810	10.49	3,555	3,555	0.000461660	0.000461660
3866	Pipe	0.348726	0.0442374	0.8806	10.49	3,555	3,555	0.000421601	0.000421601
3867	Pipe	0.315600	0.0400351	0.8802	10.49	3,555	3,555	0.000381552	0.000381552
3868	Pipe	-0.353626	-0.0448589	0.8906	10.50	3,555	3,555	-0.000427526	-0.000427526
3869	Pipe	0.801562	0.1016815	0.9112	10.52	3,555	3,555	0.002707059	0.002707059
3870	Pipe	0.767896	0.0974108	0.9085	10.52	3,555	3,555	0.002515556	0.002515556
3871	Pipe	0.734276	0.0931460	0.9061	10.51	3,555	3,555	0.002330344	0.002330344

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3872	Pipe	0.700699	0.0888867	0.9038	10.51	3,555	3,555	0.002151440	0.002151440
3873	Pipe	0.667164	0.0846325	0.9017	10.51	3,555	3,555	0.001928836	0.001928836
3874	Pipe	0.633663	0.0803828	0.8998	10.51	3,555	3,555	0.001678011	0.001678011
3875	Pipe	0.600194	0.0761371	0.8982	10.51	3,555	3,555	0.001449876	0.001449876
3876	Pipe	0.566751	0.0718948	0.8968	10.51	3,555	3,555	0.001243309	0.001243309
3877	Pipe	0.533332	0.0676554	0.8956	10.50	3,555	3,555	0.001057205	0.001057205
3878	Pipe	0.499933	0.0634186	0.8946	10.50	3,555	3,555	0.000890474	0.000890474
3879	Pipe	0.466550	0.0591838	0.8937	10.50	3,555	3,555	0.000742041	0.000742041
3880	Pipe	0.433181	0.0549508	0.8930	10.50	3,555	3,555	0.000610839	0.000610839
3881	Pipe	0.399824	0.0507193	0.8924	10.50	3,555	3,555	0.000495814	0.000495814
3882	Pipe	-0.366475	-0.0464889	0.8920	10.50	3,555	3,555	-0.000443059	-0.000443059
3883	Pipe	-0.320312	-0.0406329	0.8902	10.50	3,555	3,555	-0.000387250	-0.000387250
3884	Pipe	0.079107	0.0100351	0.8884	10.50	3,555	3,555	0.000095638	0.000095638
3885	Pipe	0.045830	0.0058138	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.000055407	0.000055407
3886	Pipe	0.012555	0.0015926	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.000015177	0.000015177
3887	Pipe	-0.020721	-0.0026285	0.8883	10.50	3,555	3,555	-0.000025052	-0.000025052
3888	Pipe	-0.053997	-0.0068497	0.8883	10.50	3,555	3,555	-0.000065282	-0.000065282
3889	Pipe	-0.087274	-0.0110711	0.8884	10.50	3,555	3,555	-0.000105513	-0.000105513
3890	Pipe	0.554366	0.0703237	0.8980	10.51	3,555	3,555	0.001172023	0.001172023
3891	Pipe	0.520923	0.0660813	0.8969	10.51	3,555	3,555	0.000993065	0.000993065
3892	Pipe	0.487499	0.0618413	0.8959	10.51	3,555	3,555	0.000833114	0.000833114
3893	Pipe	0.454090	0.0576032	0.8951	10.50	3,555	3,555	0.000691096	0.000691096
3894	Pipe	0.420694	0.0533668	0.8945	10.50	3,555	3,555	0.000565947	0.000565947
3895	Pipe	0.387309	0.0491318	0.8939	10.50	3,555	3,555	0.000468248	0.000468248
3896	Pipe	0.353933	0.0448978	0.8935	10.50	3,555	3,555	0.000427896	0.000427896
3897	Pipe	0.320564	0.0406649	0.8931	10.50	3,555	3,555	0.000387555	0.000387555
3898	Pipe	0.287203	0.0364329	0.8927	10.50	3,555	3,555	0.000347222	0.000347222
3899	Pipe	0.253848	0.0322017	0.8924	10.50	3,555	3,555	0.000306896	0.000306896
3900	Pipe	0.220499	0.0279712	0.8921	10.50	3,555	3,555	0.000266578	0.000266578
3901	Pipe	0.187155	0.0237414	0.8919	10.50	3,555	3,555	0.000226266	0.000226266
3902	Pipe	0.153815	0.0195121	0.8917	10.50	3,555	3,555	0.000185959	0.000185959
3903	Pipe	0.120478	0.0152832	0.8915	10.50	3,555	3,555	0.000145656	0.000145656
3904	Pipe	0.087145	0.0110547	0.8913	10.50	3,555	3,555	0.000105357	0.000105357
3905	Pipe	-0.120553	-0.0152927	0.8886	10.50	3,555	3,555	-0.000145747	-0.000145747
3906	Pipe	-0.153835	-0.0195146	0.8887	10.50	3,555	3,555	-0.000185984	-0.000185984
3907	Pipe	-0.187120	-0.0237370	0.8890	10.50	3,555	3,555	-0.000226225	-0.000226225
3908	Pipe	-0.220410	-0.0279599	0.8892	10.50	3,555	3,555	-0.000266471	-0.000266471
3909	Pipe	-0.253705	-0.0321835	0.8895	10.50	3,555	3,555	-0.000306723	-0.000306723
3910	Pipe	-0.678966	-0.0861297	0.9334	10.54	3,555	3,555	-0.002022753	-0.002022753
3911	Pipe	1.066485	0.1352881	0.9781	10.58	3,555	3,555	0.004418568	0.004418568
3912	Pipe	1.031622	0.1308655	0.9738	10.58	3,555	3,555	0.004173038	0.004173038
3913	Pipe	0.996833	0.1264525	0.9697	10.58	3,555	3,555	0.003934075	0.003934075
3914	Pipe	0.962115	0.1220484	0.9658	10.57	3,555	3,555	0.003701660	0.003701660
3915	Pipe	0.927464	0.1176527	0.9622	10.57	3,555	3,555	0.003475777	0.003475777
3916	Pipe	0.892875	0.1132649	0.9588	10.57	3,555	3,555	0.003256416	0.003256416
3917	Pipe	0.858345	0.1088846	0.9556	10.56	3,555	3,555	0.003043573	0.003043573
3918	Pipe	0.823869	0.1045113	0.9527	10.56	3,555	3,555	0.002837248	0.002837248
3919	Pipe	0.789446	0.1001445	0.9499	10.56	3,555	3,555	0.002637447	0.002637447
3920	Pipe	0.755070	0.0957837	0.9473	10.55	3,555	3,555	0.002444184	0.002444184
3921	Pipe	0.720738	0.0914286	0.9449	10.55	3,555	3,555	0.002257476	0.002257476
3922	Pipe	0.686447	0.0870787	0.9427	10.55	3,555	3,555	0.002077349	0.002077349
3923	Pipe	0.652194	0.0827336	0.9407	10.55	3,555	3,555	0.001813912	0.001813912

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3924	Pipe	-0.617974	-0.0783927	0.9389	10.55	3,555	3,555	-0.001568342	-0.001568342
3925	Pipe	-0.644883	-0.0818061	0.9314	10.54	3,555	3,555	-0.001759461	-0.001759461
3926	Pipe	-0.237433	-0.0301194	0.9217	10.53	3,555	3,555	-0.000287051	-0.000287051
3927	Pipe	-0.271331	-0.0344195	0.9220	10.53	3,555	3,555	-0.000328032	-0.000328032
3928	Pipe	-0.305234	-0.0387202	0.9223	10.53	3,555	3,555	-0.000369020	-0.000369020
3929	Pipe	-0.339144	-0.0430219	0.9227	10.53	3,555	3,555	-0.000410017	-0.000410017
3930	Pipe	-0.373062	-0.0473245	0.9232	10.53	3,555	3,555	-0.000451023	-0.000451023
3931	Pipe	-0.406988	-0.0516281	0.9236	10.53	3,555	3,555	-0.000519210	-0.000519210
3932	Pipe	0.642601	0.0815166	0.9465	10.55	3,555	3,555	0.001742685	0.001742685
3933	Pipe	0.608274	0.0771621	0.9448	10.55	3,555	3,555	0.001502950	0.001502950
3934	Pipe	0.573974	0.0728110	0.9434	10.55	3,555	3,555	0.001286163	0.001286163
3935	Pipe	0.539697	0.0684629	0.9421	10.55	3,555	3,555	0.001091133	0.001091133
3936	Pipe	0.505441	0.0641173	0.9411	10.55	3,555	3,555	0.000916688	0.000916688
3937	Pipe	0.471201	0.0597738	0.9402	10.55	3,555	3,555	0.000761668	0.000761668
3938	Pipe	0.436975	0.0554321	0.9395	10.55	3,555	3,555	0.000624924	0.000624924
3939	Pipe	0.402761	0.0510919	0.9389	10.55	3,555	3,555	0.000505320	0.000505320
3940	Pipe	0.368555	0.0467528	0.9384	10.55	3,555	3,555	0.000445574	0.000445574
3941	Pipe	0.334358	0.0424147	0.9380	10.55	3,555	3,555	0.000404230	0.000404230
3942	Pipe	0.300168	0.0380776	0.9376	10.55	3,555	3,555	0.000362896	0.000362896
3943	Pipe	0.265985	0.0337413	0.9373	10.55	3,555	3,555	0.000321569	0.000321569
3944	Pipe	0.231807	0.0294057	0.9370	10.55	3,555	3,555	0.000280249	0.000280249
3945	Pipe	0.197635	0.0250708	0.9367	10.55	3,555	3,555	0.000238936	0.000238936
3946	Pipe	0.163467	0.0207365	0.9365	10.55	3,555	3,555	0.000197628	0.000197628
3947	Pipe	-0.440923	-0.0559330	0.9242	10.53	3,555	3,555	-0.000639805	-0.000639805
3948	Pipe	-0.474871	-0.0602393	0.9250	10.53	3,555	3,555	-0.000777390	-0.000777390
3949	Pipe	-0.508832	-0.0645475	0.9259	10.53	3,555	3,555	-0.000933076	-0.000933076
3950	Pipe	-0.542811	-0.0688578	0.9269	10.54	3,555	3,555	-0.001107985	-0.001107985
3951	Pipe	-0.576810	-0.0731707	0.9282	10.54	3,555	3,555	-0.001303251	-0.001303251
3952	Pipe	-0.610833	-0.0774867	0.9297	10.54	3,555	3,555	-0.001520022	-0.001520022
3953	Pipe	-3.431459	-0.4352949	0.9704	10.54	3,555	3,555	-0.037107639	-0.037107639
3954	Pipe	-0.713086	-0.0904579	0.9357	10.54	3,555	3,555	-0.002438400	-0.002438400
3955	Pipe	1.101427	0.1397207	0.9827	10.59	3,555	3,555	0.004670693	0.004670693
3956	Pipe	-0.203541	-0.0258201	0.9214	10.53	3,555	3,555	-0.000246077	-0.000246077
3957	Pipe	-2.788858	-0.3537783	0.9379	10.52	3,555	3,555	-0.025795186	-0.025795186
3958	Pipe	-0.287005	-0.0364078	0.8898	10.50	3,555	3,555	-0.000346983	-0.000346983
3959	Pipe	-0.583783	-0.0740553	0.9374	10.55	3,555	3,555	-0.001480494	-0.001480494
3960	Pipe	-2.157121	-0.2736399	0.9094	10.50	3,555	3,555	-0.016468849	-0.016468849
3961	Pipe	-0.386948	-0.0490860	0.8911	10.50	3,555	3,555	-0.000514592	-0.000514592
3962	Pipe	0.835278	0.1059585	0.9140	10.52	3,555	3,555	0.002904838	0.002904838
3963	Pipe	0.112386	0.0142566	0.8885	10.50	3,555	3,555	0.000135871	0.000135871
3964	Pipe	-1.602757	-0.2033164	0.8954	10.50	3,555	3,555	-0.009824133	-0.009824133
3965	Pipe	-0.333135	-0.0422596	0.8916	10.50	3,555	3,555	-0.000443027	-0.000443027
3966	Pipe	0.282480	0.0358338	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000341512	0.000341512
3967	Pipe	0.249368	0.0316333	0.8795	10.49	3,555	3,555	0.000301479	0.000301479
3968	Pipe	0.216261	0.0274336	0.8792	10.49	3,555	3,555	0.000261454	0.000261454
3969	Pipe	0.183158	0.0232344	0.8790	10.49	3,555	3,555	0.000221434	0.000221434
3970	Pipe	0.150060	0.0190358	0.8788	10.49	3,555	3,555	0.000181419	0.000181419
3971	Pipe	-0.116966	-0.0148376	0.8786	10.49	3,555	3,555	-0.000141409	-0.000141409
3972	Pipe	0.011001	0.0013955	0.8783	10.49	3,555	3,555	0.000013300	0.000013300
3973	Pipe	0.408291	0.0517935	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000523542	0.000523542
3974	Pipe	0.375151	0.0475894	0.8809	10.49	3,555	3,555	0.000453548	0.000453548
3975	Pipe	0.342018	0.0433865	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000413492	0.000413492

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psig)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)
3976	Pipe	0.308894	0.0391845	0.8801	10.49	3,555	3,555	0.000373445	0.000373445
3977	Pipe	0.275777	0.0349834	0.8797	10.49	3,555	3,555	0.000333407	0.000333407
3978	Pipe	0.242666	0.0307832	0.8794	10.49	3,555	3,555	0.000293377	0.000293377
3979	Pipe	0.468005	0.0593684	0.8827	10.49	3,555	3,555	0.000748143	0.000748143
3980	Pipe	0.434843	0.0551617	0.8820	10.49	3,555	3,555	0.000616983	0.000616983
3981	Pipe	0.401693	0.0509564	0.8814	10.49	3,555	3,555	0.000501850	0.000501850
3982	Pipe	0.368552	0.0467524	0.8809	10.49	3,555	3,555	0.000445570	0.000445570
3983	Pipe	0.335420	0.0425494	0.8805	10.49	3,555	3,555	0.000405514	0.000405514
3984	Pipe	0.302295	0.0383474	0.8801	10.49	3,555	3,555	0.000365467	0.000365467
3985	Pipe	0.269177	0.0341463	0.8798	10.49	3,555	3,555	0.000325428	0.000325428
3986	Pipe	0.236065	0.0299459	0.8795	10.49	3,555	3,555	0.000285397	0.000285397
3987	Pipe	0.202959	0.0257462	0.8792	10.49	3,555	3,555	0.000245373	0.000245373
3988	Pipe	0.169857	0.0215471	0.8790	10.49	3,555	3,555	0.000205353	0.000205353
3989	Pipe	0.136759	0.0173485	0.8788	10.49	3,555	3,555	0.000165339	0.000165339
3990	Pipe	0.103665	0.0131503	0.8786	10.49	3,555	3,555	0.000125328	0.000125328
3991	Pipe	0.070572	0.0089524	0.8785	10.49	3,555	3,555	0.000085320	0.000085320
3992	Pipe	0.037482	0.0047547	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000045314	0.000045314
3993	Pipe	0.004392	0.0005571	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000005309	0.000005309
3994	Pipe	0.209560	0.0265836	0.8791	10.49	3,555	3,555	0.000253353	0.000253353
3995	Pipe	0.176459	0.0223846	0.8789	10.49	3,555	3,555	0.000213335	0.000213335
3996	Pipe	0.143363	0.0181862	0.8787	10.49	3,555	3,555	0.000173322	0.000173322
3997	Pipe	7.898558	0.3281124	1.3500	10.93	3,555	3,555	0.034858231	0.034858231
3998	Pipe	6.152173	0.2555662	1.1309	10.72	3,555	3,555	0.022458456	0.022458456
3999	Pipe	4.532886	0.1882997	0.9947	10.59	3,555	3,555	0.013150274	0.013150274
4000	Pipe	2.992399	0.1243066	0.9201	10.52	3,555	3,555	0.006379571	0.006379571
4001	Pipe	1.490369	0.0619111	0.8883	10.50	3,555	3,555	0.001917317	0.001917317
4002	Pipe	0.110269	0.0139881	0.8785	10.49	3,555	3,555	0.000133313	0.000133313
4003	Pipe	0.077178	0.0097904	0.8784	10.49	3,555	3,555	0.000093306	0.000093306
4004	Pipe	-0.083874	-0.0106397	0.8785	10.49	3,555	3,555	-0.000111542	-0.000111542
4005	Pipe	0.044089	0.0055929	0.8783	10.49	3,555	3,555	0.000053302	0.000053302
4006	Pipe	-0.909446	-0.1153671	0.8857	10.49	3,555	3,555	-0.003696822	-0.003696822
4007	Pipe	41.200002	0.5588988	36.9280	13.13	3,442	3,466	33.404731750	33.404731750
4008	Pipe	41.200002	2.1252123	141.1782	150.14	3,466	3,465	-0.643419325	-0.643419325
4009	Pipe	41.200002	1.2445670	3.4337	12.86	3,466	3,466	0.178755209	0.178755209

Pipe	dP Gravity (psid)	dH (feet)	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)
9	70.70620	20.70679065	130.27	50.60	130.36	50.69
10	0.00000	1.59645560	50.66	49.97	50.69	50.00
11	13.34215	0.07496184	49.99	36.62	50.00	36.62
12	-0.08545	4.57290007	130.32	128.42	130.36	128.47
16	16.17852	0.65188082	128.42	111.96	128.47	112.01
17	36.37661	7.26824855	111.96	72.44	112.01	72.48
18	32.09053	9.86103331	72.44	36.07	72.48	36.12
19	-0.51186	0.02414469	36.07	36.58	36.12	36.62
22	25.31117	0.13922146	36.61	11.24	36.62	11.25
24	25.31117	0.13922146	36.61	11.24	36.62	11.25
80	0.00000	-0.01876948	11.29	11.30	11.30	11.30
81	0.00000	0.03107613	11.46	11.45	11.46	11.45
82	0.00000	0.02980609	11.45	11.43	11.45	11.44
83	0.00000	0.02856794	11.43	11.42	11.44	11.42

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERIA DE DETALLE PARA CONSTRUCCION DE PAD DE
LIXIVIACION CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

MEMORIA DE CALCULO DESCARGA DE ACIDO POR GRAVEDAD

L3X30001-DA-589750-05-MC-003

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	17/03/14	Revisión Interna y Comentarios	CGO	ASA	DCF
B	21/03/14	Aprobación de Cliente	CGO	ASA	DCF
0	23/05/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	3
2.	ALCANCE	3
3.	BASE DE CALCULO	4
3.1	Parámetros de Diseño	4
3.2	Propiedades del Fluido	4
3.3	Propiedades de los Materiales	5
3.4	Referencias	6
4.	METODOLOGIA DEL CALCULO	6
4.1	Análisis de Régimen Permanente	6
4.2	Modelo Computarizado	7
5.	RESULTADOS	9
5.1	Aproximación con Hoja AFT Fathom 7.0	9

Tablas

Tabla 3.1	Propiedades de Ácido	4
Tabla 5.1	Caudal de ácido al mixer	9
Tabla 5.2	Balance de masa en PAD	9

Figuras

Figura 5.1	Modelo de simulación descarga de ácido	10
Figura 5.2	Balance másico de descarga de ácido	10

1. INTRODUCCION

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del Pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

La implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, requiere el diseño de un nuevo sistema de riego del Pad con solución ácida (agua fresca + ácido sulfúrico) y solución ILS. Este diseño debe tener en consideración que en la etapa de inicio de operación del Pad Fase IV el sistema de riego debe tener la capacidad de continuar con el riego del Pad Fase III por el tiempo que sea requerido.

2. ALCANCE

El presente documento presenta la memoria de cálculo de la disciplina de Ingeniería Mecánica que se ha elaborado para el diseño de los sistemas de impulsión de agua fresca, ácido sulfúrico y solución ILS, que en conjunto conforman el sistema de riego para la implementación del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

Este documento forma parte de la Ingeniería Básica del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

La memoria de cálculo contempla los estudios, análisis y evaluaciones necesarias, que permitan desarrollar la Ingeniería Básica del Proyecto. Estos cálculos desarrollados para la especialidad de Ingeniería Mecánica comprenden lo siguiente:

- Alimentación de Ácido desde el tanque existente en la planta de chancado hasta el nuevo tanque de Ácido ubicado en la plataforma de ILS nueva a pie del PAD nuevo.

Se incluye la información disponible, las bases de cálculo y un resumen de cálculos y resultados

3. BASE DE CALCULO

3.1 Parámetros de Diseño

El análisis se desarrolló de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- a) El dimensionamiento y selección de los componentes del sistema de impulsión se realizó sobre la base del Criterio de Diseño para Tuberías, Especificación de Materiales para Tuberías y Diagramas de Proceso.
- b) Los flujos para cálculo se obtienen del “Diagrama de Flujos” y se encuentran definidos como Flujos de Diseño. Estos valores incluyen el factor de utilización de la Planta y las fluctuaciones de flujo o factor de diseño definido por la Disciplina de Procesos.
- c) Las pérdidas de carga, para conducciones en presión, se calculan mediante la expresión de Darcy-Weisbach y los coeficientes de fricción mediante la ecuación de Colebrook-White.
- d) La rugosidad absoluta de la tubería de acero, utilizada para determinar las pérdidas de carga regulares, incluirá el aumento de la rugosidad superficial originado por la degradación natural del revestimiento. La rugosidad absoluta máxima corresponderá a aquella asociada al proceso de Arenado Comercial y la rugosidad mínima corresponderá a aquella asociada a una limpieza química.
- e) La presión de operación máxima admisible (MAOP) y la sobre presión máxima admisible eventual (MASP) se calcularán de acuerdo a la Norma ASME B31.3 “Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and other Liquids”.
- f) La tasa de corrosión estimada para la tubería es de 0,05 mm/año.
- g) Los cálculos son válidos para una vida útil del proyecto de 20 años.

3.2 Propiedades del Fluido

Tabla 3.1
Propiedades de Ácido

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Temperatura máxima:	°C	28.0
Temperatura mínima:	°C	8.0
Temperatura media:	°C	15.0
Densidad:	Kg/m ³	1.83
Viscosidad Dinámica:	Pa-s	0.025 @ 20°C
Presión de Vapor:	kPa	< 1.33 x 10 ⁻⁴

3.3 Propiedades de los Materiales

Las propiedades de la tubería son las siguientes:

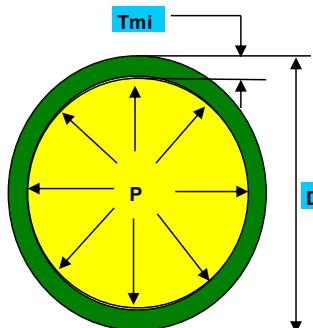
Material	: Acero Inoxidables 316.
Diámetro Exterior	: 2 inch. (60.3 mm)
Esfuerzo de Fluencia	: 30.000 psi.
Factor de Diseño	: 65% (ASME B31.4)
Esfuerzo Admisible	: 16.700 psi. (ASME B31.4)
Espesor de Pared	: Sch 5, 10
Rugosidad	: 0.0018 inch (0.04572 mm).



Presión de Operación Máxima Admisible (MAOP) : 933 psi para 2" sch. 5
: 910 psi para 3/4" sch. 10.



Cálculo máxima presión interna		
$P = \frac{2 S_m T_{min}}{D - 2y T_{min}}$		
P = máxima presión interna		
T _{min} = espesor de pared mínimo en mm		
S _m = tensión admisible ksi (psi x 1000)		
D = diámetro externo en mm		
Y = coef. OD - T		
Valores de Sm	TP 316L	16.7 ksi (a 100 F)
SAF 2205	30.0 ksi (a 100 F)	
SAF 2507	38.7 ksi (a 100 F)	



Presión Máxima de un Tubo sin Costura

Ejemplo:

2" SCHEDULE 5 AISI 316L

Temperatura = 100 oF (38oC Aprox.)

Sr: 74.7 Esfuerzo de Rotura mínimo en KSI para el Acero Inoxidable 316L

Sy: 30 Esfuerzo de Fluencia en KSI para el Acero Inoxidable 316L

T_{min} = 1.65 Espesor de pared mínimo en mm (se considera las tolerancias)

Sm = 16.70 Tensión admisible en KSI para el Acero Inoxidable 316L a 100 oF

D = 60.33 Diámetro externo del tubo (mm)

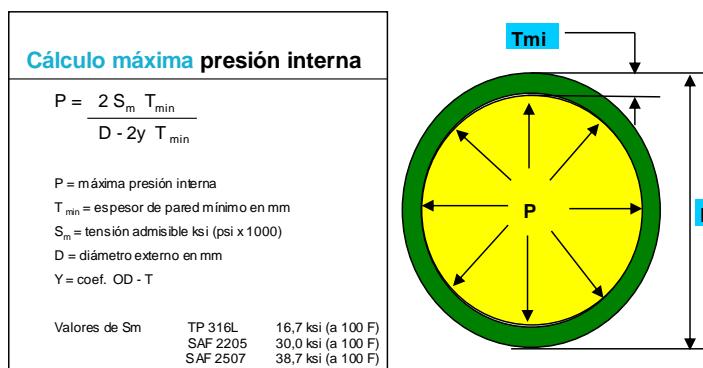
Y = 0.40 Coeficiente para T_{min}

D/6= 10.055 **Valor Aceptado**

P: 0.93 KSI

933.91 PSI

63.53 BAR



Presion Maxima de un Tubo sin Costura

Ejemplo:

3/4" SCHEDULE 5 AISI 316L

Temperatura = 100 oF (38oC Aprox.)

Fr: 74.7 Esfuerzo de Rotura mínimo en KSI para el Acero Inoxidable 316L

Sy: 30 Esfuerzo de Fluencia en KSI para el Acero Inoxidable 316L

T min = 1.65 Espesor de pared mínimo en mm (se considera las tolerancias)

Sm = 16.70 Tensión admisible en KSI para el Acero Inoxidable 316L a 100 oF

D = 28.67 Diámetro externo del tubo (mm)

Y = 0.40 Coeficiente para Tmin

D/6= 4.778333333 **Valor Aceptado**

P: 2.01 KSI

2014.99 PSI

137.07 BAR

3.4 Referencias

L3X30001-DA-589750-05-DC-001 Criterios de Diseño - Mecánica

L3X30001-DA-589750-06-DC-001 Criterios de Diseño - Tuberías

L3X30001-DA-589750-05-CS-001 Condiciones de Sitio

L3X30001-DA-589750-05-TS-001 Especificaciones Técnicas Bombas

L3X30001-DA-589750-06-TS-001 Especificaciones Técnicas Tuberías

L3X30001-DA-589750-05-TS-002 Especificaciones Técnicas Válvulas

4. METODOLOGIA DEL CALCULO

4.1 Análisis de Régimen Permanente

La metodología de cálculo aplicada en el desarrollo de este informe se basa en las siguientes consideraciones:

- El régimen permanente se analizó mediante el uso del software AFT Fathom 7.0.
- Se determinarán las condiciones operacionales del sistema con los parámetros de diseño más desfavorables y económicamente factibles.
- Se graficara el perfil hidráulico para las condiciones de operación del proceso.

4.2 Modelo Computarizado

El software computarizado, AFT Fathom 7.0 desarrollado por Applied Flow Technologies de USA, fue usado para asistir al análisis. AFT Fathom es un programa de análisis general de distribución de flujos a lo largo de redes hidráulicas y líneas de fluido incompresible. Los resultados se han verificado por:

1. Comparación contra soluciones analíticas por simple geometría de la tubería.
2. Comparaciones contra otros resultados obtenidos de otros programas de computación que analizan flujos en estado estable y en régimen turbulento.
3. Buenas prácticas de la ingeniería hidráulica y de fluidos.
4. Juicio de experto.

Perdidas por Fricción en la Tubería

Las pérdidas por fricción en la tubería serán confirmadas usando la ecuación de Hazen Williams con un C = 140 para tuberías de acero y acero inoxidable con un estimado de vida de más de 20 años y C=150 para tuberías de HDPE. La ecuación de Hazen Williams por lo general da un mayor valor estimado conservativo que la que se podría encontrar con la ecuación de Darcy.

Aunque el método de Darcy-Weisbach/Colebrook ofrece una solución matemática racional en los cálculos de las pérdidas de fricción para cualquier líquido con excepción de plásticos y aquellos que lleven fluidos en suspensión, muchos ingenieros prefieren usar la ecuación de Hazen & Williams para confirmar resultados.

$$h_f = 0.002083L \left(\frac{100}{C}\right)^{1.85} \frac{gpm^{1.85}}{d^{4.8655}}$$

Dónde:

- h_f = Perdida por energía debido a la fricción (pies de líquido)
 L = Longitud de tubería incluido perdidas equivalentes (pies)
 d = Diámetro interior de la tubería circular (pulgadas)
 C = Coeficiente de Hazen-Williams
 gpm = Caudal del fluido

Velocidad de cavitación y máxima velocidad en la tubería

La velocidad de cavitación es la condición máxima a la que el fluido debe desplazarse para evitar la formación de burbujas. Está condicionada por la presión atmosférica y la presión de vapor por lo que es muy importante su evaluación sobre todo en los cambios de dirección y válvulas de control.

La siguiente ecuación formulada por Murdock (2001) será usada, en la que la velocidad máxima por cavitación será iguala 0.75 veces la velocidad de cavitación.

$$V_c = \Gamma \left[\left(\frac{P_s - P_v}{\rho} \right)^{0.5} 2g \right]$$

Dónde:

- V_c = Velocidad máxima por cavitación (pies/segundo)
 P_s = Presión atmosférica (psia)
 P_v = Presión de vapor (psia)
 ρ = Densidad del fluido (62.4 lb/pie³)
 Γ = Factor de seguridad (0.75)
 g = Aceleración de la gravedad (32.2 pies/s²)

La velocidad máxima por cavitación = 27.1 pies/s [8.3 m/s]

Velocidad máxima óptima

La velocidad del flujo no deberá sobrepasar de cierto límite superior equivalente a la velocidad máxima económica, a la velocidad máxima de descarga de la bomba y a la pérdida de 1 psig a velocidad máxima en una válvula mariposa. Para válvulas de control 100% abierta en un conducto forzado se podrán utilizar perdidas mayores de acuerdo a la regulación. La velocidad máxima no deberá en lo posible ser superior a 9.84 ft/s (3.0 m/s). Para el cálculo de la velocidad máxima y mínima se usara la siguiente ecuación

$$V = \frac{Q}{2.449d_h}$$

Dónde:

- Q = Caudal en GPM.
 d_h = Diámetro Hidráulico (pulgadas).
 V = Velocidad (pies/s)

5. RESULTADOS

5.1 Aproximación con Hoja AFT Fathom 7.0

• APROXIMACION POR FLUJO

De acuerdo las memorias de cálculo de SPCC presentados a GEF en la ingeniería básica, los niveles y caudales requeridos son como sigue:

Tabla 5.1
Caudal de ácido al mixer

SISTEMA	Q_d	Cota
	m^3/hr	msnm
Ácido	0.115(**)	34568.0 (*)

Fuente: Ingeniera Básica de SPCC

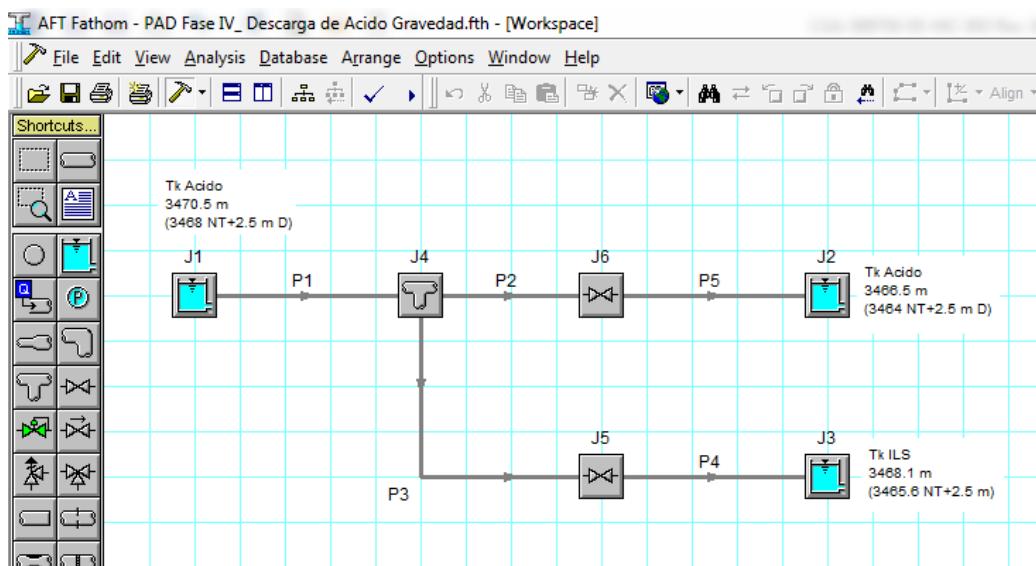
(*): El nivel de ácido corresponde al nuevo diseño de GreEngField SAC, la cual defiere de la indicada por SPCC.

(**): De acuerdo a balances en el criterio de diseño de procesos de GreEngField SAC (ver tabla N° 5.2). Estos valores difieren de lo establecido por SPCC.

Tabla 5.2
Balance de masa en PAD

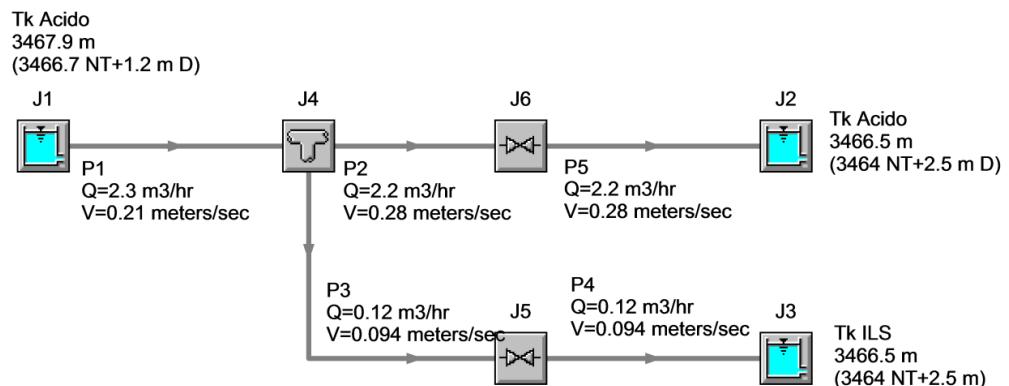
Parámetros		NUMEROS DE FLUJO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AGUA SERVICIO	AGUA LIXIVIAC.	SOLUCION LIXIVIC.	IMPREGNAC. AL MINERAL	EVAPORACION	PLS ENVIADO	ILS	RECIRCULAC. DE ILS	ACIDO SULFUR.	ACIDO SULFUR.	
FLUJO DE DISEÑO	m3/h	5.160	153.340	154.900	8.460	18.250	132.320	41.100	41.200	0.115	1.587
FLUJO NOMINAL	m3/h	4.490	133.340	134.720	6.337	17.912	115.061	35.700	35.800	0.100	1.380
Cu	g/L		0	0			2.96	0 to 3	0 to 3	0	0
Fe TOTAL	g/L		0	0			4	4	4	0	0
H2SO4	g/L (%)		0	17.775			4 to 5	4 to 5	10	98.50%	98.50%
pH			~5	~1.6			~1.7	~1.7	~1.6		
S.G.			1	1.03			1.03	1.03	1.03	1.8	1.8
TEMPERATURA	°C		AMBIENTE	AMBIENTE			AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE	AMBIENTE

Figura 5.1
Modelo de simulación descarga de acido



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

Figura 5.2
Balance másico de descarga de acido



Fuente: Ingeniería GreEngField SAC

6.0 CONCLUSIONES

SISTEMA DE DESCARGA POR GRAVEDAD

Los resultados obtenidos indican un flujo de ácido al tanque diario de 2.2 m³/h, mientras que para el tanque de ILS un flujo de 0.12 m³/h.

Se concluye que tuberías de acero inoxidable Ø 2" sch 5, serán requeridas para mantener la estabilidad de las líneas.

7.0 ANEXOS

ANEXO 01

AFT Fathom 7.0

General

Title: AFT Fathom Model

Analysis run on: 22/05/2014 11:37:03 a.m.

Application version: AFT Fathom Version 7.0 (2008.08.21)

Input File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Descarga de acido por

gravedad\PAD Fase IV_ Descarga de Acido Gravedad.fth

Output File: D:\GreenGField SAC\SPCC\Proyectos Cuajone\L3-X30-001\Simulacion Estado Estable\Descarga de acido por gravedad\PAD Fase IV_ Descarga de Acido Gravedad_1.out

Execution Time= 0.14 seconds

Total Number Of Head/Pressure Iterations= 97

Total Number Of Flow Iterations= 16

Total Number Of Temperature Iterations= 0

Number Of Pipes= 5

Number Of Junctions= 6

Matrix Method= Gaussian Elimination

Pressure/Head Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Rate Tolerance= 0.0001 relative change

Temperature Tolerance= 0.0001 relative change

Flow Relaxation= (Automatic)

Pressure Relaxation= (Automatic)

Constant Fluid Property Model

Fluid Database: Unspecified

Fluid= Unspecified

Density= 1.841 S.G. water

Viscosity= 25 centipoise

Vapor Pressure= 0.001 mm Hg

Viscosity Model= Newtonian

Atmospheric Pressure= 9.61 psia

Gravitational Acceleration= 1 g

Turbulent Flow Above Reynolds Number= 4000

Laminar Flow Below Reynolds Number= 2300

Total Inflow= 10.25 gal/min

Total Outflow= 10.25 gal/min

Maximum Pressure is 16.29 psia at Junction 4 Inlet

Minimum Pressure is 11.98 psia at Junction 6 Outlet

Valve Summary

Jct	Name	Valve Type	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP Stag. (psid)	dH (feet)	P Inlet Static (psia)	Cv	K	Valve State
5	Valve	REGULAR	0.5106	0.1306	0.008773	0.01100	12.03	7.397	7.500	Open
6	Valve	REGULAR	9.7356	2.4908	0.080533	0.10099	12.06	46.548	7.500	Open

Reservoir Summary

Jct	Name	Type	Liq. Height (feet)	Liq. Elevation (feet)	Surface Pressure (psia)	Liquid Volume (feet ³)	Liquid Mass (lbm)	Net Vol. Flow (gal/min)	Net Mass Flow (lbm/sec)
1	Reservoir	Infinite	N/A	11.378	9.610	N/A	N/A	-10.2462	-2.6215
2	Reservoir	Infinite	N/A	11.373	9.610	N/A	N/A	9.7356	2.4908
3	Reservoir	Infinite	N/A	11.373	9.610	N/A	N/A	0.5106	0.1306

Pipe Output Table

AFT Fathom Model

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (psia)	P Static Min (psia)	Elevation Inlet (feet)	Elevation Outlet (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Static Total (psid)	dP Gravity (psid)
1	Pipe	2.3272	0.20928	16.29	12.74	11,374	11,365	-3.545	-3.545	-7.064
2	Pipe	2.2112	0.28372	16.28	12.06	11,365	11,370	4.216	4.216	4.187
3	Pipe	0.1160	0.09364	16.28	12.03	11,365	11,370	4.249	4.249	4.187
4	Pipe	0.1160	0.09364	16.15	12.03	11,370	11,365	-4.125	-4.125	-4.187
5	Pipe	2.2112	0.28372	16.14	11.98	11,370	11,365	-4.157	-4.157	-4.187

Pipe	dH (feet)	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)
1	4.41323	12.74	16.29	12.75	16.29
2	0.03744	16.28	12.06	16.29	12.07
3	0.07776	16.28	12.03	16.28	12.03
4	0.07775	12.03	16.15	12.03	16.15
5	0.03744	11.98	16.14	11.99	16.15

All Junction Table

Jct	Name	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
1	Reservoir	9.610	12.75	9.610	12.75	10.2462	2.6215	0.5000
2	Reservoir	9.610	16.15	9.610	16.15	9.7356	2.4908	0.0000
3	Reservoir	9.610	16.15	9.610	16.15	0.5106	0.1306	0.0000
4	Tee or Wye	16.286	16.29	16.291	16.29	N/A	N/A	See Mult. Losses
5	Valve	12.034	12.03	12.035	12.03	0.5106	0.1306	7.5000
6	Valve	12.064	11.98	12.075	11.99	9.7356	2.4908	7.5000

Junction Loss Table

Jct	Pipe #	Pipe Dir.	Loss Factor (K)
4	P1	In	0.000
	P2	Out	5.406E-04
	P3	Out	6.385

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

CRITERIO DE DISEÑO MECÁNICO

L3X30001-DA-589750-05-DC-001

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	17/03/14	Revisión Interna y Comentarios	CGO	ASA	DCF
B	21/03/14	Aprobación de Cliente	CGO	ASA	DCF
0	24/04/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF
1	30/05/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	3
1.1 Introducción	3
1.2 Alcance	3
1.3 Términos de Diseño	3
1.4 Unidad de Medida	4
1.5 Numeración de Planos	4
2. CODIGOS Y ESTANDARES	4
3. CONDICIONES GENERALES	5
3.1 Ubicación	5
3.2 Condiciones Ambientales	5
3.3 Condiciones de Operación	5
4. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES	6
4.1 Selección y Diseño de Equipos	6
4.2 Arreglo de Equipos	7
4.3 Diagrama de Flujo y P&ID	7
4.4 Planos de Instalaciones	7
4.5 Bombas	7
4.6 Válvulas	8
4.7 Válvulas de Aire y Drenaje	9
4.8 Tuberías	9
4.8.1 Caída de Presión Permisible	10
4.8.2 Criterios de Velocidad	10
4.8.3 Accesorios	10
4.9 Análisis de Transiente	11
4.10 Flexibilidad de la Estación de Bombeo	12
4.11 Transmisiones Mecánicas	12
4.12 Lubricación	13
4.13 Cimentación	13
4.14 Identificación y Simbología de Equipos y Componentes	14

Tablas

Tabla 1.1	Unidades de Medida	4
Tabla 3.1	Condiciones Ambientales	5

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

Los criterios de diseño mecánico para el “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, han sido establecidos sobre la base de los criterios de diseño alcanzados por Southern Perú Copper Corporation (SPCC) para el Pad de Lixiviación Fase III, en Rev 0. de fecha Mayo 2006, así como información obtenida durante las reuniones de inicio del proyecto y datos adicionales tales como la Ley de cobre en el mineral, la recuperación metalúrgica y la concentración de ácido sulfúrico en la soluciones lixiviantes, de la misma manera, se han definido algunos datos del criterio de diseño basándose en el producto de cálculos realizados para este fin.

1.2 Alcance

El presente documento describe los criterios generales que se han tomado en cuenta para cubrir los requerimientos de diseño mecánico que se utilizarán en el desarrollo de los sistemas, la preparación de planos, la elaboración del listado de equipos y materiales y en la elaboración de las especificaciones del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”.

1.3 Términos de Diseño

Valor Nominal:

- Flujo promedio por unidad de tiempo del equipo de operación, valor establecido en diagrama de Flujo de Proceso (PFD).

Valor de Diseño:

- Máximo valor que se considera para el diseño y selección de los equipos mecánicos, aplicando al valor nominal el factor de seguridad.

Factor de Seguridad:

- Factor que se aplica al valor nominal de los equipos mecánicos, para garantizar el servicio.

1.4 Unidad de Medida

Se empleará preferentemente el Sistema Internacional de Unidades (SI), con excepción de diámetros nominales de tuberías y fittings que se designarán en pulgadas.

**Tabla 1.1
Unidades de Medida**

Descripción	Unidad
Tiempo	d
Porcentaje	%
Velocidad	m/s
Volumen	m ³
Área	m ²
Longitud (Metro)	m
Caudal	m ³ /h
Presión	Pa
Presión de vapor	kPa
Temperatura	°C
Viscosidad	cP
Densidad	kg/m ³
Potencia	kW
Potencia al freno	Bhp

1.5 Numeración de Planos

Los tamaños, títulos, numeración etc., de los planos se hará de acuerdo a lo indicado en el Procedimientos de Trabajo 1000-Y0-01 entregado por SPCC.

2. CODIGOS Y ESTANDARES

El diseño del sistema de bombeo deberá estar en conformidad a las prácticas de ingeniería normalmente aceptadas y a los códigos y normas, aplicables en su última revisión, emitido por las siguientes instituciones:

ANSI	American National Standard Institute
ANSI	Code for Pressure Piping, ANSI B31.1 "Power Piping"
ANSI	Code for Pressure Piping, ANSI B31.3. "Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping"
ANSI	Code for Pressure Piping, ANSI B31.4 "Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols"
ANSI	Code for Pressure Piping, ANSI B31.9 "Building Services Piping Code"
API	American Petroleum Institute
API	Standard 610 "Centrifugal Pumps for General Refinery Services"
API	Standard 682 "Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps"
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society

AWWA	American Water Works Association
CISPI	Cast Iron Soil Pipe Institute
MSS	Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
MPTA	Mechanical Power Transmission Association
NACE	National Association of Corrosion Engineers
HI	Hydraulic Institute
HSEC	Health, Safety and Engineering Consultants
NOSA	National Occupational Safety Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PFI	Pipe Fabrication Institute

En caso de discrepancia entre cualquiera de los códigos y normas indicados, regirá la de mayor nivel de exigencia.

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 Ubicación

La zona del Proyecto está ubicada en distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

3.2 Condiciones Ambientales

La zona del Proyecto está ubicada en distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Tabla 3.1
Condiciones Ambientales

Descripción	Valor	Unidades
Altitud sobre el nivel mar	3560	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	26	°C
Temperatura mínima del aire	-2	°C
Velocidad viento promedio	90	Km/h
Humedad relativa	44	%
Precipitación promedio anual	127	mm
Presión Barométrica	9.61	Psig
Nivel Isoceraúnico	15	Días-tormentas/año
Nieve	Nula	N/A
Nivel de polución en el ambiente (Muy pesado)	53.7	mm/kV
Tipo de terreno	Rocoso	
Zona sísmica (Norma técnica E.030) RNE	Zona 3 (Equivalente Zona 4 UBC)	

3.3 Condiciones de Operación

El diseño de las instalaciones y equipos serán los adecuados para operar en forma continua 24 horas por día, durante los 365 días del año (servicio pesado) y con las consideraciones de corrección para trabajo en altura sobre los 3475 msnm

4. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

4.1 Selección y Diseño de Equipos

La selección de los equipos Mecánicos, se basa principalmente en consideraciones del proceso, específicamente en la capacidad de cada equipo para cumplir los objetivos del diseño tanto en cantidad como en calidad. Otras consideraciones complementarias son las siguientes:

- a) Bajos costos de capital y de mantenimiento.
- b) Costos del ciclo de vida considerando costos de capital, de mantenimiento y operativos.
- c) Seguridad.
- d) Alta confiabilidad y facilidad para realizar el mantenimiento.
- e) Obtención inmediata de repuestos, buen servicio post venta.
- f) Estandarización de componentes para minimizar el inventario.
- g) Capacidad de absorción de sobrecargas.
- h) Los proveedores deberán considerar dentro de su cotización, los costos relativos a la capacitación del personal de operación y mantenimiento encargados de los equipos.
- i) Los manuales de operación y mantenimiento estarán en español e inglés con los modismos propios locales.
- j) Para el transporte de solución de refino se utilizará tubería de HDPE.
- k) Para el caso de tuberías enterradas se proveerá el control de derrames para derivarlas a los drenajes a través de canaletas o tuberías según sea aplicable.
- l) Para las tuberías sobre terreno se considera la instalación sobre zanjas cubiertas de una lámina de geomembrana.
- m) Para instalaciones que se encuentren en niveles inferiores con probabilidad de fugas se prevé la instalación de bombas tipo sumidero para evacuación de solución al sistema de drenajes

En general, a menos que se especifique lo contrario, el diseño del equipo será responsabilidad del Vendedor. Si aplican, se incorporarán los siguientes criterios de diseño:

1. El equipo se diseñará usando niveles de capacidad conservativos y velocidades de operación mínimas, para asegurar un alto grado de confiabilidad.
2. Los equipos se diseñarán para facilitar la instalación/montaje y la accesibilidad tanto para operación como para mantenimiento.
3. Los equipos se diseñarán para operar específicamente bajo las condiciones del lugar. Se tendrá muy en cuenta la altura, temperatura, ambiente y corrosividad de la atmósfera en la planta.

4. Todos los motores, deberán ser suministrados por el vendedor íntegramente ensamblados con su equipo principal, de acuerdo con la Norma NEMA a 60 Hz de frecuencia.

4.2 Arreglo de Equipos

En general los arreglos de los equipos, serán definidos principalmente por consideraciones de flujo del proceso. También es de gran importancia la accesibilidad al equipo y a su entorno para operación, mantenimiento y egreso de acuerdo a normas y/o estándares, según sea aplicable. Los siguientes criterios específicos deberán ser incorporados al diseño del arreglo del equipo.

- a) Pasadizos y plataformas se diseñarán para permitir un flujo de tráfico normal de operación y mantenimiento tal, que se pueda pasar con facilidad de un área a la adyacente sin tener que volver por el mismo camino.
- b) Se utilizarán escaleras de preferencia para acceder a plataformas y pisos de diferentes niveles. El uso de escaleras tipo gato, será evitado y estará restringido a plataformas de acceso poco frecuente.
- c) Los equipos serán colocados en pedestales para facilitar mantenimiento y limpieza del entorno.
- d) Para todos los equipos mayores se deberá proveer acceso a grúa-puente.
- e) A todos los otros equipos pesados y sus componentes que no tienen acceso para montacargas, se les deberá dar acceso por monorriel.

4.3 Diagrama de Flujo y P&ID

El diseño de las instalaciones y equipos a utilizar se hará de acuerdo al diagrama de flujo de procesos y a partir de ellos se desarrollará el diagrama P&ID. El diagrama deberá mostrar los equipos, instrumentación, controles y enclavamientos acorde a la filosofía de control, así como la ubicación de válvulas de aislamiento, válvulas de aire y vacío, tuberías y cambio de especificación de materiales.

4.4 Planos de Instalaciones

Para el diseño de instalaciones y dimensionamiento de equipos se desarrollarán planos de arreglo general, que será, el punto de partida para el diseño en la etapa de ingeniería detalle e isométricos; tomando en consideración los criterios de diseño establecidos por estándares aplicables, especificaciones técnicas, buenas prácticas de ingeniería y requerimientos de SPCC.

Una vez obtenido el dimensionamiento de equipos y selección de componentes, se desarrollarán planos de arreglo definitivos de ubicación de instalaciones (lay out), y planos de detalle respetando los espacios requeridos para mantenimiento, operaciones, áreas de tránsito y ubicación de equipos de izaje para las actividades de montaje y desmontaje en la etapa de operación y mantenimiento. Así mismo, se detallarán ubicación de válvulas, válvulas de aire y vacío, drenajes y soportes.

4.5 Bombas

Las bombas serán de tipo centrífuga horizontal y de tipo dosificadora para ácido. Los motores y sistemas de transmisión, serán seleccionados de acuerdo al criterio de flujo máximo y velocidad no mayor a 3560 RPM.

Las características técnicas de la bomba se encuentran definidas en la especificación técnica.

Aquellas bombas que operen con variadores de velocidad, deberán hacerlo en un rango de velocidad especificado por el fabricante del equipo.

Las bombas consideradas para la evacuación de fluido de pozas sumidero, buzones de sub drenajes serán del tipo sumergible o de turbina vertical según sea el requerimiento, fabricadas con materiales acorde al fluido a ser evacuado, ver especificaciones.

El criterio de instalación para las bombas deben considerar lo siguiente:

- Espacio para maniobras con grúa, tanto para la instalación como para el mantenimiento.
- Las bombas deben estar libres de esfuerzos adicionales provenientes de la instalación de las tuberías.

De existir posibilidades de contaminación de los fluidos de drenaje de proceso, agua de sub drenajes con soluciones ácidas, la selección de los materiales de la bomba se hará acorde a la exigencia de estos últimos empleándose aceros inoxidables AISI 316/316L.

La cimentación y montaje de las bombas se hará con las consideraciones del proveedor del equipo, de manera que faciliten las operaciones de alineamiento y montaje.

4.6 Válvulas

Las válvulas a utilizar en el proyecto deberán ser seleccionadas para condiciones de operación de servicio pesadas, sobre una altura de 3560 msnm para un ambiente polvoriento y altamente corrosivo, el diseño debe ser de alto performance.

Las características técnicas de las válvulas se encuentran definidas en la especificación técnica correspondiente.

Las válvulas de diámetros mayores a 4 pulgadas serán seleccionadas con caja reductora para facilidades de operación.

Las válvulas de $\frac{1}{4}$ de vuelta (mariposa, bola, etc.) deberán tener indicador de posición, de tal forma, que la flecha en sentido de la tubería indique válvula abierta, y transversal a la tubería corresponda a válvula cerrada.

Los materiales de las válvulas deberán ser adecuados para el tipo de fluido y servicio. Para las soluciones de refino e ILS el material de las válvulas deberá ser de acero inoxidable, incluido los drenajes de proceso. Las válvulas para agua de proceso y agua doméstica que estén cercanas a ambientes corrosivos también deberán ser seleccionadas para dicha condición.

Las válvulas serán seleccionadas según sea la presión de trabajo, presión de diseño y temperatura de operación. El criterio de instalación para las válvulas debe considerar lo siguiente:

- La altura debe ser accesible para instalación, mantenimiento y operación.

4.7 Válvulas de Aire y Drenaje

Las válvulas de aire y vacío se instalarán en los puntos altos del trazo de tuberías o en aquellos que indique el análisis hidráulico, la instalación será en lo posible en lugares de fácil acceso, la descarga de dichas válvulas serán orientados hacia el piso y de ser posible a colectores de drenajes o zonas cubiertas por geomembrana.

Las características técnicas de las válvulas de aire y vacío se encuentran definidas en la especificación técnica correspondiente.

Se deberá instalar válvulas de aire y vacío y drenajes en los manifold del sistema de impulsión y en cada estación de medición, así mismo se debe utilizar válvulas anticipadoras de onda si el análisis hidráulico en estado transitorio así lo determina.

La descarga del válvulas de aire y vacío a la atmósfera y del drenaje deberá ser visible desde la ubicación de la válvula y se utilizarán válvulas combinadas para válvulas de aire y vacío en las líneas de tubería cuando sea requerido previo análisis de los perfiles del terreno.

El criterio de instalación para las válvulas deben considerar lo siguiente:

- Los drenajes se instalarán cuando se requiera purgar tramos de tuberías.
- En sistemas de tuberías, aquellos válvulas de aire y vacío y drenajes que no sean de operación, es decir, que sean empleados para pruebas hidrostáticas, no requerirán de válvulas. Estas conexiones requerirán un tapón macho metálico (plug) o una brida ciega de material de acuerdo al fluido que transporta la línea de tubería.
- Las válvulas de aire, vacío o de combinación deberán ser precedidas por válvulas de corte que permitan su aislamiento del sistema en los momentos que las primeras requieran mantenimiento.

4.8 Tuberías

Los materiales de tuberías serán seleccionadas según el tipo de fluido a transportar, condiciones de presión y temperatura.

Las características técnicas de las tuberías de Acero al Carbono, Acero Inoxidable y HDPE se encuentran definidas en las especificaciones técnicas respectivamente.

En caso de derivaciones o ramales, la especificación de tubería principal se mantendrá hasta la primera válvula de aislamiento o bloqueo, posterior a ella podrá realizarse el cambio de especificación siempre y en cuando cumpla con los requisitos de presión y temperatura.

Los materiales de tubería para usos de instrumentación serán de acuerdo al tipo de fluido, presión y temperatura.

Para las consideraciones de los soportes, las tuberías deben ser fijadas al terreno de manera que no exista la posibilidad de desplazamiento lateral de las mismas. El diseño de anclaje debe ser el resultado del cálculo de las fuerzas producidas en condición estática y dinámica, como son los transitorios, golpe de ariete, sismo, de tal manera que garantice el sistema en operación.

Para la identificación de las tuberías, se colocará los TAG asignados de acuerdo al estándar de SPCC:

4.8.1 Caída de Presión Permisible

Las tuberías deberán ser dimensionadas de tal forma que las pérdidas de carga por rozamiento no excedan los siguientes valores:

- Para líneas de tuberías de impulsión riego: 5% de la presión de consumo en la longitud total de tubería.
- Para líneas de colección ILS por gravedad: 3% de la longitud de la tubería.

Como factor de seguridad para la determinación de las pérdidas de carga por rozamiento debido a la variación de geometría de la tubería y por los cambios de dirección productos del perfil de terreno no considerados en los análisis de pérdidas por fricción, se añadirá como mínimo 20% en las pérdidas totales estimadas.

4.8.2 Criterios de Velocidad

Como criterio general, las velocidades de fluido permitidas para sistemas de impulsión se encuentran entre el rango de 0,5 m/s hasta 4,0 m/s estableciéndose las siguientes recomendaciones conforme a HI:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Para cabezales de succión y tuberías de succión : • Para cabezales de descarga y tuberías de descarga: • Para sistema de tuberías de sub drenajes: | 0,5 a 1,0 m/s.
1,50 a 2,0 m/s.
1,0 a 4,0 m/s. |
|--|---|

4.8.3 Accesorios

La selección de los materiales de los accesorios se hará según el fluido, presión de trabajo y materiales de tuberías donde serán instalados.

Las características técnicas de los accesorios se encuentran definidas en las especificaciones de las tuberías de Aceros y HDPE, ver las especificaciones técnicas correspondientes.

Las características dimensionales de los accesorios soldables de acero inoxidable AISI 316/316L como; tee, cap, reductores concéntricas, reductores excéntricas y codos, serán según ANSI B16.9.

Los espesores de los accesorios de cédulas 5S, 10S, 20S, 40S y 80S para las dimensiones de 12 pulgadas e inferiores serán acorde a ANSI B36.19; las cédulas 5S y 10S para diámetros iguales o superiores a 14 pulgadas serán acorde a ASTM A409. Los espesores de las cédulas 40S y 80S para los diámetros iguales o superiores a 14 pulgadas serán acorde ANSI B36.10.

Los codos de 45 grados y 90 grados serán del tipo de radio largo (1,5 D como mínimo).

Cuando sea necesario derivar ramales de líneas principales deberán de estar de acuerdo a ASME B31.3 y si se requiere, se utilizarán placas de refuerzo en las derivaciones efectuadas en los manifold de tuberías.

Los accesorios de acero inoxidable AISI 316/316L para derivaciones o ramales serán del tipo soldable weldolets y sockolets.

Las bridas slip on se utilizarán en todos los tramos de tuberías. La utilización de bridas ciegas (blind flanges) queda restringida a los finales de línea de tuberías y a las salidas de válvulas para drenajes y sus características dimensionales estarán acorde a ANSI B16.5.

Donde se requiera accesorios de HDPE como tee's iguales, tee's reductoras se utilizarán los fabricados de 3 segmentos (Fabricated 3 Segment IPS Tee) y donde se requiera codos de 45 y 90 grados serán fabricados como mínimo de tres segmentos (Fabricated 3 Segment IPS Elbow) y donde se requiera uniones bridadas se utilizará adaptadores de bridales (IPS Flanges Adapter) con anillo de respaldo (Back up Ring) según ANSI B16.5.

La unión entre tuberías y entre tuberías y accesorios de HDPE preferente será de manera por termofusión.

4.9 Análisis de Transiente

Para el cálculo de transientes sólo se considerará la condición más crítica que resulte de lo siguiente:

- Arranque y parada de bomba.
- Parada intempestiva del sistema de impulsión.

Se establecen tres zonas diferenciadas en cuanto a material del sistema de impulsión y riego, donde el material será prioritariamente tubería de acero, tubería de acero inoxidable y tubería de HDPE de diámetros y SDR's acorde al existente. La zona de la estación de bombeo será diseñada para la condición más crítica de presión, la zona de mezcla con ácido será diseñada para una presión media, mientras que la zona de riego considerara materiales y SDR's menores de acuerdo a la presión y temperatura. Todo el recorrido de la línea deberá estar diseñada para soportar los transitorios por encima de la presión del transiente positivo

La tubería de distribución para riego hacia el PAD Fase IV estará expuesta en las zonas permisibles y enterradas en los cruces con tuberías existentes o cruces de vía.

El sistema de transporte de agua contará con un canal de colección (ante posibles derrames) durante todo el recorrido desde el Tie-in hasta el PAD Fase IV.

Se prevé la utilización de anclajes de concreto ciclopeo para fijar las tuberías troncales de HDPE a terreno, para evitar deslizamiento sobre pendientes o caídas al interior del PAD Fase IV. Los anclajes serán dispuestos cada 30 metros en tramos largos y rectos. En los tramos curvos los anclajes se dispondrán cada 15 metros.

El riego sobre la pila de lixiviación se hará a través de 10 ramales o módulos y la regulación de flujo sobre la pila de lixiviación se realizará mediante una válvula reguladora de flujo y presión instalada en cada línea secundaria o ramal.

El riego sobre el PAD Fase IV se efectuará por medio de aspersores del tipo Xcel-Wobbler, la presión de diseño para la operación de los aspersores será de 25 psi.

La instalación de tuberías será validada mediante la ejecución de pruebas en campo, como pruebas hidrostáticas que permitirán garantizar la ausencia de fugas en el sistema. En las tuberías de acero inoxidable adicionalmente a las pruebas mencionadas se considera la inspección NDT RT (ensayos no destructivos - pruebas radiográficas).

La limpieza de tuberías de distribución de riego (Flushing) de acuerdo al ASME B31.3 (apéndice F335.9). podrá ser antes o después de la ejecución de las pruebas hidrostáticas, el cual podrá ser ejecutado con solución de refino o agua según lo determine SPCC.

4.10 Flexibilidad de la Estación de Bombeo

El sistema de bombeo deberá ser diseñado de tal forma que permita la flexibilidad ante los efectos térmicos producto del cambio de temperaturas, y efectos dinámicos producto de las cargas cíclicas como; vibración de los equipos, velocidad de fluido, flujo turbulento en el sistema de tuberías, impactos producto del arranque y parada del sistema de impulsión, vientos, sismos, etc. La carga resultante de los efectos dinámicos y estáticos no deberá en ningún caso exceder los esfuerzos permisibles según los criterios establecidos en ASME B31.3.

Deberá preverse el uso adecuado de soportes y anclajes del sistema que permita soportar las cargas transmitidas al soporte como; peso de las tuberías incluidas el peso del fluido, cargas introducidas por presión de servicio, temperatura, vibración, viento, movimientos sísmicos, impactos y esfuerzos de desplazamientos.

Las tuberías de succión y descarga deben de estar sujetadas, respaldadas y restringidas cerca de la bomba para evitar se transmitan fuerzas axiales y movimientos al equipo.

La tubería deberá sujetarse cerca de las bridas de la bomba en la succión y descarga para evitar vibración y tensiones en la tubería. Las abrazaderas de los soportes de tuberías deben de instalarse de tal forma que no requieran el desmontaje en periodos de mantenimiento. Se deberá verificar que la válvula check sea montada después del soporte, para que de darse el caso absorba las fuerzas axiales y desplazamientos provenientes del sistema de tuberías e impactos producto de la presión de fluido ante la parada intempestiva del sistema de impulsión.

Para que el análisis de flexibilidad sea confiable se deberá verificar que el alineamiento de las tuberías y equipos en la etapa de construcción esté dentro de los criterios de aceptación de montaje (establecidos en ASME B31.3) y que las caras de la brida sean paralelas, de lo contrario podrían introducir al sistema esfuerzos de tensión y torsión en la bomba.

4.11 Transmisiones Mecánicas

Para la transmisión de potencia mecánica directa se utilizará acoplamientos de tipo flexible, autoalineantes, para compensar desalineamiento entre ejes.

Los rodamientos de los equipos mecánicos, serán para servicio pesado, autoalineantes, de rodillos esféricos, cónicos ó cilíndricos, seleccionados para una duración mínima de:

- Para Reductores 60,000 horas
- Para Bombas 60,000 horas
- Para Zarandas 80,000 horas

Todos los ejes serán fabricados en acero para ejes SAE-1040 ó equivalente. Los ejes motrices estarán provistos de chaveteros maquinados con precisión para toda conexión que transmita torque.

Todos los ejes tendrán una tolerancia adecuada para montaje de componentes por manguito cónico.

Para permitir el uso de tapas de chumaceras, las puntas de los ejes no deberán extenderse fuera de ésta, excepto para el caso de ejes motrices. La deflexión del eje, por flexión no excederá de 0.00145 radianes en los cubos de la polea.

Todas las fajas, poleas, acoplamientos ó todo elemento rotatorio expuesto, deberán ser protegidos con una guarda metálica.

4.12 Lubricación

La ubicación de los puntos de lubricación, deberán ser de fácil acceso.

Los sistemas hidráulicos serán diseñados conforme a los últimos estándares de NFPA B93 sistemas hidráulicos para equipamientos industriales.

Los accesorios o conexiones serán de fabricación estándar. Se preferirá el uso de aceites de origen mineral, para servicio y condiciones severas de operación.

Los sistemas hidráulicos serán independientes, automáticos incluyendo tanque de recepción, bomba, motor, filtros, válvulas y sistema de refrigeración.

En caso de requerirse, los sistemas hidráulicos deberán estar previstos de un sistema de enfriamiento y/o calentamiento para asegurar una operación continua.

4.13 Cimentación

A. Profundidad mínima

El bloque de anclaje para el cambio de dirección en tuberías enterradas debe de ser colocado por lo menos a 60 cm. bajo la superficie del terreno.

B. Anclajes para accesorios y tuberías

A fin de contrarrestar el empuje que pueda presentarse debido a la presión interna de la tubería deberá diseñarse anclajes de concreto en:

- Cambios de dirección.
- Cambios de diámetro.
- Válvulas.
- Terminales de línea taponadas.
- Curvas verticales.

Las dimensiones y forma de los anclajes se determinarán teniendo en cuenta la presión de la línea, el diámetro del tubo, clase del terreno y tipo de accesorio.

El área o superficie de concreto del anclaje deberá dimensionarse de modo que el esfuerzo o carga unitaria que se trasmite al terreno, no supere la carga de resistencia admisible dada por cada terreno.

La fuerza centrífuga por la velocidad del agua no se considera en el cálculo de las dimensiones del bloque de anclaje por ser pequeña en comparación con las fuerzas de empuje por presión del agua.

La presión de diseño para el dimensionamiento del anclaje es 1.5 veces la presión nominal de operación en el punto de análisis.

4.14 Identificación y Simbología de Equipos y Componentes

La identificación de Equipos y componentes mecánicos deberá darse de acuerdo a los criterios y formatos establecidos por SPCC.

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

CRITERIO DE DISEÑO DE TUBERÍAS

L3X30001-DA-589750-06-DC-001

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	20/03/14	Revisión Interna y Comentarios	CGO	ASA	DCF
B	26/03/14	Aprobación de Cliente	CGO	ASA	DCF
0	24/04/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF
1	30/05/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	3
1.1 Introducción	3
1.2 Alcance	3
1.3 Términos de Diseño	4
1.4 Unidad de Medida	4
1.5 Numeración de Planos	4
2. CONDICIONES GENERALES	4
2.1 Ubicación	4
2.2 Condiciones Ambientales	5
2.3 Condiciones de Sitio	5
3. CODIGOS, ESTANDARES Y REFERENCIAS	5
3.1 Normas y Estándares	5
3.2 Referencias	6
4. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES	6
4.1 Velocidad de Operación	6
4.2 Coeficiente de Rugosidad	7
4.3 Velocidad de Cavitación (Vc)	7
4.4 Diámetro Económico	7
4.5 Diseño de Sistema de Tuberías	9
4.6 Disposición de Tuberías	9
4.7 Flexibilidad de los Sistemas de Transporte, Soportes y Anclajes	11
4.7.1 Tensión en las Tuberías	11
4.7.2 Fuerza sobre los Equipos	11
4.8 Dimensionamiento de Tuberías	12
4.9 Fittings y Conexiones de Ramales	12
4.10 Sistemas de Tuberías	12
4.11 Válvulas	13
4.11.1 Uso de Válvulas	13
4.11.2 Válvulas de Control	14
4.11.3 Válvulas de Control	14
4.12 Bridas Ciegas	14
4.13 Líneas de Estaciones de Servicio	15
4.14 Instalación de Bombas	15
4.15 Servicios	16
4.15.1 Abastecimiento de Agua	16
4.15.2 Abastecimiento de Ácido	16

Tablas

Tabla 1.1	Unidades de Medida	4
Tabla 2.1	Condiciones Ambientales	5
Tabla 3.1	Documentos de Referencia	6
Tabla 3.1	Coeficiente de Rugosidad de Tuberías	7
Tabla 4.1	Espacios Mínimos	10

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

Los criterios de diseño de tuberías para el “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV - CUAJONE”, han sido establecidos sobre la base de los criterios de diseño alcanzados por Southern Perú Copper Corporation (SPCC) para el Pad de Lixiviación Fase III, en Rev. 0 de fecha Mayo 2006, así como información obtenida durante las reuniones de inicio del proyecto y datos adicionales tales como la Ley de cobre en el mineral, la recuperación metalúrgica y la concentración de ácido sulfúrico en la soluciones lixiviantes, de la misma manera, se han definido algunos datos del criterio de diseño basándose en el producto de cálculos realizados para este fin.

1.2 Alcance

El presente documento describe los criterios generales que se han tomado en cuenta para cubrir los requerimientos de diseño de tuberías, que se utilizarán en el desarrollo de los sistemas, la preparación de planos, la elaboración del listado de equipos, materiales y en la elaboración de las especificaciones del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV – CUAJONE”.

El diseño deberá contemplar las características especiales del tipo de fluido a transportar, distinguiéndose los siguientes casos generales:

- Agua Fresca.
- Ácido Sulfúrico
- Soluciones (ILS, PLS).

Los documentos siguientes serán elaborados en base a lo especificado en este criterio:

- Diagramas de Tuberías e Instrumentación.
- Especificación de Tuberías, Válvulas y Fittings.
- Listado de Líneas.

1.3 Términos de Diseño

Valor Nominal:

- Flujo promedio por unidad de tiempo del equipo de operación, valor establecido en diagrama de Flujo de Proceso (PFD).

Valor de Diseño:

- Máximo valor que se considera para el diseño y selección de los equipos mecánicos, aplicando al valor nominal el factor de seguridad.

Factor de Seguridad:

- Factor que se aplica al valor nominal de los equipos mecánicos, para garantizar el servicio.

1.4 Unidad de Medida

Se empleará preferentemente el Sistema Internacional de Unidades (SI), con excepción de diámetros nominales de tuberías y fittings que se designarán en pulgadas.

**Tabla 1.1
Unidades de Medida**

Descripción	Unidad
Tiempo	d
Porcentaje	%
Velocidad	m/s
Volumen	m ³
Área	m ²
Longitud (Metro)	m
Caudal	m ³ /h
Presión	Pa
Presión de vapor	kPa
Temperatura	°C
Viscosidad	cP
Densidad	kg/m ³
Potencia	kW
Potencia al freno	Bhp

1.5 Numeración de Planos

Los tamaños, títulos, numeración etc., de los planos se hará de acuerdo a lo indicado en el Procedimientos de Trabajo 1000-Y0-01 entregado por SPCC.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 Ubicación

La zona del Proyecto está ubicada en distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

2.2 Condiciones Ambientales

La zona del Proyecto está ubicada en distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

**Tabla 2.1
Condiciones Ambientales**

Descripción	Valor	Unidades
Altitud sobre el nivel mar	3560	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	26	°C
Temperatura mínima del aire	-2	°C
Velocidad viento promedio	90	Km/h
Humedad relativa	44	%
Precipitación promedio anual	127	mm
Presión Barométrica	9.61	Psig
Nivel Isoceraúnico	15	Días-tormentas/año
Nieve	Nula	N/A
Nivel de polución en el ambiente (Muy pesado)	53.7	mm/kV
Tipo de terreno	Rocoso	
Zona sísmica (Norma técnica E.030) RNE	Zona 3 (Equivalente Zona 4 UBC)	

2.3 Condiciones de Sitio

Las tuberías deberán ser seleccionadas para las condiciones de sitio dadas en el documento L3X30001-DA-589750-05-CS-001.

3. CODIGOS, ESTANDARES Y REFERENCIAS

3.1 Normas y Estándares

Todos los equipos del sistema de bombeo de agua fresca y ácido sulfúrico deberán ser diseñados, fabricados, probados, instalados y puestos en marcha según conforme a la última edición de los siguientes códigos y estándares donde sea aplicable:

ANSI	American National Standard Institute
ANSI	B1.20.1 Pipe Threads, "General Purpose"
ANSI	B16.5 "Pipe Flanges and Flanged Fittings"
AISI	American Industry Standard Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASME	B31.3 Process Piping
ASME	B31.: Power Piping
ASME	Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII
ASME	Welding Qualifications - Section IX
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASTM	A53 "Standard Specification for Pipe"
ASTM	A105 "Standard Specification for Carbon Steel forgings for Piping Applications"

ASTM	D3350 “Standard Specification for Polyethylene Plastic Pipe and Fittings Materials”
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association
CISPI	Cast Iron Soil Pipe Institute
PPI	Plastic Pipe Institute
NACE	National Association of Corrosion Engineers
HI	Hydraulic Institute
BS	British Standards
MSS	Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
MSS	SP-6:Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings
HSEC	Health, Safety and Engineering Consultants
NOSA	National Occupational Safety Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones

Si existiera algún conflicto entre estos estándares y las especificaciones, es responsabilidad del vendedor, fabricante y contratista obtener un esclarecimiento del Propietario.

Se aceptan otras normas o diseños típicos, siempre y cuando no signifiquen una reducción de calidad, seguridad, operatividad y durabilidad de los elementos suministrados.

3.2 Referencias

Tabla 3.1
Documentos de Referencia

CODIGO	REV.	DESCRIPCION
L3X30001-DA-589750-05-CS-001	0	Condiciones del Sitio
L3X30001-DA-589750-05-DC-001	0	Criterio de Diseño Mecánico
L3X30001-DA-589750-05-ET-001	B	Especificación Técnica de Bombas
L3X30001-DA-589750-05-ET-002	B	Especificación Técnica de Válvulas
L3X30001-DA-589750-06-ET-001	B	Especificación Técnica de Tuberías

4. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

4.1 Velocidad de Operación

Las velocidades en tuberías principales de Agua, Ácido e ILS serán diseñadas como líneas de agua ya que su gravedad específica, está en un valor muy cercano a 1.00, los criterios de diseño en las líneas estarán basados para el ahorro de energía de bombeo en los siguientes puntos:

- a) Velocidad Máxima Óptima.
- b) Velocidad Mínima Óptima.
- c) Diámetro Económico.

- **Velocidad Mínima Óptima (V_{mno})**

La velocidad mínima no deberá ser inferior a 0.5 m/s en ningún caso.

- **Velocidad Máxima Óptima (V_{mox})**

La velocidad máxima no deberá en lo posible ser superior a 3.5 m/s.

4.2 Coeficiente de Rugosidad

Es la resistencia al flujo de agua que presentan las tuberías dependiendo del material y acabado superficial interior de las mismas.

**Tabla 4.1
Coeficiente de Rugosidad de Tuberías**

Material de Tuberías	C	e (mm)
Acero y Acero Inoxidable	120	4.572×10^{-2}
HDPE	150	2.134×10^{-2}

4.3 Velocidad de Cavitación (Vc)

Es la velocidad máxima permitida en una tubería a la descarga de la bomba, principalmente, antes de que el flujo se vaporice producto de la caída de presión por debajo de la Presión de Vapor (Pv).

Para este caso la velocidad máxima en la línea deberá de ser menor que la velocidad de cavitación cuyo valor es igual a 8.62 m/s para el de Cuajone.

4.4 Diámetro Económico

Teóricamente el diámetro de una línea de descarga puede ser cualquiera. Si se adopta un diámetro relativamente grande, resultaran pérdidas de carga pequeñas y en consecuencia, la potencia del sistema de bombeo será reducida. Las bombas serán de menor costo; sin embargo el costo de la tubería de descarga será elevado. Si, al contrario, se establece un diámetro relativamente pequeño, resultaran perdidas elevadas, exigiendo mayor potencia de las maquinas. El costo de las tuberías será bajo y los sistemas de bombas serán costosos consumiendo más energía, para lograr un balance entre ambos conceptos, el diámetro económico deberá de calcularse en base a las siguientes expresiones:

Fórmula de Bresse aplicable a instalaciones de funcionamiento continuo:

$$D = K \cdot Q^{0.5}$$

Donde:

D: Diámetro Económico en mm.

Q: Caudal de Diseño en l/s.

K: Factor de corrección en función de los precios actuales.(K:0.9 - 1.4)

Fórmula de Vibert aplicable a instalaciones de funcionamiento continuo:

$$D = K \cdot \left(\frac{e}{f} \right)^{0.154} \cdot Q^{0.46}$$

Donde:

D: Diámetro Económico en m.

Q: Caudal de Diseño en m³/s.

f: Costo del Material por Kg

e: Costo de la Energía Eléctrica (Kwh)

K: 1.55 para 24 horas y 1.35 para 10 horas de bombeo

Fórmula USA aplicable a instalaciones de funcionamiento continuo:

$$D = 0.9 \cdot Q^{0.45}$$

Donde:

D: Diámetro Económico en m.

Q: Caudal de Diseño en m³/s.

Ecuación de Perry's Chemical Engineers Handbook (Eq.5-90,p.5-32,5th ed.) para funcionamiento continuo:

$$\frac{D^{4.84+\eta}}{1 + 0.794} = \frac{0.000189 Y \cdot K \cdot q^{2.84} \cdot \rho^{0.84} \cdot \mu^{0.16} \cdot \left[(1 + M) \cdot (1 - \phi) + \frac{Z \cdot M}{a' + b'} \right]}{\eta \cdot X \cdot E \cdot (1 + F) \cdot \left[Z + (a + b) \cdot (1 - \phi) \right]}$$

Donde:

n: Exponente de la Ecuación de Costos.

Y: Días de operación de la bomba por año.

K: Costo de la Energía por Kw-h

Φ : Factor de Impuestos

Z: Razón anual fraccionaria del Beneficio

a: Depreciación anual fraccionaria de la línea

b: Mantenimiento anual fraccionario de la línea

a': Depreciación anual fraccionaria del bombeo

b': Mantenimiento anual fraccionaria del bombeo

E: Eficiencia fraccionaria combinada de la bomba y motor

ρ: Densidad del fluido en lb/ft³

μ: Viscosidad del fluido en Centipoises.

M: Razón costo anual de bombeo de la energía

q: Caudal requerido en la línea ft³/s

L_e: Longitud equivalente en ft.

P: Costo de instalación de bomba y motor

F: Factor de Costos entre tuberías y mano de obra.

4.5 Diseño de Sistema de Tuberías

Todas las tuberías y accesorios serán diseñados y/o seleccionados para servicio pesado y trabajo continuo, teniendo en cuenta las condiciones de ubicación del proyecto, además de considerar las marcas de equipos existentes para conseguir una estandarización de los mismos.

Las tuberías, accesorios y otros elementos a suministrarse serán nuevos y de fabricación estándar, que garantice el reemplazo oportuno y adecuado y se tenga el menor costo de mantenimiento.

Para las líneas de acero al carbono y acero inoxidable de diámetros mayores o iguales a 8", correspondientes a las tuberías exteriores de proceso, servicios y sistemas de abastecimiento de agua, se contempla la preparación de planos de diseño para definición de rutas y estimación de cantidades.

4.6 Disposición de Tuberías

Para la disposición de los sistemas de tuberías, se considerarán los siguientes criterios:

- a. El trazado de tuberías deberá ser realizado de manera ordenada y serán agrupadas cuando sea posible. La disposición deberá considerar: un mínimo costo de inversión, facilidad de montaje, holguras y que el mantenimiento se pueda realizar con un mínimo de interferencias.
- b. Todas las tuberías serán preferentemente instaladas sobre el nivel del terreno a menos que condiciones especiales hagan necesario realizar una instalación enterrada.
- c. Para la definición del trazado, se deberá considerar la facilidad de soportes.
- d. Los soportes de tuberías deberán dejar una holgura de 30 cm mínimo entre el borde inferior de la tubería y el terreno y 20 cm mínimo entre el borde lateral de la tubería y muros, para permitir un adecuado pintado, mantenimiento y ajuste de pernos.
- e. Las líneas que transportan ácido u otros productos peligrosos deberán ser ubicadas lo más cerca posible del terreno o piso, para evitar que en caso de alguna filtración, las salpicaduras puedan alcanzar al personal. Las uniones bridadas deberán ubicarse en tramos horizontales, serán la menor cantidad posible y deberán ser protegidas con cubiertas adecuadas.
- f. En general, las entradas para hombre (Man Holes) entre las bombas, equipos y cualquier obstáculo incluyendo las tuberías deberán tener un ancho mínimo de 900 mm.

Para la definición de la disposición de los sistemas de tuberías, además de los espacios laterales o de servicio requeridos, se considerarán los siguientes criterios para los espacios mínimos:

Tabla 4.2
Espacios Mínimos

Item	Descripción	Longitud
Caminos	Cruce sobre caminos principales con Casing	2500 mm
	Espacio libre sobre el borde de un camino a un vértice de tubería, trinchera, soportes o equipo.	1500 mm
Vías de Acceso (mantenimiento)	Espacio libre horizontal para equipo de mantenimiento.	5500 mm
Pasarelas	Espacio libre vertical	2200 mm
	Espacio libre horizontal	800 mm
Plataforma / Soportes tuberías	Ancho mínimo.	900 mm
	Espacio libre mínimo alrededor de cualquier obstrucción.	500 mm
	Espacio libre vertical	2100 mm
Tuberías	Espacio entre una brida y el borde exterior de una tubería adyacente.	25 mm
	Espacio entre cualquier miembro estructural y una tubería.	50 mm
	Espacio entre una brida y aislamiento de tuberías adyacentes.	50 mm

- g. En los cruces de soportes de tuberías se darán elevaciones distintas a las líneas que tienen sentido norte-sur con las que tienen sentido este-oeste, la altura libre entre ambos soportes deberá ser de 0,6 m como mínimo.

Las elevaciones de las tuberías en los soportes, serán mantenidas preferentemente; éstas se modificarán cuando se quiera evitar un sifón (por interferencias con otras líneas), cuando existan líneas de mayor diámetro que requieran un espaciamiento mayor o bien en líneas que requieran pendiente para drenaje o conducción gravitacional.

- h. Las tuberías dispuestas en soportes deberán tener suficiente holgura entre ellas para tener acceso a bridales y mantenimiento. Estas distancias deberán ser aumentadas cuando así lo requieran las circunstancias.
- i. Todos los trazados de tuberías deberán ser realizados bajo las instalaciones de los circuitos y equipos eléctricos.
- j. El espaciamiento y el trazado de tuberías deberá ser realizado con holgura, de modo tal que la expansión de las líneas no haga que se topen con líneas adyacentes, con cables eléctricos o estructuras.
- k. Se deberá dejar suficiente holgura para la instalación de instrumentos. Las coplas con hilo interior se instalarán generalmente a 45° o 90° del eje de las tuberías. Líneas que tengan placas-orificio, deberán ser instaladas preferentemente fuera de los soportes de tuberías.
- l. Los soportes de las tuberías de diámetro 2" y mayores deberá ser preferentemente cada 6 m. Consideraciones especiales, como Análisis Transitorio y de Flexibilidad, deberá efectuarse cuando en un soporte de tuberías se proyecten líneas de 12" diámetro y superiores.

- m. Se deberá proveer un espacio adecuado en los soportes de tuberías para la instalación de líneas de instrumentación y de conductores eléctricos. Este espacio deberá considerar posibles derrames de las tuberías y facilidad para su desmontaje, montaje y mantenimiento.
- n. Todas las válvulas manuales y las válvulas de control que deban ser frecuentemente operadas, los equipos que deban ser observados, ajustados o mantenidos en forma regular durante la operación, deberán ser ubicados convenientemente, con buen acceso desde el terreno, plataforma o escalera con barandas de seguridad. Esto rige también para válvulas de corte rápido en emergencias.
- o. Todas las áreas designadas para mantenimiento y acceso, deberán quedar libres de tuberías.
- p. Los puntos bajos en el trazado de líneas de agua, con riesgo de congelamiento, deberán ser evitados en lo posible. En caso que éstos sean inevitables, se proveerán drenajes automáticos o cintas calefactoras.
- q. Se deberá verificar las presiones en los puntos altos, de modo de evitar la posible cavitación debido a presiones negativas.
- r. La altura máxima al eje de una válvula de operación manual desde el nivel de piso o plataforma deberá estar entre 800 y 1300 mm, en la vertical y a una distancia no mayor a 600 mm desde la posición del individuo, como primera opción. Si lo anterior no es posible se aceptará una segunda opción, entre 460 y 800 mm, manteniendo una distancia de 600 mm desde el individuo; sobre 2000 mm en la vertical se deberán usar mecanismos de accionamiento, tales como cadenas y ruedas dentadas, manivelas, etc. Sin embargo, esto no es requerido para válvulas de uso esporádico.

4.7 Flexibilidad de los Sistemas de Transporte, Soportes y Anclajes

4.7.1 Tensión en las Tuberías

Los sistemas de tuberías deberán ser diseñados de modo tal que permitan su expansión o contracción. Las cargas externas (impactos, vientos, terremotos y vibración), los efectos del peso propio (cargas vivas, pesos muertos y cargas de prueba) y los efectos de dilatación térmica, deberán ser considerados en el diseño, de modo tal, que las tensiones originadas por estas fuerzas combinadas, no excedan las tensiones permitidas por "ANSI Codes for Pressure Piping". Esto deberá ser calculado durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle.

4.7.2 Fuerza sobre los Equipos

Los equipos menos robustos tales como bombas, estanques, etc., deberán ser protegidos de sobrecargas provenientes del sistema de tuberías conectado a ellos. Las fuerzas derivadas de los efectos dinámicos, térmicos y peso propio del sistema de tuberías deberán ser minimizadas mediante la flexibilidad del sistema y con apropiados soportes y anclajes o uniones flexibles.

El diseño y ubicación de los soportes para tuberías serán definidos durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle.

4.8 Dimensionamiento de Tuberías

- a. Todas las tuberías, válvulas y fittings deberán ser calculados, seleccionados y especificados de acuerdo a lo señalado en el "Criterio de Diseño Mecánico" y la "Especificación Técnica de Tuberías".
- b. Las tuberías, válvulas y fittings de diámetros: 5", 4½", 3½", 2½" y menores a ½", no serán usadas en lo posible. Sin embargo, si existen equipos que se suministran en forma regular con los diámetros antes señalados, se harán las conexiones utilizando reducciones adecuadas y tuberías de diámetros aprobados. En caso que la velocidad del fluido sea condición crítica se podrá pasar por alto esta restricción.
- c. La especificación de materiales de la línea principal se aplicará también a la primera válvula de corte después de la válvula de control.

4.9 Fittings y Conexiones de Ramales

- a. Todos los codos soldados de acero y acero inoxidable serán del tipo radio-largo. Los otros tipos serán considerados especiales y, si son usados, serán identificados en los planos.
- b. Cuando las condiciones de flujo lo permitan, bridas-reductoras podrán ser usados en lugar de usar una reducción y una brida de diámetro mayor.
- c. El tamaño, clasificación y tipo de cara de todas las conexiones a las bombas, tanques, etc., deberán ser indicados en los planos generales siempre que éstos sean especiales y distintos a la especificación de la línea.
- d. Todas las conexiones de los ramales deberán estar de acuerdo con la Especificación Técnica de Tuberías.
- e. Las bridas a usar deberán estar de acuerdo con la norma ANSI y se seleccionará su clase dependiendo del servicio, a menos que se indique lo contrario en la Especificación Técnica de Tuberías o se requiera conectar con una brida especial. Se prefieren bridas tipo deslizante (Slip-On) y de juntas traslapadas (Lap-Joint) para fittings de extremos soldados en tuberías Schedule 5, 5S, 10 ó 10S.
- f. La clasificación de los fittings de boquilla soldada (Socket-Weld) deberá estar de acuerdo con la clase de la tubería.
- g. Niples forjados o reducciones para soldar deberán ser usadas en los cambios de diámetros de tuberías. Se deberá evitar el uso de tees reductoras.
- h. Los bridas de acero conectados a equipos de fierro fundido con bridas de cara plana, serán también bridas de cara plana, y se usarán empaquetaduras que cubran la totalidad de las superficies.

4.10 Sistemas de Tuberías

- a. Las líneas de succión de las bombas deberán ser lo más cortas posibles y deberá evitarse el uso de curvas. El uso de válvulas en la succión deberá ser evitado. Se deberá proveer una unión bridada en la succión y descarga de la bomba a objeto de facilitar el mantenimiento.
- b. Cuando se utilice una bomba de respaldo (stand-by), las tuberías que la unen con la bomba en operación deberán ser diseñadas de modo tal que se evite la obstrucción de la línea de aquella bomba que no se encuentre en operación.

- c. Cuando sea requerido, se instalarán venteos en los puntos altos de los trazados de las tuberías y drenajes en los puntos bajos.
- d. Las líneas de los equipos tales como bombas de piso y bombas de filtrado, deberán ser lo más cortas y rectas posibles.
- e. Todas las líneas de agua, ubicadas dentro de los corredores, serán instaladas preferentemente sobre terreno.
- f. Todas las líneas de agua, ubicadas fuera de los corredores, serán instaladas preferentemente enterradas.

4.11 Válvulas

- a. El tipo de válvula a usar deberá ser el indicado en los Diagramas de Tuberías e Instrumentación y en la Especificación Técnica de Tuberías.
- b. No se instalarán válvulas con el vástago bajo la horizontal.
- c. Cuando se utilicen válvulas de corte en líneas principales de servicio, éstas deberán ser instaladas en tramos horizontales y en puntos altos, de modo que la línea pueda drenar en ambas direcciones desde la válvula.
- d. Para flujos continuos y uniformes, se podrá instalar válvulas de retención tipo bisagra en posición horizontal y vertical. Para flujos pulsantes, se deberá usar válvulas de retención de tapón o de bola. Cuando existe la posibilidad de golpe de ariete, se deberá analizar cada caso en forma especial y las indicaciones deberán ir en los planos de diseño.
- e. Válvulas localizadas en líneas cuyo servicio es considerado riesgoso, deberán ser suministradas con candado.

4.11.1 Uso de Válvulas

Se presentan las aplicaciones más frecuentes de los diversos tipos de válvulas. Sin embargo, debe tomarse como guía general y, para casos especiales como, alta pérdida de carga o condiciones muy abrasivas, se requerirán mayores consideraciones. La solución de las válvulas estará de acuerdo con la "Especificación Técnica de Tuberías".

- **Válvula de Compuerta:**

Es usada como válvula de corte en servicios no abrasivos.

- **Válvula de Globo:**

Se usa como válvula de regulación de flujo en servicios no abrasivos.

- **Válvula de Mariposa:**

Se puede usar como válvula de corte en agua en tuberías con un diámetro de 3" y mayores, siempre que exista una válvula de compuerta como válvula de corte principal en el arranque desde la matriz. También se usa como válvula de regulación en condiciones corrosivas y como válvula de drenaje, cuando no se requiere paso total, especificándose los revestimientos adecuados al servicio. El uso de esta válvula en su versión "wafer", debe considerar los requerimientos de desmontaje de las tuberías.

- **Válvula de Bola:**

Se usa como válvula de corte en líneas de agua y aire de diámetro 2" y menores. También puede usarse para regular flujos en líneas de agua, o como válvula de corte rápido en los servicios que lo requieran (reactivos, combustibles, aceites, etc.).

4.11.2 Válvulas de Control

- a. Todas las válvulas de control (flujo o presión) serán convenientemente ubicadas y accesibles desde el terreno o plataformas.
- b. Se deberá dejar holgura entre el punto inferior de la válvula de control y el piso, plataforma o terreno, para permitir el desmontaje del tapón y del vástago de la válvula.
- c. Se deberá instalar un drenaje con válvula en los puntos bajos de los arreglos con válvulas de control, en el lado aguas arriba del cuerpo de dichas válvulas.
- d. Preferentemente se instalarán las válvulas de control en posición horizontal con el vástago y los elementos de control en posición vertical, sobre la horizontal.
- e. Las válvulas de control, operadas por un controlador de nivel de líquido, deberán ser ubicadas en lo posible con vista sobre el indicador de nivel.
- f. Las válvulas de control deberán tener una derivación (by-pass) para dejarlas fuera de servicio con el sistema de operación, siempre que la detención de la línea afecte la producción en forma importante.
- g. Las válvulas de control deberán ser especificadas en conjunto por personal de Instrumentación y de Piping.

4.11.3 Vento y Drenaje

- a. Los Diagramas de Tuberías e Instrumentación deberán mostrar la ubicación de los venteos, drenajes y puntos requeridos durante la operación.
- b. Los drenajes en sistemas que contengan productos tóxicos o peligrosos, serán provistos con dos válvulas en serie o bien con una válvula con brida ciega. Los venteos deberán trazarse y diseñarse de modo que la descarga no implique riesgos ni contaminación.
- c. En sistemas de tuberías, aquellos venteos y drenajes que no sean de operación, no requerirán de válvulas (conexión test hidráulico). Estas conexiones requerirán un tapón metálico o una brida ciega.
- d. En líneas de gran longitud y que no tengan riesgo de congelamiento se deberá instalar válvulas ventosas de doble efecto con el objeto de evitar la formación de bolsones de aire y de permitir la entrada de aire cuando exista la tendencia a la separación de la columna de agua durante las detenciones del servicio. Especial atención se deberá prestar a la selección de la ventosa cuando exista el riesgo de congelamiento.

4.12 Bridas Ciegas

- a. La ubicación de todas las bridas ciegas será indicada en el Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

- b. El espesor de las bridas ciegas deberá corresponder a "ANSI Standard Bridas" y deberá ser determinado de acuerdo a "ANSI B 31.3 Párrafo 304.5.3". El material deberá ser compatible con el servicio de la tubería y con la Especificación Técnica de Materiales para Tuberías.

4.13 Líneas de Estaciones de Servicio

- a. Las estaciones de servicio contarán con líneas de aire y agua según las necesidades de las áreas que ellas sirvan.
- b. El grado de cobertura de cada estación de servicio será establecido en conjunto con el Cliente. En general, las estaciones de servicio se instalarán de tal modo que las áreas cubiertas sean alcanzadas con mangueras de 20 m de largo.
- c. Las conexiones de mangueras de las estaciones de servicio serán proyectadas como se indique en los Diagramas de Tuberías e Instrumentación. Se usarán conexiones 3/4" para aire y 1½" para agua.

4.14 Instalación de Bombas

- a. Las líneas deberán ser diseñadas y dispuestas de tal modo que se provea una holgura adecuada para el desmontaje de bombas y/o motores, sin que sea necesario desmontar tramos de tuberías. También se deberá considerar un buen acceso con un tecle o grúa.
- b. En general deberá considerarse en el diseño, juntas flexibles tanto en la alimentación como en la descarga de la bomba, con el fin de evitar que las cargas de las tuberías sean transmitidas a la carcasa de la bomba.
- c. En el lado de succión de las bombas, las tuberías deberán ser dispuestas de tal modo que la carcasa y el rodet de la bomba puedan ser fácilmente desmontables sin necesidad de desmontar la válvula de corte.
- d. Todas las válvulas en las líneas de descarga y succión de las bombas deberán ser accesibles para la operación manual.
- e. En líneas horizontales de succión, a la entrada de las bombas, las reducciones de diámetros deberán ser excéntricas con una variación gradual en el diámetro. Se usará pared superior plana para líquidos limpios.
- f. Las líneas de succión de las bombas deberán ser dispuestas de modo tal que se minimice el desalineamiento. Las líneas de succión deberán ser lo más cortas y directas posible.
- g. En todas las bombas centrífugas horizontales con carcasa partida deberán estar equipadas con vanteos en la parte superior de la voluta.
- h. Todas las bombas que estén instaladas en zonas o servicios susceptibles de congelamiento o embanque, deberán ser provistas con un drenaje con válvula, en la succión y descarga.
- i. En la disposición general de las bombas, se deberá considerar un buen acceso para su mantenimiento. Cuando esto no sea posible, se instalará algún mecanismo alternativo de manejo.
- j. Las bombas deberán ser montadas sobre una placa base de acero que haga posible su montaje y desmontaje sin dañar la fundación. En casos especiales deberá considerarse chasis para el montaje del conjunto bomba-motor.

4.15 Servicios

4.15.1 Abastecimiento de Agua

El agua será tomada de la represa de agua fresca a un nivel de 3474 msnm, considerando una variación de +/- 1 metro.

El abastecimiento será a través de una tubería de acero al carbono de 10 pulgadas de diámetro, cedula 40 existente; que alimenta a la succión de la bombas Split Case 4x6-11 (existente).

4.15.2 Abastecimiento de Ácido

El acido será tomada del tanque diario de la plataforma ILS, a un nivel de 3464 msnm, considerando una variación de +/- 1 metro.

El abastecimiento será a través de una tubería de acero inoxidable SS316 de 2 pulgadas de diámetro, Sch 5S; que alimenta a la succión de la bombas.

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE BOMBAS

L3X30001-DA-589750-05-TS-001

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	20/03/14	Revisión Interna	CGO	ASA	DCF
B	22/04/14	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
0	20/06/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

INDICE

1.	GENERALIDADES	3
1.1	Introducción	3
1.2	Alcance	3
1.3	Definición de Términos de Diseño	3
2.	CONDICIONES GENERALES	4
2.1	Ubicación	4
2.2	Condiciones Ambientales	4
2.3	Condiciones del Sitio	4
3.	CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS	4
4.	REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN	5
4.1	Condiciones de Operación	5
4.2	Selección	5
4.3	Materiales	7
4.4	Componentes	8
5.	ASEGURAMINETO DE LA CALIDAD	11
5.1	Generalidades	11
5.2	Inspecciones	11
5.3	Pruebas	12
5.4	Embarque y Manipulación	13

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Condiciones ambientales

4

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del Pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

Las especificaciones técnicas para las bombas de agua fresca del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, han sido establecidas sobre la base de los requerimientos de diseño alcanzados por Southern Perú Copper Corporation (SPCC) para el Pad de Lixiviación Fase III, en Rev. 0. de fecha Mayo 2006, y describen el procedimiento a seguir para la procura de los diferentes equipos mecánicos que servirán para implementar el sistema de bombeo de agua fresca de este proyecto.

1.2 Alcance

El presente documento describe los requerimientos generales que deben cubrir en el diseño de los equipos, componentes y accesorios, y puesta en marcha del sistema de riego del PAD Fase IV, y entre los principales equipos se tiene:

- Bombas de agua fresca (1610-PP-104A/105A)
- Bombas de ácido sulfúrico (589750-PP-03/04)
- Bombas de solución acida (ILS) (589750-PP-01/02)

La conformidad con esta especificación no exime al proveedor de la responsabilidad de suministrar apropiadamente el equipo que es diseñado mecánicamente y eléctricamente para una buena condición de operación

1.3 Definición de Términos de Diseño

Valor nominal:

- Flujo promedio por unidad de tiempo del equipo de operación, valor establecido en diagrama de Flujo de Proceso (PFD).

Valor de diseño:

- Máximo valor que se considera para el diseño y selección de los equipos mecánicos, aplicando al valor nominal el factor de seguridad.

Factor de seguridad:

- Factor que se aplica al valor nominal de los equipos mecánicos, para garantizar el servicio.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 Ubicación

La zona del Proyecto está ubicada en el Departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata

2.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el diseño del proyecto se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1
Condiciones Ambientales

CONDICIONES	VALOR	UNIDADES
Altitud sobre el nivel mar	3560	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	26	°C
Temperatura mínima del aire	-2	°C
Velocidad viento máxima promedio	90	Km/h
Humedad relativa	44	%
Presión Atmosférica	66.25	kPa
Precipitación promedio anual	127	mm
Nivel Isoceraúnico	15	Días-tormentas/año
Nieve	Nula	N/A
Nivel de polución en el ambiente (Muy pesado)	53.7	mm/kV
Tipo de terreno	Rocoso	
Zona sísmica (Norma técnica E.030) RNE	Zona 3 (Equivalente Zona 4 UBC)	

2.3 Condiciones del Sitio

Las bombas deberán ser seleccionadas para las condiciones de sitio dadas en el documento L3X30001-DA-589750-05-CS-001.

3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS

Todos los equipos del sistema de bombeo de agua fresca y ácido sulfúrico deberán ser diseñados, fabricados, probados, instalados y puestos en marcha según conforme a la última edición de los siguientes códigos y estándares donde sea aplicable:

AFBMA	Anti-Friction Bearing Manufacturers Association
ANSI	American National Standard Institute
ANSI	B16.5 "Pipe Flanges and Flanged Fittings"
ANSI	B73.1 "Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Service Unified Inch Screw Threads"
AISI	American Industry Standard Institute
API	American Petroleum Institute
API	Standard 610 "Centrifugal Pumps for General Refinery Services"
API	Standard 676 "Positive Displacement Pumps, Rotary Type"

API	Standard 682 "Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps"
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASME	B31.3: Process Piping
ASME	Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association
CISPI	Cast Iron Soil Pipe Institute
MPTA	Mechanical Power Transmission Association
NACE	National Association of Corrosion Engineers
HI	Hydraulic Institute
MSS	Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
HSEC	Health, Safety and Engineering Consultants
NOSA	National Occupational Safety Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration

4. REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN

4.1 Condiciones de Operación

La bomba deberá ser apta para servicio continuo, 24 horas por día y 365 días por año. Deberá ser capaz de trabajar bajo las condiciones y requerimientos especificados en este documento y en la Hoja de Datos, donde se detallan las condiciones particulares de operación de las bombas.

- Las características del fluido se detallan en el ítem 2.2 y las condiciones de sitio en el ítem 2.3.
- Las bombas deberán ser diseñadas para su instalación a la intemperie y para operación en un ambiente polvoriento y altamente corrosivo.
- A menos que se indique lo contrario en la Hoja de Datos aplicable, se deberá considerar que las bombas estarán ubicadas en áreas en donde no se verá afectada la operación normal de los equipos.

4.2 Selección

La bomba deberá tener las características de diseño y dimensiones según los estándares del Fabricante, adecuados para cumplir las labores especificadas y cuyas piezas de repuesto se puedan encontrar fácilmente en el mercado, para lo cual el Proveedor deberá garantizar la disponibilidad normal y total de repuestos:

- a) No están permitidos los pernos fabricados y prisioneros, excepto cuando se requiera el uso de aleaciones especiales. El Proveedor deberá mencionar claramente en su propuesta si los pernos fabricados o prisioneros son necesarios, y garantizar su calidad y entrega.
- b) Los elementos de desgaste deberán ser fácilmente accesibles y reemplazables.
- c) El conjunto motor, bomba, base y acoplamiento, deberá ser montado y armado en fábrica, salvo indicación contraria del Fabricante.

- d) Salvo se indique lo contrario en las normas o códigos especificados, el nivel de ruido de la combinación bomba y reductor no deberá exceder 85 dB a 1 m (3 ft) de distancia horizontal desde la bomba y a 2 m (6 ft) de elevación por encima de la base.
- e) Las bombas deberán ser suministradas con rotación horaria del impulsor mirando desde el extremo motriz de la bomba. Si la rotación es contraria a este requerimiento, el Proveedor será notificado del cambio por SPCC.
- f) Las bombas y los componentes importantes deberán ser provistos con accesorios tales como pernos de argollas, orejas o dispositivos similares para facilitar el izaje y desmontaje.
- g) El equipo deberá ser de manufactura y diseño reciente, para el cual el reemplazo de partes y servicio son fácilmente disponibles.
- h) Se seleccionarán equipos centrífugos cuyo diámetro de rodete, para las condiciones de diseño, no sea mayor del 90% del impulsor máximo aceptable por ese equipo. Para el caso de desplazamiento positivo, favor refiérase a la especificación técnica.
- i) La Hoja de Datos de la bomba deberá establecer la altura dinámica y la presión en la succión, en caso esta sea diferente a la presión atmosférica. El Proveedor es responsable de tomar en cuenta esta información para garantizar el punto de operación.
- j) El NPSHR (Altura Neta Positiva de Succión Requerido) deberá ser menor al NPSHA (Altura Neta Positiva de Succión Disponible), en al menos 1 m para evitar cavitación en la bomba.
- k) El valor de NPSHR será referido bajo la capacidad nominal especificada.
- l) La determinación de las características operacionales de los equipos de bombeo será definida a partir de los flujos de diseño, las elevaciones y el trazado correspondiente. Se determinará el NPSHA, a partir de las condiciones geométricas y atmosféricas en la succión.
- m) Las bombas centrífugas deberán tener la característica de incremento continuo de la cabeza con decremento del caudal desde la capacidad de operación hasta la de caudal cero. La cabeza a caudal cero no excederá del 125% de la cabeza de operación.
- n) La frecuencia natural de la bomba en conjunto deberá estar como mínimo un 25% alejada de la frecuencia natural de operación.
- o) La hoja de datos de la bomba deberá establecer la presión de descarga a la capacidad de régimen. El Proveedor es responsable de tomar en cuenta esta información para garantizar el punto de operación.
- p) El proveedor seleccionará preferiblemente una bomba con el punto de operación en o a la izquierda del punto de mayor eficiencia de la curva de rendimiento de la bomba.

- q) Las bombas deberán tener una capacidad de operación no mayor al 110% de la capacidad en el punto de máxima eficiencia sobre la curva de altura-caudal para el diámetro del impulsor propuesto.
- r) El proveedor seleccionará la bomba tomando en consideración el número índice máximo recomendado de velocidad específica para las condiciones de operación. La Altura de Aspiración o la Altura de Succión deberá ser indicada en la Hoja de Datos de la bomba.
- s) El diseño de la bomba de agua será del tipo carcaza partida con el objetivo de reducir tiempos de inspección y reparación por mantenimiento. Se puede usar bombas ANSI, si la potencia al eje es menor o igual a 50 Hp. Para el caso de las bombas de ácido, se usara “Desplazamiento Positivo”.
- t) El diseño de la bomba deberá permitir el desmontaje y reemplazo del impulsor sin desmontaje de tuberías.
- u) Los esfuerzos de diseño, restricciones de temperatura, y otras características similares para materiales deberán ser consistentes con aquellos requerimientos para materiales similares establecidos en la Sección VIII, División 1 del Código ASME.
- v) No se admitirá equipos usados ni reparados.
- w) Las bombas de ácido serán de desplazamiento positivo.

4.3 Materiales

- a) Los materiales suministrados deberán cumplir con la especificación de la norma ASTM y con lo especificado en la Hoja de Datos. El Proveedor deberá identificar en su propuesta las partes más importantes de acuerdo a la designación del ASTM.
- b) Los materiales de los componentes principales en contacto con el fluidos ácidos, tales como carcasa, impulsor, embolo, eje principal y base deberán ser de acero inoxidable AISI 316.
- c) Lo expresado en el texto anterior no exime de responsabilidad al Proveedor de suministrar la bomba y sus componentes con materiales adecuados a las características del fluido y a las condiciones de operación y del sitio.
- d) Todas las soldaduras deberán ser de penetración completa. Los procedimientos de soldadura estarán calificados según los estándares del Fabricante.
- e) Si no se especifica ningún material para algún ítem o componente, el Proveedor entregará su recomendación sobre algún material, según las siguientes instrucciones:
 - Los materiales deberán ser identificados según la especificación API 676. Si esta designación no es aplicable, el nombre dado por el fabricante puede ser usado junto con la composición química y propiedades físicas.
 - Todos los materiales de fabricación deberán ser como mínimo de acero inoxidable AISI 316, adecuados para trabajar a la temperatura y condiciones ambientales especificadas.

4.4 Componentes

La fabricación de la bomba deberá seguir los lineamientos de la norma ANSI B73.1.

a) Carcasa

- La carcasa deberá tener conexiones bridadas para tubería según ANSI / ASME B16.5. Las bridas deberán ser de cara plana o con resalte; la cara posterior de las bridas deberá ser completamente plana o fresada para tuerca o cabeza de perno.
- La carcasa de la bomba será de fabricación del tipo bridada con características de alineamiento positivo.
- Los agujeros de los pernos en la brida deberán estar a ambos lados de las líneas de centro vertical y horizontal.
- El diseño de la carcasa de la bomba deberá permitir el retiro de los componentes internos para reparación y mantenimiento, sin afectar las conexiones de las tuberías de succión y descarga.

b) Impulsor

- Los impulsores de las bombas Split Case deberán ser del tipo semiabierto, construidos de materiales adecuados a las características del fluido.
- Las bombas con motores de velocidad constante deberán tener diámetro de impulsores tales que se pueda obtener un incremento de al menos un 10% de la cabeza a la capacidad de operación, instalando un impulsor más grande.
- Los impulsores deberán ser estática y dinámicamente balanceados, enchavetados al eje y asegurados con prisionero; también son aceptables los impulsores atornillados al eje contra rotación. La exactitud del balanceo deberá estar de acuerdo a la norma ISO 1940, con grado de calidad de balance G6.3.
- Se deberán tomar precauciones para realizar el ajuste externo del impulsor y permitir restablecer las luces de operación después de desgaste, sin desarmar la bomba.
- Para el caso del embolo, engrane o tornillo sinfín de la bomba de desplazamiento positivo, se deberá asegurar que este debe venir de fábrica completamente armado y lubricado.

c) Ejes y bocinas de ejes

- La deflexión dinámica del eje, bajo condiciones de máxima carga, no excederá de 50 μ m en la cara del sello. La condición de carga máxima está definida como aquella carga impuesta en la operación del impulsor más grande en cualquier punto de su curva de operación, con líquido de gravedad específica mayor o igual a 1,0 ó la gravedad específica de operación, la que fuera más alta a la velocidad de operación.
- Los ejes deberán ser de diámetro suficiente para mantener tolerancias aceptables cuando se transmita el torque máximo.

- El acabado superficial del eje o bocinas a través de cualquier punto de contacto por fricción, no excederá de una rugosidad de 0,8 µm (32 micropulgadas).

d) Sellos de la Bomba

- Los sellos mecánicos de tipo cartucho de carburo de silicio con resortes 316L deberán ser de diseños simples, interiores e hidráulicamente balanceados y adecuados para el servicio que prestarán, a menos que se requiera lo contrario para el servicio; y
- Se deberán usar sellos mecánicos de cabeza rotativa con velocidades de eje de bomba de hasta 25 m/s. Para minimizar los efectos de desbalance, deberán usarse sellos de cabeza estacionaria con velocidades de eje mayores a 25 m/s.

e) Rodamientos

- Los rodamientos anti-fricción deberán estar de acuerdo con los estándares AFBMA. Los rodamientos deberán ser diseñados para un mínimo de vida L-10 de 60 000 horas según ISO 281 (ANSI / ABMA estándar 9) para el servicio especificado.
- Los rodamientos radiales y de empuje deberán estar arreglados para lubricación por aceite para velocidades del eje por encima de 500 RPM, y deberán estar protegidos por sellos, los cuales prevendrán el escape del aceite o el ingreso de polvo o suciedad a la cavidad del rodamiento.
- Todos los rodamientos del eje deberán ser lubricados, por lubricantes recomendados por el Proveedor. El espaciamiento entre rodamientos debe ser tal que la velocidad crítica sea al menos 25% menor o mayor que la velocidad de operación.

f) Aceite Lubricante

- De ser aplicable, la tubería instalada entre la bomba de aceite lubricante y el filtro, y entre este punto y los rodamientos en servicio, deberá ser roscada y sellada con soldadura.
- Las tuberías suministradas para instrumentos, funcionalmente localizadas entre el filtro y los rodamientos en servicio, deberán ser de acero inoxidable hasta la válvula de corte del instrumento. A partir de la válvula de corte se deberá usar tuberías y accesorios acampanados de acero inoxidable, de preferencia.

g) Motor Eléctrico

- Los motores deberán ser dimensionados para la potencia al freno de la bomba en cualquier punto de la curva sin exceder la potencia de operación del motor incluyendo el factor de servicio. Cuando parezca que lo estipulado conducirá a un sobredimensionamiento innecesario del motor, una alternativa deberá ser presentada para la consideración de SCPP.
- Las pérdidas mecánicas deberán ser agregadas a la potencia al freno de la bomba antes de aplicar los factores de operación del sistema motriz;
- La potencia nominal del motor deberá cubrir la potencia al freno de la bomba, incluyendo perdidas mecánicas y factor de servicio para la máxima dimensión del impulsor que pueda albergar la bomba.

- La eficiencia de los motores deberá ser NEMA Premium
- El cerramiento deberá ser del tipo TEFC preparado para trabajar con variador de frecuencia.
- La información del tipo de aislamiento, factor servicio, diseño, RTDS, etc. se encuentra en Especificación Técnica Motores de Media Tensión y Hoja de Datos Motores de Media Tensión.
- Los motores deberán venir recubiertos con pintura antiácida de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

h) Acoplamiento y Guardas

- El proveedor de la bomba deberá suministrar los acoplamientos adecuados para el servicio de la bomba suministrada, se descarta el acoplamiento con elastómeros.
- Los acoplamientos deberán ser holgadamente dimensionados para transmitir el máximo torque que pueda ser desarrollado por el motor o ser requerido por el equipo motriz bajo todo arranque, parada y condición de operación.
- Los acoplamientos deberán ser balanceados dinámicamente cuando sea recomendado por el proveedor del acoplamiento.
- La cara del acoplamiento deberá estar correctamente alineada con la línea de centro del eje para facilitar el alineamiento exacto del acoplamiento durante el montaje en terreno. Ambas mitades del acoplamiento deberán ser apropiadamente identificadas para asegurar el re-ensamblaje del par correcto.
- El acoplamiento deberá ser provisto con una adecuada guarda de acoplamiento conforme a los requerimientos de los estándares ASME / OSHA. La guarda cubrirá completamente las partes rotativas, incluyendo el acoplamiento, pernos de acople, cubos y salientes de las chavetas. La guarda del acoplamiento deberá ser rígida y fácilmente desmontable.
- El acoplamiento entre motor y bomba deberá ser directo. Para aplicaciones específicas con fluidos corrosivos podría considerarse el uso de bombas con acoplamiento magnético.
- Cuando se suministran bombas con acoplamientos de tipo magnético, deberán seguirse las instrucciones del fabricante para la instalación del acoplamiento y bomba.

i) Placa Base

- La bomba debe ser suministrada con una plancha base común y robusta para la bomba y el motor. La base deberá preferiblemente extenderse a la longitud y ancho total de la bomba y motor.
- Los puntos de apoyo de la bomba y motor deberán ser maquinados planos y en el mismo plano. Los puntos de apoyo del motor deberán ser maquinados para tener un espacio disponible mínimo para lainas de 5 mm.
- Gatas de tornillo horizontales (o sustitutos aprobados por el Comprador) deberán ser suministrados para conseguir el alineamiento horizontal en todas las planchas base para motores superiores a 90 kg.

- Las bases deberán tener provisiones para drenaje completo a través de una conexión de drenaje con rosca NPT.
- La placa base deberá tener agujeros para aplicar el grout, con bordes elevados para prevenir la acumulación del líquido sobre el grout, y ventos suficientes para una completa distribución del grout, arreglado para permitir la aplicación del grout con los componentes instalados.
- La placa base deberá tener una adecuada rigidez estructural que permita asegurar y mantener el alineamiento del conjunto motor - bomba para todas las condiciones de operación

5. ASEGURAMINETO DE LA CALIDAD

5.1 Generalidades

- a) SPCC o su representante se reservan el derecho a visitar o permanecer en el taller o instalación del Proveedor para asegurar que el programa establecido sea cumplido y asegurar que el control de la calidad sea mantenido en un nivel aceptable.
- b) Luego de cualquier inspección o prueba, SPCC puede rechazar el equipo o cualquier componente de éste en caso encuentre algún defecto o que no esté en conformidad con las especificaciones. La notificación de estos rechazos se llevará a cabo por escrito y declarará los motivos por los que el equipo es defectuoso o no está en conformidad con las especificaciones. El Proveedor deberá corregir los defectos de inmediato y asegurar que el equipo cumpla con las especificaciones. Después de esto, si SPCC lo requiere, la prueba se repetirá al costo del Proveedor, tantas veces como se requiera para garantizar el rendimiento.
- c) El Proveedor no deberá enviar ningún equipo o ninguna parte del mismo fuera de su local, hasta que SPCC haya dado autorización por escrito liberando los resultados de las pruebas efectuadas en dichas instalaciones, u ordene el embarque sin tales liberaciones.

5.2 Inspecciones

El acabado final de las plataformas deberá ser como mínimo 0.15m debajo de las losas adyacentes. Asimismo la plataforma deberá tener una pendiente para facilitar el drenaje de las lluvias, esta pendiente no será menor a 1%.

- a) Todos los equipos cubiertos por esta especificación estarán sujetos a la inspección y testificación de las pruebas por un representante de SPCC.
- b) Todos los ítems de inspección requeridos por los códigos, normas, y especificaciones deberán ser realizados.
- c) El Proveedor deberá acordar con sus proveedores para el cumplimiento de estos requisitos.
- d) El Supervisor de SPCC verificará, como mínimo, lo siguiente:
 - Metalurgia de los componentes del equipo.
 - Dimensiones.

- Tamaño y ubicación de las conexiones.
 - Información Técnica.
- e) Los materiales y calidad del trabajo del Proveedor estarán sujetos a inspección por SPCC en fábrica y en el campo.
- f) Bajo pedido, el Proveedor deberá entregar a SPCC copias del Plan de Control de Calidad e Inspección.
- g) El Proveedor deberá mantener disponible para la revisión de SPCC o su representante, lo siguiente:
- Certificación necesaria de materiales tales como los reportes de prueba en fábrica.
 - Especificaciones de compra de Listas de Materiales.

Información de pruebas hidrostáticas y de operación para verificar que se están cumpliendo los requisitos de las especificaciones

5.3 Pruebas

- a) El Proveedor deberá avisar a SPCC por escrito como mínimo con 4 semanas de anticipación previo a cualquier prueba presencial planificada en su taller o fábrica. Cada aviso deberá describir la naturaleza exacta de las pruebas a ser realizadas.
- b) Los instrumentos y controles se deberán verificar por continuidad y operación en la fábrica.
- c) Despues del ensamble en campo, todos los dispositivos de seguridad y control deberán ser aprobados para cumplir con esta especificación y con los códigos y regulaciones locales.
- d) Todos los componentes de la carcasa a presión deberán ser sometidos a pruebas hidrostáticas con líquido con un mínimo de 1.5 veces la máxima presión de operación. La prueba hidrostática será considerada satisfactoria cuando no se observe fugas ni filtraciones a través de la carcasa o juntas en un tiempo de 30 minutos como mínimo.
- e) Las pruebas de NPSH deberán ser realizadas si el NPSHA menos el NPSHR es inferior a 1 m a capacidad nominal. Los datos de NPSHR deberán ser medidos tanto a caudal mínimo, caudal nominal y mejor eficiencia. En la capacidad nominal de la bomba, el NPSHA deberá ser mayor al NPSHR por 1 m a menos que se apruebe lo contrario.
- f) El agua utilizada para probar bombas de acero inoxidable, incluido el revestimiento de acero inoxidable o recubrimiento no deberá contener más de 50 ppm de cloruros, a fin de evitar agrietamiento por tensión.
- g) Las bombas deberán probarse de acuerdo con los requerimientos de la norma "Hydraulic Institute Standards" (HIS) y "American National Standards Institute".
- h) Las pruebas adicionales en campo requeridas para verificar las garantías de rendimiento y el costo de todas las pruebas de rendimiento en campo, incluyendo la primera prueba, serán al costo del Proveedor. En caso las pruebas revelen deficiencias o desviaciones en el equipo respecto al rendimiento

garantizado, el Proveedor será completamente responsable de cualquier modificación, reparación, o ajustes necesarios para lograr el rendimiento garantizado del equipo.

5.4 Embarque y Manipulación

- a) Todos los equipos deberán ser ensamblados en fábrica con las dimensiones verificadas y las partes móviles probadas antes de la preparación para el transporte.
- b) El Proveedor deberá ser responsable del embalaje para el transporte de los equipos al lugar de destino.
- c) Previo al transporte, el embalaje temporal utilizado en las pruebas deberá ser removido y todas las partes internas deberán ser revestidas con algún compuesto que proteja al equipo contra el polvo y sustancias extrañas. Las aberturas de las bridas deberán ser tapadas con cubiertas de madera, de un grosor mínimo de 12 mm y aseguradas con al menos 4 pernos galvanizados.
- d) Deberán tomarse las adecuadas precauciones con el fin de minimizar la posibilidad de daño en tránsito. Todas las partes rotatorias deberán ser inmovilizadas con el objeto de aliviar presión sobre los rodamientos, los avisos de precaución deberán ser claramente exhibidos para tal efecto.
- e) Los ítems a ser transportados deberán estar claramente identificados con su correspondiente código, nombre, número y orden de compra. Estas marcas de identificación deberán ser resistentes a la corrosión del ambiente y deberán estar incluidas en todas las facturas, listas de empaque y listado de transporte.
- f) Las superficies maquinadas deberán estar adecuadamente protegidas contra la corrosión y daño mecánico. Las partes sueltas deberán ser adecuadamente fijadas a su embarque junto con las bombas.
- g) El fabricante debe considerar el embalaje para transporte vía marítima, incluyendo la protección de todos los elementos sueltos y boquillas de conexión, además de todas las marcas de identificación. El embalaje para el transporte debe estar de acuerdo con las normas dispuestas por el Servicio de Aduanas de Perú para este propósito.

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DEL PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE VÁLVULAS

L3X30001-DA-589750-05-TS-002

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	20/03/14	Revisión Interna	CGO	ASA	DCF
B	22/04/14	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
0	20/06/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

TABALA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	3
1.1	Introducción	3
1.2	Alcance	3
1.3	Definición de Términos de Diseño	4
2.	CONDICIONES GENERALES	4
2.1	Ubicación	4
2.2	Condiciones Ambientales	4
2.3	Condiciones del Sitio	5
3.	CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS	5
4.	REQUERIMINETOS DE OPERACION	6
4.1	Condiciones de Operación	6
4.2	Selección	6
4.3	Materiales	7
4.4	Codificación	7
5.	ESPECIFICACIONES DE VÁLVULA	8
5.1	Válvula de Bola	8
5.2	Válvula Mariposa	9
5.3	Válvula Retención (Check)	10
5.4	Válvula Aire y Vacío	11
6.	INSTALACIÓN DE VALVULAS	12
6.1	Generalidades	13
6.2	Trabajos de Instalación	13
6.3	Protección y Limpieza	14
7.	ASEGURAMINETO DE LA CALIDAD	14
7.1	Generalidades	14
7.2	Inspecciones	14
7.3	Pruebas	15
7.4	Embarque y Manipulación	16

Listas de Tablas

Tabla 2.1 Condiciones ambientales

4

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del Pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

Las especificaciones técnicas para las válvulas del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, han sido establecidas sobre la base de los requerimientos de diseño alcanzados por Southern Perú Copper Corporation (SPCC) para el Pad de Lixiviación Fase III, en Rev. 0. de fecha Mayo 2006, y describen el procedimiento a seguir para la procura de los diferentes válvulas o instrumentos que servirán para implementar el sistema de Bombeo de Agua Fresca, ILS de este proyecto.

1.2 Alcance

El presente documento describe los requerimientos generales que deben cubrir las válvulas a utilizarse en el sistema de tuberías del sistema de riego del PAD Fase IV, y Las válvulas que se detallan en esta especificación técnica se instalarán en los siguientes sistemas:

- Sistema de bombeo de agua fresca.
- Sistema de bombeo de ILS
- Sistema de bombeo de ácido sulfúrico.

El alcance de esta especificación técnica también es para el personal del Contratista y del Propietario involucrado en las labores de instalación de válvulas, labores de supervisión. Este trabajo incluye, pero no se limita a:

- a) Recepción de válvulas las cuales deberán estar de acuerdo a las órdenes de compras, además de realizar una inspección de posibles daños que puedan ocurrir durante el transporte.
- b) Instalación de las válvulas incluyendo el suministro e instalación de los accesorios y materiales consumibles requeridos para el montaje e instalación de las mismas en condiciones apropiadas para una buena operación.

El cumplimiento de estas especificaciones no exime al vendedor o fabricante de la responsabilidad de suministrar las válvulas con un diseño y construcción adecuado y totalmente apropiada para la condición de operación indicada en esta especificación.

1.3 Definición de Términos de Diseño

Valor nominal:

- Flujo promedio por unidad de tiempo del equipo de operación.

Valor de diseño:

- Flujo que representa el máximo valor que se considera para el diseño y selección de los equipos mecánicos, aplicando al valor nominal el factor de servicio.

Factor de seguridad:

- Factor que se aplica al valor nominal de los equipos mecánicos, para garantizar el servicio.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 Ubicación

La zona del Proyecto está ubicada en el Departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata

2.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el diseño del proyecto se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1
Condiciones Ambientales

Condiciones	Valor	Unidades
Altitud sobre el nivel mar	3560	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	26	°C
Temperatura mínima del aire	-2	°C
Velocidad viento máxima promedio	90	Km/h
Humedad relativa	44	%
Presión Atmosférica	66.00	kPa
Precipitación promedio anual	127	mm
Nivel Isoceraúnico	15	Días-tormentas/año
Nieve	Nula	N/A
Nivel de polución en el ambiente (Muy pesado)	53.7	mm/kV
Tipo de terreno	Rocoso	
Zona sísmica (Norma técnica E.030) RNE	Zona 3 (Equivalente Zona 4 UBC)	

2.3 Condiciones del Sitio

Las bombas deberán ser seleccionadas para las condiciones de sitio dadas en el documento CGA-589750-CS-05-001.

3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS

Todos los equipos del sistema de bombeo de agua fresca y ácido sulfúrico deberán ser diseñados, fabricados, probados, instalados y puestos en marcha según conforme a la última edición de los siguientes códigos y estándares donde sea aplicable:

ANSI	American National Standard Institute
ANSI	B16.5 "Pipe Flanges and Flanged Fittings"
AISI	American Industry Standard Institute
API	American Petroleum Institute
API	Standar 595 "Cast Iron Gate Valves with Flanged Ends"
API	Standar 598 Standar 595 "Valve Inspection and Test"
API	Standar 600 "Steel Gate Valves, Flanges and Butt Welding Ends"
API	Standar 604 "Ductile Iron Gate Valves, Flanged Ends"
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASME	B31.3: Process Piping
ASME	B31.1: Power Piping
ASME	Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII
ASME	Welding Qualifications - Section IX
ASME	B16.1: Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings
ASME	B16.10: Face-to-Face and End-to-End Dimensions for Ferrous Valves
ASME	B16.34: Valves - Flanged, Threaded and Welding End
ASTM	American Society for Testing and Materials
MSS	Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
MSS	SP-6:Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings
MSS	SP-25:Standard Marking System for Valves, Fittings, Flanges, and Unions
MSS	SP-42:Class 150 Corrosion Resistant Gate, Globe, Angle and Check Valves with Flanged and Butt Weld Ends
MSS	SP-61:Pressure Testing of Steel Valves
MSS	SP-88:Diaphragm Type Valves
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association
CISPI	Cast Iron Soil Pipe Institute
MPTA	Mechanical Power Transmission Association
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NACE	MR-01-75 Sulfide Stress Corrosion Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield Service
HI	Hydraulic Institute
BS	British Standards
MSS	Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
HSEC	Health, Safety and Engineering Consultants
NOSA	National Occupational Safety Association
UL	Underwriters Laboratories

FM Factory Mutual
OSHA Occupational Safety and Health Administration

Si existiera algún conflicto entre estos estándares y las especificaciones, es responsabilidad del vendedor, fabricante y contratista obtener un esclarecimiento del Propietario.

Se aceptan otras normas o diseños típicos, siempre y cuando no signifiquen una reducción de calidad, seguridad, operatividad y durabilidad de los elementos suministrados.

4. REQUERIMINETOS DE OPERACION

4.1 Condiciones de Operación

Las válvulas deberán ser aptas para servicio continuo, 24 horas por día y 365 días por año, expuesto a la contaminación y partículas en suspensión. Deberá ser capaz de trabajar bajo las condiciones y requerimientos especificados en este documento y en la Hoja de Datos, donde se detallan las condiciones particulares de operación.

- Las características del fluido se detallan en el ítem 2.2 y las condiciones de sitio en el ítem 2.3.
- Todas las válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo con los respectivos códigos y/o estándares indicados en esta especificación y deberán ser identificados apropiadamente con el código y/o estándar.
- A menos que se indique lo contrario en la Hoja de Datos aplicable, se deberá considerar que las válvulas, estarán ubicadas en áreas en donde no se verá afectada la operación normal de los equipos.

4.2 Selección

Las válvulas o instrumentos deberán tener las características de diseño y dimensiones según los estándares del Fabricante, adecuados para cumplir las labores especificadas y cuyas piezas de repuesto se puedan encontrar fácilmente en el mercado, para lo cual el Proveedor deberá garantizar la disponibilidad normal y total de repuestos entre otros requisitos:

- a) Las marcas y modelos para las válvulas, son dados solamente con propósitos descriptivos. Ítems equivalentes o mejores pueden ser empleados, sujetos a revisión y aprobación de SPCC.
- b) Todas las partes de las válvulas que estén sujetas a desgaste deberán ser reemplazables o renovables.
- c) Las válvulas deberán ser usadas solamente dentro de su rango de presión y temperatura admisible.
- d) La marca y el rango de presión deberán ser indicados en el cuerpo de la válvula. Donde sea necesario, será indicada la dirección de flujo.
- e) El Proveedor deberá entregar los manuales de instalación, operación y mantenimiento, planos de despiece de las válvulas, lista de partes.

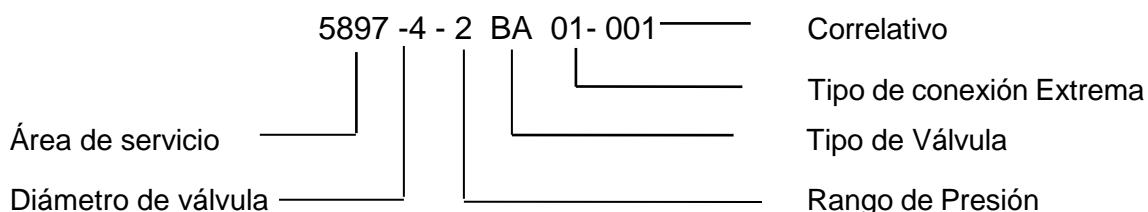
- f) El Proveedor deberá entregar los certificados de materiales o reporte de pruebas (Dossier de Calidad).
- g) No se admitirá válvulas o instrumentos usados ni reparados.

4.3 Materiales

- a) Las conexiones bridadas o las válvulas para instalación entre bridas estarán de acuerdo a ASME B16.5 para diámetros hasta 24".
- b) Todas conexiones roscadas de válvulas estarán de acuerdo a la norma ASME B1.20.1 Pipe Threads.
- c) El cuerpo principal de la válvula, asientos, sellos y/o empaquetado deberán estar bajo las normas y estándares referenciadas en esta especificación, salvo indicación contraria en la descripción de compra.
- d) Lo expresado en el texto anterior no exime de responsabilidad al Proveedor de suministrar las válvulas y sus componentes con materiales adecuados a las características del fluido y a las condiciones de operación y del sitio.
- e) Si no se especifica ningún material para algún ítem o componente, el Proveedor entregará su recomendación sobre algún material, según las siguientes instrucciones:
 - Los materiales deberán ser identificados de acuerdo a la hoja de datos.
 - Todos los materiales de fabricación deberán ser adecuados para trabajar a la temperatura y condiciones ambientales especificadas.

4.4 Codificación

Las válvulas están identificadas por un número de marca que se obtiene de la siguiente manera:



Tipo de Válvula	Rango de Presión
BU: Mariposa	1: Clase 150
GA: Compuerta	2: Clase 300
GL: Globo	
KN: Cuchilla	
CH: Retención o Check	
BA: Bola	

Tipo de Conexión Externa	
01-20	Roscada
41-60	Bridado
61-80	Victaulic
81-99	Socket

5. ESPECIFICACIONES DE VÁLVULA

5.1 Válvula de Bola

Válvula de Bola SW

Tipo:	Paso completo (Full Bore), Flotante, cuerpo de dos piezas roscado, de operación manual con dispositivo de bloqueo en dos posiciones.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Socket Weld según ASME B16.11, con niples soldados de fábrica a los extremos (extended pipes). Niples PE sin costura de 100 mm ASTM A312 TP 316L.
Dimensiones:	De Ø1/2" a Ø1 ½" de diámetro
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316). Bola: Acero inoxidable 316 Vástago: Acero inoxidable 316.B Asiento: RTFE. Empaques: PTFE. Manubrio: Acero Inoxidable 316
Servicio:	FW (Agua Fresca) / ILS-PLS / SA (Ácido Sulfúrico)

Válvula de Bola Roscada

Tipo:	Paso completo (Full Bore), Flotante, cuerpo de dos piezas roscado, de operación manual con dispositivo de bloqueo en dos posiciones.
Presión de diseño / Rating:	Clase 1000 WOG según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Roscada NPT-F según ASME B1.20.1.
Dimensiones:	De Ø1/2" a Ø1 ½" de diámetro.
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316). Bola: Acero inoxidable 316 Vástago: Acero inoxidable 316.B Asiento: RTFE. Empaques: PTFE. Manubrio: Acero Inoxidable 316
Servicio:	FW (Agua Fresca) / ILS-PLS / SA (Ácido Sulfúrico)

Válvula de Bola Bridada

Tipo:	Paso completo (Full Bore), Flotante, cuerpo de dos piezas, de operación manual con dispositivo de bloqueo en dos posiciones.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Bridada RF Clase 150 según ASME B16.5.
Dimensiones:	De Ø1" a Ø3" de diámetro.
Dimensión entre caras	Según ASME B16.10
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316). Bola: Acero inoxidable 316 Vástago: Acero inoxidable 316.B Asiento: RTFE. Empaques: PTFE. Manubrio: Acero Inoxidable 316
Servicio:	ILS-PLS / SA (Ácido Sulfúrico)

5.2 Válvula Mariposa

Válvula Mariposa 150

Tipo:	Tipo Lug, high performance, disco de doble excentricidad, apertura completa, asientos renovables, con indicador de posición.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Para instalar entre bridadas RF Clase 150 según ASME B16.5.
Dimensiones:	De Ø3" a Ø10" de diámetro.
Dimensión entre caras	Según API 609
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316 / Hierro Fundido). Disco: Acero inoxidable 316 Vástago: Acero inoxidable 416.B Asiento: EDPM / RTFE. Empaques: PTFE. Manubrio: Por fabricante
Servicio:	ILS-PLS / SA (Ácido Sulfúrico) / R (Solución Acida)
Nota:	Operación con caja reductora a partir de 4"Ø.

Válvula Mariposa 300

Tipo:	Tipo Lug, high performance, disco de doble excentricidad, apertura completa, asientos renovables, con indicador de posición.
Presión de diseño / Rating:	Clase 300 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Para instalar entre bridas RF Clase 300 según ASME B16.5.
Dimensiones:	De Ø4" a Ø8" de diámetro.
Dimensión entre caras	Según API 609
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316 / Hierro Fundido). Bola: Acero inoxidable 316 Vástago: Acero inoxidable 316.B Asiento: RTFE. Empaques: PTFE. Manubrio: Por fabricante
Servicio:	FW (Agua Fresca)
Nota:	Operación con caja reductora a partir de 4"Ø.

5.3 Válvula Retención (Check)

Válvula Check 150

Tipo:	Tipo Lug, doble placa, con resorte, minimiza efecto de Golpe de Ariete.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Para instalar entre bridas RF Clase 150 según ASME B16.5.
Dimensiones:	De Ø4" a Ø8" de diámetro.
Dimensión entre caras	Según API 594
Materiales:	Cuerpo: ASTM A 351 CF8M (Acero Inoxidable 316 / Hierro Fundido). Placas: Acero inoxidable 316 Resorte: Inconel-X Pines: Acero inoxidable 316. Internos: Acero inoxidable 316. Asiento: Integrado Metálico
Servicio:	ILS-PLS / SA (Ácido Sulfúrico)

Válvula Check 300

Tipo:	Tipo Lug, doble placa, con resorte, minimiza efecto de Golpe de Ariete.
Presión de diseño / Rating:	Clase 300 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 100°C
Conexiones:	Para instalar entre bridas RF Clase 300 según ASME B16.5.
Dimensiones:	De Ø4" a Ø36" de diámetro.
Dimensión entre caras	Según API 594
Materiales:	Cuerpo: Hierro Fundido. Placas: Acero inoxidable 316 Resorte: Inconel-X Pines: Acero inoxidable 316. Internos: Acero inoxidable 316. Asiento: Integrado Metálico
Servicio:	FW (Agua Fresca)

5.4 Válvula Aire y Vacío

Válvula Combinada 150

Tipo:	Válvula combinada de Aire y Vacío con codo de descarga, automática en operación.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 38°C
Conexiones:	Roscada NPT-F según ASME B1.20.1
Dimensiones:	De Ø1-1/2" a Ø2" de diámetro.
Materiales:	Cuerpo: Acero inoxidable 316. Tapa: Acero inoxidable 316. Flotador: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316. Sello: Vitón o Buna-N. Internos: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316.
Servicio:	FW (Agua Fresca) / ILS / R (Solución Ácida)

Válvula Aire 150

Tipo:	Válvula de alivio de Aire con codo de descarga, automática en operación.
Presión de diseño / Rating:	Clase 150 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 38°C
Conexiones:	Roscada NPT-F según ASME B1.20.1.
Dimensiones:	De Ø1-1/2" a Ø2" de diámetro.
Materiales:	Cuerpo: Acero inoxidable 316. Tapa: Acero inoxidable 316. Flotador: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316. Sello: Vitón o Buna-N. Internos: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316.
Servicio:	FW (Agua Fresca) / ILS / R (Solución Ácida)

Válvula Aire 300

Tipo:	Válvula de alivio de Aire con codo de descarga automática en operación.
Presión de diseño / Rating:	Clase 300 según ASME B16.34.
Rango de temperatura:	0°C a 38°C
Conexiones:	Roscada NPT-F según ASME B1.20.1.
Dimensiones:	De Ø1-1/2" a Ø2" de diámetro.
Materiales:	Cuerpo: Hierro Fundido. Tapa: Hierro Fundido. Flotador: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316. Sello: Vitón o Buna-N. Internos: HDPE / Opcional: Acero inoxidable 316.
Servicio:	FW (Agua Fresca)

6. INSTALACIÓN DE VALVULAS

Las siguientes secciones indican los requerimientos mínimos para la instalación de válvulas. No es objetivo de estas secciones proporcionar instrucciones de instalación o procedimientos constructivos de las válvulas especificadas.

La Instalación incluye, pero no está limitado, a todos los trabajos de suministro, recepción y almacenamiento de válvulas, montaje, conexión, y puesta en operación de las válvulas comprendidas en el proyecto.

6.1 Generalidades

El contratista instalará todas las válvulas que se indiquen en las especificaciones técnicas y planos del proyecto. Queda entendido, sin embargo, que será responsabilidad del Contratista efectuar todas las operaciones, trabajos y suministros que sean necesarios para completar totalmente las instalaciones a su cargo, aun cuando algunas de tales operaciones, trabajos o suministros no hayan sido descritos ni enumerados en forma específica en los documentos arriba indicados.

Si la ubicación de las válvulas no estuviese completamente detallada o especificada en los planos del acápite 4, serán determinadas en terreno de acuerdo con los requisitos de los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID's) o según se convenga con el Propietario.

La caja reductora deberá ser diseñada para estar empernada en el cuerpo de la válvula mariposa y deberá ser de montaje en campo. Para válvulas mariposa clase 150 y 300, mayores a 4" de diámetro deberán ser incluidas en forma obligatoria.

En general, para aminorar posibles daños a las válvulas debido al manipuleo, el Contratista deberá moverlo lo menos posible, protegiendo los elementos y componentes antes y después de la instalación.

6.2 Trabajos de Instalación

Se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- A. Antes de la instalación, los componentes de las válvulas deberán ser inspeccionados y limpiados a fin de que estén libres de agua, suciedad e inhibidores.
- B. La instalación de las válvulas con tuberías y accesorios deberá ser cuidadosamente controlado y chequeado a fin de asegurarse que no se presenten esfuerzos. El alineamiento de la brida y/o la tubería, la orientación de los agujeros de los pernos y los niveles de las líneas de centro deberán estar de manera que las válvulas puedan instalarse "suavemente" en su lugar.
- C. Las válvulas no deberán cubrirse antes de la inspección y aprobación del propietario.
- D. Todos los casos de interferencia significativa de válvulas con equipos o miembros estructurales deberán ser notificados al propietario para la solución respectiva.
- E. Los manubrios y las palancas de las válvulas deberán estar orientadas a fin de tener una operación adecuada. Donde sea necesario se usarán operadores de cadena en las válvulas elevadas para facilitar la operación desde el nivel de piso.
- F. Las válvulas no deberán instalarse con los vástagos por debajo de la línea horizontal o con el vástago proyectándose hacia las vías de tránsito.
- G. Se deberán fijar a las válvulas etiquetas numeradas tal como se indica en los planos. Dicha numeración deberá estar conforme a la Especificación de Válvulas.

- H. La dirección de la descarga de los drenajes deberá ser aprobada por el propietario.
- I. Se deberán colocar drenajes en los lugares señalados en los planos de disposición general de tuberías y de detalles y/o según sean necesarios para las pruebas hidrostáticas. Estarán ubicados en los puntos bajos los sistemas de drenajes y en los puntos altos los de venteo.

6.3 Protección y Limpieza

- A. Todas las válvulas, deberán ser tratadas a fin de eliminar todas las escamas u otros elementos extraños. El contratista será responsable de chequear que estas hayan sido satisfactoriamente eliminadas antes de la instalación.
- B. Todas las bombas, Válvulas y accesorios u otros equipos, o donde se requiera, deberán ser cubiertos inmediatamente después de las operaciones de limpieza.

7. ASEGURAMINETO DE LA CALIDAD

7.1 Generalidades

- a) SPCC o su representante se reservan el derecho a visitar o permanecer en el taller o instalación del Proveedor para asegurar que el programa establecido sea cumplido y asegurar que el control de la calidad sea mantenido en un nivel aceptable.
- b) Luego de cualquier inspección o prueba, SPCC puede rechazar el equipo o cualquier componente de éste en caso encuentre algún defecto o que no esté en conformidad con las especificaciones. La notificación de estos rechazos se llevará a cabo por escrito y declarará los motivos por los que el equipo es defectuoso o no está en conformidad con las especificaciones. El Proveedor deberá corregir los defectos de inmediato y asegurar que el equipo cumpla con las especificaciones. Después de esto, si SPCC lo requiere, la prueba se repetirá al costo del Proveedor, tantas veces como se requiera para garantizar el rendimiento.
- c) El Proveedor no deberá enviar ningún equipo o ninguna parte del mismo fuera de su local, hasta que SPCC haya dado autorización por escrito liberando los resultados de las pruebas efectuadas en dichas instalaciones, u ordene el embarque sin tales liberaciones.

7.2 Inspecciones

- a) Todas las válvulas y/o equipos cubiertos por esta especificación estarán sujetos a la inspección y testificación de las pruebas por un representante de SPCC.
- b) Todos los ítems de inspección requeridos por los códigos, normas, y especificaciones deberán ser realizados.
- c) El Proveedor deberá acordar con sus proveedores para el cumplimiento de estos requisitos.
- d) El Supervisor de SPCC verificará, como mínimo, lo siguiente:

- Dimensiones.
 - Tamaño y ubicación de las conexiones.
 - Información Técnica.
- e) Los materiales y calidad del trabajo del Proveedor estarán sujetos a inspección por SPCC en fábrica y en el campo.
- f) Bajo pedido, el Proveedor deberá entregar a SPCC copias del Plan de Control de Calidad e Inspección.
- g) El Proveedor deberá mantener disponible para la revisión de SPCC o su representante, lo siguiente:
- Certificación necesaria de materiales tales como los reportes de prueba en fábrica.
 - Especificaciones de compra de Listas de Materiales.

Información de pruebas hidrostáticas y de operación para verificar que se están cumpliendo los requisitos de las especificaciones

7.3 Pruebas

- a) Las pruebas a presión deberán ser llevadas a cabo en concordancia con los requisitos de la especificación CLASE B31.3, Capítulo 6, así como también de los reglamentos nacionales y los del propietario. Los procedimientos de prueba propuestos y el cronograma de pruebas deberán ser remitido para la aprobación del propietario.
- b) Las unidades deberán ser probadas por sistemas, en la medida que esto sea practicable. Los sistemas con presiones de prueba especiales serán establecidos por el propietario.
- c) Ninguna prueba deberá realizarse contra válvula cerrada. El contratista deberá instalar tapones y bridas ciegas para cerrar las líneas y luego retirarlas cuando la prueba ha sido completada a satisfacción. Se deberá proveer medios adecuados de venteo para asegurar que la prueba es efectiva. Los instrumentos, manómetros, controles, equipos, etc., deberán ser desconectados y/o tapados durante las pruebas.
- d) Los manómetros usados para las pruebas deberán ser del tipo aprobado, calibrado y chequeado antes de la prueba, y su rango de lectura no deberá exceder a 1.5 veces la presión de prueba aplicada. Cuando se concluya la prueba, las líneas deberán abrirse y drenar completamente el agua.
- e) Las válvulas de mariposa tipo "Lug", con asientos de Teflón pueden ser probadas a las siguientes presiones máximas.

Prueba del cuerpo (válvula abierta) - 1-1/2 veces la presión nominal.
Prueba del asiento (válvula cerrada) - presión nominal.
- f) El Contratista suministrará todo el personal y los instrumentos que sean necesarios para llevar a cabo las pruebas. Embarque y Manipulación

7.4 Embarque y Manipulación

- a) Todas las válvulas deberán ser ensamblados en fábrica con las dimensiones verificadas y las partes móviles probadas antes de la preparación para el transporte.
- b) El Proveedor deberá ser responsable del embalaje para el transporte de los equipos al lugar de destino.
- c) Previo al transporte, el embalaje temporal utilizado en las pruebas deberá ser removido y todas las partes internas deberán ser revestidas con algún compuesto que proteja al equipo contra el polvo y sustancias extrañas. Las aberturas de las bridas deberán ser tapadas con cubiertas de madera, de un grosor mínimo de 12 mm y aseguradas con al menos 4 pernos galvanizados.
- d) Deberán tomarse las adecuadas precauciones con el fin de minimizar la posibilidad de daño en tránsito. Todas las partes rotatorias deberán ser inmovilizadas con el objeto de aliviar presión sobre los rodamientos, los avisos de precaución deberán ser claramente exhibidos para tal efecto.
- e) Los ítems a ser transportados deberán estar claramente identificados con su correspondiente código, nombre, número y orden de compra. Estas marcas de identificación deberán ser resistentes a la corrosión del ambiente y deberán estar incluidas en todas las facturas, listas de empaque y listado de transporte.
- f) Las superficies maquinadas deberán estar adecuadamente protegidas contra la corrosión y daño mecánico. Las partes sueltas deberán ser adecuadamente fijadas a su embarque junto con las bombas.
- g) El fabricante debe considerar el embalaje para transporte vía marítima, incluyendo la protección de todos los elementos sueltos y boquillas de conexión, además de todas las marcas de identificación. El embalaje para el transporte debe estar de acuerdo con las normas dispuestas por el Servicio de Aduanas de Perú para este propósito.

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION

"" INGENIERIA DE DETALLE PARA CONSTRUCCION DEL PAD DE
LIXIVIACION CUAJONE FASE IV "

PROYECTO N° L3-X30-001

ESPECIFICACION TECNICA DE TUBERÍAS

L3X30001-DA-589750-06-TS-001

Aprobado Por:

Gerente de Proyecto: Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina: Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente: Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para	Hecho	Revisado	Aprobado
A	20/03/14	Revisión Interna	CGO	ASA	DCF
B	22/04/14	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
0	19/07/14	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:

Este documento ha sido elaborado en base a información enviada por SPCC.

TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	3
1.1	Introducción	3
1.2	Alcance	3
1.3	Definición de Términos de Diseño	4
1.4	Unidades de Medida	4
2.	CONDICIONES GENERALES	5
2.1	Ubicación	5
2.2	Condiciones Ambientales	5
2.3	Condiciones del Sitio	5
3.	CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS	5
4.	REQUERIMIENTOS DE OPERACION	7
4.1	Condiciones de Operación	7
4.2	Materiales	7
4.3	Codificación	8
5.	ESPECIFICACIONES TECNICA	9
5.1	Clase de Tubería "C1"	9
5.2	Clase de Tubería "C2"	10
5.3	Clase de Tubería "H1" (H.D.P.E. - SDR-17.0)	11
5.4	Clase de Tubería "H2" (H.D.P.E. - SDR-13.5)	11
5.5	Clase de Tubería "H3" (H.D.P.E. - SDR-11.0)	12
5.6	Clase de Tubería "H4" (H.D.P.E. - SDR-9.0)	13
5.7	Clase de Tubería "S1"	14
5.8	Clase de Tubería "S2"	14
6.	INSTALACION DE TUBERÍAS	15
6.1	Generalidades	15
6.2	Tuberías de Acero Inoxidable	16
6.2.1	Conexión de Ramales	17
6.2.2	Cambios de Dirección	17
6.2.3	Uniones	18
6.2.4	Pendiente de Tuberías	18
6.2.5	Soldadura de Acero Inoxidable	19
6.2.6	Protección y Limpieza	21
6.2.7	Soporte de Tuberías	21
6.2.8	Pruebas	22
6.3	Tuberías de HDPE	23
6.3.1	Pruebas en Tuberías de HDPE	24
7.	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	24
7.1	Generalidades	24
7.2	Inspecciones	24
7.3	Pruebas	25
7.4	Embarque y Manipulación	25

Tablas

Tabla 1.1 Unidades de Medida	4
Tabla 2.1 Condiciones Ambientales	5
Tabla 6.1 Spans de Soportes	21

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION (SPCC) es propietaria de la Mina Cuajone, donde uno de sus procesos consiste en tratar material de óxido de cobre por lixiviación en Pads. Actualmente tiene operando el Pad Fase III.

SPCC ha planificado la implementación del Pad Fase IV para continuar con el proceso de lixiviación y tratar adicionalmente 6 millones de Toneladas de material de óxido de cobre. Para la implementación del pad se requiere desarrollar la ingeniería básica y, posteriormente, la ingeniería de detalle del Pad de Lixiviación Fase IV – Cuajone.

El Pad Fase IV se encuentra ubicado al sur de la mina Cuajone al lado este de la concentradora, en el distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, Perú.

Las especificaciones técnicas para las tuberías del “Proyecto Pad de Lixiviación Fase IV –CUAJONE”, han sido establecidas sobre la base de los requerimientos de diseño alcanzados por Southern Perú Copper Corporation (SPCC) para el Pad de Lixiviación Fase III, en Rev. 0. de fecha Mayo 2006, y describen el procedimiento a seguir para la procura de los diferentes válvulas o instrumentos que servirán para implementar el sistema de Bombeo de Agua Fresca, ILS de este proyecto.

1.2 Alcance

El presente documento describe los requerimientos mínimos generales de suministro de materiales y tuberías, así como los trabajos de instalación y pruebas de las tuberías de acero al carbono, acero inoxidable, HDPE y sus accesorios respectivos. Las tuberías y accesorios que se detallan en esta especificación técnica se instalarán en los siguientes Sistemas:

- Sistema de Bombeo Agua Fresca.
- Sistema de Bombeo de ILS.
- Sistema de Bombeo de Ácido.

El alcance de esta especificación técnica también es para todo el personal del Contratistas y del Propietario involucrado en las labores de instalación de tuberías, labores de supervisión, así como el uso de las herramientas y servicios que se utilizarán para la instalación, ensayo y ajuste de las tuberías a ser usadas en el proyecto. Este trabajo incluye, pero no se limita a:

- a) Recepción de tuberías, accesorios y materiales deberán estar de acuerdo a las órdenes de compras, además de realizar una inspección de posibles daños que puedan ocurrir durante el transporte.
- b) Instalación de las tuberías incluyendo el suministro e instalación de los accesorios y materiales consumibles requeridos para el montaje e instalación del sistema de tuberías en condiciones apropiadas para una buena operación.
- c) Pruebas de las tuberías instaladas.

- d) Recubrimiento y retoques de pintura.
- e) Suministro de pernos de anclaje excepto los embebidos, pernos, tuercas, arandelas, sujetadores metálicos y otros dispositivos para anclar la tubería en su ubicación.
- f) Preparación de la superficie del concreto, sobre la cual descansan los sistemas de tuberías.
- g) La coordinación de la instalación del sistema de tuberías con el montaje de equipos mecánicos y eléctricos y la erección de estructuras de la manera más eficiente, de tal manera que se cumpla con el cronograma.
- h) Fabricación, instalación y montaje del sistema de tuberías.

1.3 Definición de Términos de Diseño

Valor nominal:

- Flujo promedio por unidad de tiempo del equipo de operación, valor establecido en diagrama de Flujo de Proceso (PFD).

Valor de diseño:

- Flujo que representa el máximo valor que se considera para el diseño y selección de los equipos mecánicos, aplicando al valor nominal el factor de servicio.

Factor de seguridad:

- Factor que se aplica al valor nominal de los equipos mecánicos, para garantizar el servicio.

1.4 Unidades de Medida

Se empleará preferentemente el Sistema Internacional de Unidades (SI), con excepción de diámetros nominales de tuberías y fittings que se designarán en pulgadas.

Tabla 1.1
Unidades de Medida

Descripción	Unidad
Tiempo	d
Porcentaje	%
Velocidad	m/s
Volumen	m ³
Área	m ²
Longitud (Metro)	m
Caudal	gpm
Presión	Psi
Presión de vapor	kPa
Temperatura	°C
Viscosidad	cP
Densidad	kg/m ³
Potencia	Hp
Potencia al freno	Bhp

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 Ubicación

La zona del Proyecto está ubicada en el Departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata.

2.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el diseño del proyecto se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1
Condiciones Ambientales

Condiciones	Valor	Unidades
Altitud sobre el nivel mar	3560	msnm
Temperatura máxima del aire (para ambientes con equipo eléctrico)	26	°C
Temperatura mínima del aire	-2	°C
Velocidad viento máxima promedio	90	Km/h
Humedad relativa	44	%
Presión Atmosférica	66.00	kPa
Precipitación promedio anual	127	mm
Nivel Isoceraúnico	15	Días-tormentas/año
Nieve	Nula	N/A
Nivel de polución en el ambiente (Muy pesado)	53.7	mm/kV
Tipo de terreno	Rocoso	
Zona sísmica (Norma técnica E.030)	Zona 3 (Equivalente Zona 4 UBC)	

2.3 Condiciones del Sitio

Las tuberías deberán ser seleccionadas para las condiciones de sitio dadas en el documento CGA-589750-CS-05-001.

3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y REFERENCIAS

Todos los equipos del sistema de bombeo de agua fresca y ácido sulfúrico deberán ser diseñados, fabricados, probados, instalados y puestos en marcha según conforme a la última edición de los siguientes códigos y estándares donde sea aplicable:

ANSI	American National Standard Institute
ANSI	B1.20.1 Pipe Threads, "General Purpose"
ANSI	B16.5 "Pipe Flanges and Flanged Fittings"
ANSI	B16.9 "Factory-Made Wrought Steel Butt-welding Fittings"
ANSI	B16.10 "Face to Face and End to End Dimensions of Valves"
ANSI	B16.11 "Forged Fittings, Socket-welding and Threaded"
AISI	American Industry Standard Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
API	American Petroleum Institute

API	Standard 598 "Valve Inspection and Testing"
API	Standard 6D "Pipelines Valves"
API	Standard 594 "Wafer Type Check Valves"
API	Standard 608: "Metal Ball Valves - Flanged, Threaded, and Welding Ends"
API	Standard 609 "Butterfly Valves - Double Flanged, Lug- and Wafer-Type"
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASME	B31.3 Process Piping
ASME	Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII
ASME	Welding Qualifications - Section IX
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASTM	A233: "Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes"
ASTM	A36: "Structural Steel"
ASTM	A325: "High Strength Steel Bolts"
ASTM	A53 "Standard Specification for Pipe"
ASTM	A105 "Standard Specification for Carbon Steel forgings for Piping Applications"
ASTM	A182 "Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service"
ASTM	A403 "Standard Specification for Wrought Austenitic Stainless Steel Piping Fittings"
ASTM	A351 "Standard Specification for Castings, Austenitic, for Pressure-containing Parts"
ASTM	D3350 "Standard Specification for Polyethylene Plastic Pipe and Fittings Materials"
ASTM	D3035 "Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR-PR) Based on Controlled Outside Diameter"
ASTM	F714 "Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (SDRPR) Based on Outside Diameter"
ASTM	D3261 "Standard Specification for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fittings for Polyethylene (PE) Plastic Pipe and Tubing"
ASTM	A182 "Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service"
AWS	American Welding Society
AWS	1:2004CD Structural Welding Code Steel
AWS	1.1-77: Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes
AWWA	American Water Works Association
CISPI	Cast Iron Soil Pipe Institute
PPI	Plastic Pipe Institute
NACE	National Association of Corrosion Engineers
HI	Hydraulic Institute
BS	British Standards
MSS	Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
HSEC	Health, Safety and Engineering Consultants
NOSA	National Occupational Safety Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration

Si existiera algún conflicto entre estos estándares y las especificaciones, es responsabilidad del vendedor, fabricante y contratista obtener un esclarecimiento del Propietario.

Se aceptan otras normas o diseños típicos, siempre y cuando no signifiquen una reducción de calidad, seguridad, operatividad y durabilidad de los elementos suministrados.

4. REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN

4.1 Condiciones de Operación

Las tuberías y accesorios deberán ser aptas para servicio continuo, 24 horas por día y 365 días por año. Deberá ser capaz de trabajar bajo las condiciones y requerimientos especificados en este documento, donde se detallan las condiciones particulares de operación.

- Las características del fluido se detallan en el ítem 2.2 y las condiciones de sitio en el ítem 2.3.
- Las tuberías y accesorios deberán ser fabricadas de acuerdo con los respectivos códigos y/o estándares indicados en esta especificación y deberán ser identificados apropiadamente con el código y/o estándar.

4.2 Materiales

Los materiales para tuberías serán certificados en conformidad completa con la especificación descrita en este documento. Los materiales que no están de acuerdo a la especificación técnica para una línea en particular, por ejemplo, uniones bridadas para una clase de servicio de la tubería de alta presión, etc., serán indicados por un número de código común en el plano isométrico.

Todos los materiales serán libres de herrumbre, escoria, picaduras y escamas. El delineado de toda la tubería y accesorios suministrados por el fabricante, será en estricto cumplimiento con los códigos aplicables y los requerimientos de las órdenes de compra y certificados de calidad requeridos para todos los materiales comprados por el Fabricante

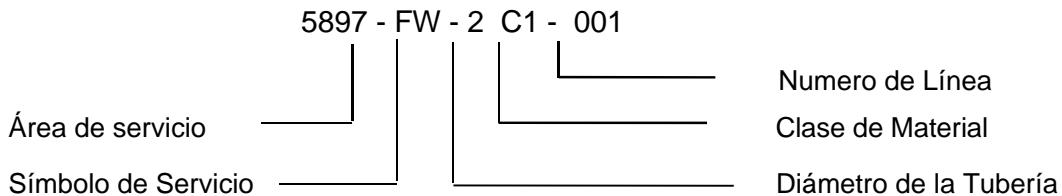
Todos los materiales de tubería, serán almacenados con las tapas del vendedor y serán conservados libres de impurezas. La tubería y accesorios serán almacenados en un área cerrada designada para el proyecto

Si no se especifica ningún material para algún ítem o componente, el Proveedor entregará su recomendación sobre algún material, según las siguientes instrucciones:

- Los materiales deberán ser identificados según la especificación ASTM. Si esta designación no es aplicable, el nombre dado por el fabricante puede ser usado junto con la composición química y propiedades físicas.
- Todos los materiales de fabricación deberán ser adecuados para trabajar a la temperatura y condiciones ambientales especificadas.

4.3 Codificación

Las TUBERÍAS están identificadas por un número de marca que se obtiene de la siguiente manera:



Símbolo de Servicio	
FW	Agua Fresca
SA	Ácido Sulfúrico
PS	PLS / ILS
R	Solución Ácida

Material de Tuberías	
C	Carbón Steel
H	HDPE
S	Stainless Steel

Área de Servicios		
Símbolo del Servicio	Material	Clase de Material
FW: Agua Fresca	C	C1
	C	C3
	S	S3
	H	H4
SA: Ácido Sulfúrico	C	C3
	S	S3
PS: PLS / ILS	S	S3
	H	H1
	H	H2
	H	H3
R: Solución Ácida	S	S3
	H	H1
	H	H2

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

5.1 Clase de Tubería “C1”

Sistemas de tuberías : Agua Fresca
Rango de diseño : 300 psi @ 120 °F

A. TUBERÍAS

2"y menor : SMLS T&C Std. Acero al carbono ASTM A53 GR.B
2" @ 12" : ERW BE Std. Acero al carbono ASTM A53 GR.B.

B. BRIDAS

2"y menor : Unión roscada 300 Lb. Acero al carbono.
3" @ 12" : Slip-on, 150 Lbs RF Acero al carbono ASTM A105.

C. ACOPLES

2" y menor : Roscado, 300 Lb. Acero al carbono ASTM A197.
2" @ 12" : Soldadura a tope Acero al carbono Std. Sch. 80 ASTM A234.

D. PERNOS

Pernos cabeza Hexagonal según ASTM A307 Gr.B con arandela y tuerca hexagonal serie pesada.

Espárragos según ASTM A307 Gr.B con arandela y tuerca hexagonal serie pesada

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8" (3mm) de teflón, tipo anillo, clase 300.

Pruebas solo si son requeridas.

5.2 Clase de Tubería “C3”

Rango de diseño : 150psi @ 120 °F

A. TUBERÍAS

- 2" y menor : SMLS PE Sch. 40 Acero al carbono ASTM A53 GR.B
2" & 6" : SMLS BE Sch. 40 Acero al carbono ASTM A53 GR.B

B. BRIDAS

- 2" y menor : Socket weld, 150 Lb. RF Acero al carbono ASTM A105
2" @ 6" : Slip-on, 150 Lbs RF Acero al carbono ASTM A105.

C. ACOPLES

- 2" y menor : Roscado, 300 Lb. Acero al carbono ASTM A105
2" @ 6" : Soldado Sch 40 Acero al carbono ASTM A234

D. PERNOS

Tipo cabeza Hexagonal según ASTM A307 con arandela y tuerca hexagonal serie pesada

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8" (3mm) de teflón, tipo anillo, cubriendo todo el área de la brida.

NOTAS

Las líneas de ácido cuando estén enterradas, deberán estar protegidas con unas mangas, herméticas, con pendientes para drenaje.

Las juntas mecánicas, localizadas fuera de las mangas, deberán estar previstas de una capa protectora similar al "ARMCO" spray.

Prueba hidrostática según ANSI 31.3 si es requerido.

5.3 Clase de Tubería “H1” (H.D.P.E. - SDR-17.0)

Sistemas de tuberías : PLS
ILS
Solución ácida
Rango de diseño : 100psi @ 73.4 °F

A. TUBERÍAS

2“ @ 12“ : tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE), según ASTM D1248, tipo III, clase C, Grado P34, SDR-17(100psi)
“Driscropipe 1000“ ó equivalente.

B. BRIDAS

2“@ 12“ : para fusión a tope de polietileno alta densidad (HDPE), brida adaptador SDR 17, con contrabrida de acero al carbono.

C. ACOPLES

2“ @12“ : Unión por fusión, de polietileno de alta densidad según ASTM D1248, clase III, tipo C, grado P34, SDR-17.

D. PERNOS

Espárragos de Acero 304 SS según ASTM A193 Gr.B & M con arandela y dos tuercas hexagonal A 194 Gr 8 M.

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8“ (3mm) de teflón.

NOTA

Las pruebas se efectuaran solo si es requerido

5.4 Clase de Tubería “H2” (H.D.P.E. - SDR-13.5)

Sistemas de tuberías : PLS
ILS
Solución ácida
Agua Fresca
Agua para servicios
Rango de diseño : 128psi @ 73.4 °F

A. TUBERÍAS

2" @ 12" : tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE), según ASTM D1248, tipo III, clase C, Grado P34, SDR-13.5
"Driscropipe 1000" ó equivalente.

B. BRIDAS

2" @ 12" : para fusión a tope de polietileno alta densidad (HDPE), brida adaptador SDR 13.5, con contrabrida de acero al carbono tipo slip-on.

C. ACOPLES

2" @12" : Unión por fusión ,de polietileno de alta densidad según ASTM D1248, clase III, tipo C, grado P34, SDR-13.5.

D. PERNOS

Espárragos de Acero ASTM A 307 GR. B, con tuerca hexagonal serie pesada

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8" (3mm) de teflón.

NOTA:

Pruebas solo si es requerido

5.5 Clase de Tubería "H3" (H.D.P.E. - SDR-11.0)

Sistemas de tuberías :

ILS

Solución ácida

Agua Fresca

Rango de diseño

: 160psi @ 73.4 °F

A. TUBERÍAS

2" @ 12" : tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE), según ASTM D1248, tipo III, clase C, Grado P34, SDR-11.0
"Driscropipe 1000" ó equivalente.

B. BRIDAS

2" & 12" : para fusión a tope de polietileno alta densidad (HDPE), brida adaptador de acero forjado protegido con epoxy clase 150.

C. ACOPLES
2“ & 12“ : Unión por fusión ,de polietileno de alta densidad según ASTM D1248, clase III, tipo C, grado P34, SDR-11.

D. PERNOS
Espárragos de Acero 304 SS, ASTM A 193 Gr. B&M con 2 tuercas hexagonales, A 194 Gr. 8M.

E. EMPAQUETADURAS
De 1/8“ (3mm) de teflón.

NOTA:

Pruebas solo si es requerido.

5.6 Clase de Tubería “H4” (H.D.P.E. - SDR-9.0)

Sistemas de tuberías : Agua Fresca
Rango de diseño : 225psi @ 73.4 °F

A. TUBERÍAS

2“ @ 12“ : tubería de Polietileno de alta densidad (HDPE), según ASTM D1248, tipo III, clase C, Grado P34, SDR-9.0
“Driscropipe 1000“ ó equivalente.
Sólo para la tubería existente.

B. BRIDAS

2“ @ 12“ : para fusión a tope de polietileno alta densidad (HDPE), brida adaptador de acero forjado protegido con epoxy clase 150.

C. ACOPLES

2“ @12“ : Unión por fusión ,de polietileno de alta densidad según ASTM D1248, clase III, tipo C, grado P34, SDR-9.

D. PERNOS

Espárragos de Acero 304 SS, ASTM A 193 Gr. B&M con 2 tuercas hexagonales, A 194 Gr. 8M.

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8“ (3mm) de teflón.

NOTA:

Pruebas solo si es requerido

5.7 Clase de Tubería “S1”

Sistemas de tuberías :	PLS
	ILS
	Solución ácida
	Ácido sulfúrico
Rango de diseño :	150psi @ 150 °F

A. TUBERÍAS

2“ y menor :	SMLS PE Sch 40S, SS, TP 316L, ASTM A312
2“ @ 6“ :	Soldado, BE, Sch 5S, SS, TP 316L, ASTM A778

B. BRIDAS

2“ y menor :	Socket weld, clase150 RF, SS, ASTM A182.316L
2“ @ 24“ :	Slip-on, clase 125 RF, SS, 316L.

C. ACOPLES

2“ y menor :	Roscado, 150 Lbs, SS. ASTM A182, F316L
2“ @ 24“ :	Soldado Sch 10s, ASTM A240, ASTM 778.

D. PERNOS

Espárragos, acero 304 SS, ASTM A 193 Gr. B&M con 2 tuercas hexagonales, A 194 Gr. 8M.

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8“ (3mm) de teflón, tipo anillo.

NOTA:

Pruebas solo si es requerido.

5.8 Clase de Tubería “S3”

Sistemas de tuberías :	ILS
Rango de diseño :	300psi @ 120 °F

A. TUBERÍAS

2“ y menor :	SMLS PE Sch 40S, SS, TP 316L, ASTM A312
--------------	---

3" @ 12" : Soldado, BE, Sch 10s, SS, TP 316L, ASTM A312.

B. BRIDAS

2" y menor : Socket weld, clase150 RF, SS, ASTM A 182.316L

2" @ 24" : Slip-on, clase 125 RF, SS, 316L.

C. ACOPLES

1.1/2" y menor: Roscado, 150 Lbs, RF, SS. ASTM A 182, F316L

2" @ 24" : Soldado Sch 10s, ASTM A 403, 316L.

D. PERNOS

Espárragos, acero 304 SS, ASTM A 193 Gr. B&M con 2 tuercas hexagonales, A 194 Gr. 8M.

E. EMPAQUETADURAS

De 1/8" (3mm) de teflón, tipo anillo.

NOTA:

Pruebas solo si es requerido.

6. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Las siguientes secciones indican los requerimientos mínimos para la instalación de los materiales y sistemas de tuberías. No es objetivo de estas secciones proporcionar instrucciones de instalación o procedimientos constructivos de los sistemas de tuberías especificados.

La Instalación incluye, pero no está limitado, a todos los trabajos de suministro, recepción y almacenamiento de materiales, transporte, manipuleo, armado, montaje, conexión, alineamiento, nivelación, pintado, pruebas y puesta en operación de los sistemas de tuberías que comprende el proyecto.

6.1 Generalidades

El contratista instalará todos los accesorios y sistemas de tuberías que se indiquen en las bases de licitación, especificaciones técnicas y planos del proyecto. Queda entendido, sin embargo, que será responsabilidad del Contratista efectuar todas las operaciones, trabajos y suministros que sean necesarios para completar totalmente las instalaciones a su cargo, aún cuando algunas de tales operaciones, trabajos o suministros no hayan sido descritos ni enumerados en forma específica en los documentos arriba indicados.

El contratista, con la anticipación suficiente podrá disponer del tiempo necesario para efectuar las medidas correctivas que fuesen necesarias, revisará todos los puntos de trabajo, posibles obstrucciones, accesos y alineamiento.

Las modificaciones que resulten necesarias para resolver las interferencias se acordarán entre el Propietario y el Contratista, antes de la modificación. El Contratista será responsable de la familiarización con todos los aspectos de los sistemas de tuberías a ser instalado y con cualquier procedimiento especial que puede ser requerido para su fabricación, ensamble e instalación, protección, limpieza, soporte y pruebas.

Si el tendido y ruteo de la tubería no estuviesen completamente detallados o especificados en los planos de tuberías, serán determinados en terreno de acuerdo con los requisitos de los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID's) o según se convenga con el Propietario.

En general, para aminorar posibles daños a los materiales debido al manipuleo, el Contratista deberá moverlo lo menos posible, protegiendo los elementos y componentes antes y después de la instalación. Es responsabilidad del Contratista realizar lo siguiente:

- Realizar las reuniones requeridas para organizar sus operaciones, esto incluye los trabajos que no son mostrados en los planos, ni llamados por las especificaciones pero que se debe realizar en una operación normal en este tipo de instalación de sistemas de tuberías y equipos.
- El montajista o instalador, fabricará, ensamblará, instalará todas las tuberías, válvulas, controles, soportes y accesorios que se indican en las Especificaciones Técnicas, Planos del Proyecto, recomendaciones de los fabricantes e instrucciones del Supervisor. Queda entendido, sin embargo, que será de responsabilidad del Contratista efectuar todas las operaciones, trabajos y suministros que sean necesarios para completar totalmente las instalaciones a su cargo, aun cuando algunas de tales operaciones, trabajos o suministros no hayan sido descritos ni enumerados en forma específica en los documentos arriba indicados.
- Responsable de la instalación de los sistemas de tuberías auxiliares.
- Responsable del alineamiento de las tuberías de acuerdo a las instrucciones del fabricante, conexión de las tuberías y apriete de los pernos de anclaje.
- El uso del equipo de oxicorte, plasma será permitido por medio de una autorización escrita del Representante del Propietario. Este tipo de corte debe ser realizado de forma ordenada, limpia y bajo los estándares de precisión. Remover todas las rebabas y puntas agudas de las piezas de trabajo expuestas.
- Suministro e instalación de todos los soportes temporales, el apuntalamiento y todo otro material temporal necesario para el montaje de tuberías.
- Pintado de tuberías y soporte.
- Responsable de la limpieza de las tuberías y pruebas debiendo suministrar registros por escrito de las pruebas en la medida en que éstas se vayan efectuando. El propietario se reserva el derecho de estar presente en todas o en cualquiera de las pruebas.

6.2 Tuberías de Acero Inoxidable

Se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- A. Antes de la instalación, el interior de todas las tuberías deberán ser inspeccionados y limpiados a fin de que estén libres de agua, suciedad e inhibidores.
- B. Los extremos de las tuberías verticales las cuales se han dejado abiertas temporalmente después de su instalación, deberán ser adecuadamente protegidos contra el ingreso de suciedad, herramientas, despojos o cualquier elemento extraño. Antes de su interconexión con otras tuberías deberán ser examinados.
- C. Todos los colgadores y soportes temporales deberán ser chequeados cuidadosamente a fin de asegurarse que sean adecuados para ese propósito.
- D. A menos que se indique de otra manera en los planos o en las especificaciones, el máximo espaciamiento entre colgadores o soportes de tubería deberá estar conforme a lo especificados en el Criterio de Diseño de Tuberías y en la Tabla 6.1.
- E. El alineamiento de la tubería con las bombas y accesorios deberá ser cuidadosamente controlado y chequeado a fin de asegurarse que no se presenten esfuerzos. El alineamiento de la brida y/o la tubería, la orientación de los agujeros de los pernos y los niveles de las líneas de centro deberán estar de manera que la tubería que se conecte pueda instalarse "suavemente" en su lugar.
- F. Las tuberías, accesorios o aparatos no deberán cubrirse o enterrarse antes de la inspección y aprobación del propietario.
- G. Todos los casos de interferencia significativa de tubería con equipos o miembros estructurales deberán ser notificados al propietario para la solución respectiva.

6.2.1 Conexión de Ramales

- Donde se conecten dos líneas de diferentes presiones. La presión y la especificación de la línea más alta, deberá aplicarse hasta e inclusive la primera válvula de corte en la línea que lleve la presión nominal más baja.
- Las salidas para válvulas más pequeñas, venteos de aire, drenajes, etc. que no excedan 1" pueden ser hechos con medias coplas extra fuertes soldadas a la troncal.

6.2.2 Cambios de Dirección

- Se usarán codos de radio largo a menos que se especifique de otra manera.
- Cuando se requieran codos que no sean de 45° ó 90° se cortarán los codos estándares de radio largo al tamaño que se deseé según el cambio de dirección de la tubería. Los biseles que formen el canal de soldadura deberán reunir los requisitos de los procedimientos de soldadura y contar con la aprobación de la Supervisión.

- Cuando la fabricación de tales accesorios no se considere practicable se usarán tuberías dobladas. El doblado de la tubería se efectuará con una máquina dobladora aprobada. No deberá haber aplastamiento, reducción o arrugas en la sección transversal o arrugas en el doblado de tubería. Se deberán usar tuberías de acero sin costura.
- No se permitirán los usos de mitrados de los codos.

6.2.3 Uniones

Uniones Roscadas

- Las rosas deberán estar conforme al "American Standard for Taper Pipe Threads". Se deberá usar una cinta u otro compuesto aprobado para la rosca que deberán aplicarse solamente en la rosca macho.
- Para efectuar una unión hermética, las rosas deberán ajustarse firmemente dejando solamente unos pocos hilos expuestos.
- No se aceptará el sellado con empaquetaduras, pintura o hilos de algodón en las uniones de tuberías.

Uniones Bridadas

- Las caras de las bridas se instalarán en forma paralela entre si y perpendiculares a los ejes de las tuberías. A fin de asegurarse una conexión hermética y libre de esfuerzos, todos los pernos deberán ser uniformemente ajustados. Cuando se ensamblen bridas de materiales diferentes, se deberán usar pernos de acero inoxidable 316L conforme a la norma ASTM A193, Grado B8 o según se especifique en los planos y especificaciones.
- Las bridas roscadas deberán ser ensambladas de tal manera que la tubería se extienda hasta 1.5 mm antes de la cara de la brida o tope. Las bridas de acero al carbono con cara resaltada que tengan que ser empernadas a bridas de cara plana, tendrán que ser refrentadas para eliminarles el resalte y fijarlas a la otra brida usando empaquetaduras de cara completa. El agujero en las bridas con cuello para soldar (welding neck) deberá estar conforme a la tubería en la cual se va a instalar.
- Las bridas deberán instalarse en los lugares especificados en los planos y donde sea necesario para facilitar el desmontaje de las tuberías, bombas, válvulas de control, reguladores.

Uniones de Embonadas Soldada (Socket type)

- El extremo de la tubería debe ser plano y se proyectará dentro de la Brida hasta 1.5 mm antes del tope.

6.2.4 Pendiente de Tuberías

En lo posible las tuberías principales tendrán una pendiente positiva mínima de 0.25% hacia los puntos de drenaje previstos.

6.2.5 Soldadura de Acero Inoxidable

- Todo trabajo de soldadura debe ser realizado por soldadores debidamente calificados según el procedimiento que se describe en el acápite 3, el que será efectuado en presencia del Ingeniero Supervisor.
- La calificación de un soldador no supone que necesariamente podrá realizar cualquier tipo de trabajo de soldaduras, sino solamente aquellos que el Ingeniero Supervisor indique de acuerdo al tipo de prueba efectuado.
- La calificación de los soldadores deberá efectuarse de acuerdo con los requerimientos del "ASTM y AWS" y Reglamentos estatales. Los procedimientos de soldadura usados deberán ser aprobados por el propietario.
- Antes de efectuar cualquier trabajo de soldadura, los contratistas deberán:
 - a. Remitir al propietario para su aprobación y en tres copias todos los procedimientos de soldadura a ser usado en el proyecto. Estos procedimientos de soldadura tendrá que haber sido calificados en concordancia con los requisitos de la sección IX del "ASME Boiler and Pressure Vessel Code", especificaciones de la ASTM, ANSI B31.3
 - b. Reglamentos Estatales.
 - c. Calificación de todos los soldadores de acuerdo con sus procedimientos de soldadura aprobados y con la sección IX del "ASME".
 - d. Dirigir todas las pruebas de calificación en presencia y con la aprobación del propietario y remitir 2 copias de los resultados de estas pruebas al propietario, en formatos similares a los indicados en la sección IX del "ASME".
- Los electrodos de soldadura serán almacenados y distribuidos por el contratista de acuerdo con los requisitos de los procedimientos de soldadura aprobados y de cualquier otro requisito especial, instrucciones de los fabricantes.
- Las soldaduras empezarán cuando las calificaciones hayan sido aceptadas por el propietario.
- Los siguientes métodos de soldadura están permitidos:
 - a. Proceso manual de arco eléctrico ,
 - b. Proceso de Arco de Gas Inerte de Tungsteno (TIG), manual o automático.
 - c. Proceso de Arco protegido por Gas inerte (MIG).
 - d. Proceso automático de arco sumergido.
- Solamente se usarán valores de corriente y tipo de electrodo de soldadura que se especifiquen en los procedimientos de soldadura aprobados. Los recipientes de los electrodos se mantendrán secos y cerrado a fin de protegerlos contra la humedad.
- Durante las operaciones de soldadura, corte y esmerilado, los equipos, estructuras y materiales de los alrededores deberán ser protegidos contra el fuego y contra el daño de cualquier salpicadura de soldadura usando pantallas y mantas de soldadura. Se llevarán extintores de fuego portátiles a los lugares donde se efectúen las soldaduras.

- Los detalles de las técnicas de soldadura tales como el número de cordones y capas, ángulos de las superficies a ser soldadas, anillos de respaldo, diámetro de los electrodos y valores de corriente promedio serán como los que se especifiquen en los procedimientos de soldadura aprobados.
- Cuando la calidad del trabajo pueda ser afectada por las condiciones ambientales adversas no se efectuará la soldadura si no se tiene una protección adecuada aprobada por el propietario.
- Excepto en lo que se modifique más adelante, los requisitos de inspección y calificación deberán efectuarse de acuerdo a lo indicado en las normas ANSI B31.3.
- Si, de acuerdo a los planos y/o especificaciones técnicas se requiere la inspección de un organismo regulador del estado, la responsabilidad de arreglar dicha inspección quedará en manos del contratista.
- Se permitirá acceso continuo para la inspección del propietario. No se cubrirá ninguna soldadura ni se llevará a cabo aislamiento alguno antes que las inspecciones y las pruebas hidrostáticas hayan sido llevadas a cabo a entera satisfacción de ambas partes.
- El propietario tiene el derecho de rechazar soldaduras según inspecciones visuales o que evidencien tener defectos, detectados en las pruebas radiográficas o cualquier otra prueba no destructiva.
- Uno o más, de los siguientes defectos pueden ser causa del rechazo de una soldadura:
 - a. Que no reúna los requisitos de cualquier prueba no destructiva u otra prueba del código.
 - b. Soldadura efectuada por personal no calificado.
 - c. Soldadura no razonablemente uniforme en apariencia.
 - d. Evidencia de martillado.
 - e. Rajaduras, agujeros.
 - f. Oxidación alrededor de la soldadura.
 - g. Falta de fusión y/o penetración incompleta.
 - h. Presencia de porosidad.
 - i. Inclusión de escorias, traslapes, acabado imperfecto, o contracciones.
 - j. Socavaciones adyacentes a soldaduras completas o evidencia de socavaciones por esmerilado.
 - k. Desalineamientos en tuberías de acero al carbono que excedan 1.5 mm.
 - l. Cualquier otra falla según la indicación del propietario
- Todas las soldaduras consideradas no satisfactorias por el propietario deberán ser cortadas y reemplazadas.
- Los defectos de las soldaduras podrán ser reparados previa autorización del propietario pero cualquier soldadura que muestren evidencias de haber sido reparada sin la autorización debida podrá ser rechazada.
- Antes de efectuar cualquier reparación se deberán eliminar todos los defectos mediante cincelado, esmerilado o mediante un soplete; las rebabas y escorias deberán ser quitadas usando una brocha de alambre.

6.2.6 Protección y Limpieza

- Toda la tubería de acero al carbono, deberá ser tratada a fin de eliminar todas las escamas u otros elementos extraños. El contratista será responsable de chequear que estas hayan sido satisfactoriamente eliminadas antes de la fabricación o instalación.
- Todas las bombas, válvulas y accesorios u otros equipos, o donde se requiera, deberán ser cubiertos inmediatamente después de las operaciones de limpieza.
- La tubería instalada deberá ser lavada interiormente antes de ser puesta en servicio. Las tuberías temporales para los propósitos de este lavado, deberán ser instaladas lo más cerca posible pero no estar conectada a los equipos siendo este trabajo responsabilidad del contratista. La tubería temporal y las conexiones deberán ser aprobadas por el propietario antes de las operaciones de limpieza.

6.2.7 Soporte de Tuberías

- Los soportes y sus partes deberán estar de acuerdo a lo indicado en los planos y estándares del Proyecto.
- Las tolerancias en la instalación deberán ser como se indica a continuación:

Líneas Verticales - Aplomar hasta 3 mm en 3 metros máximo.

Líneas Horizontales - Nivel con más o menos 3 mm.

- Cuando se requiera una tubería con pendiente, los soportes, anclajes y guías deberán ser cuidadosamente fijados en "gradas", de manera que la instalación terminada pueda proporcionar una pendiente uniforme para el drenaje.
- La ubicación de los apoyos o soportes de tuberías serán de acuerdo a lo mostrado en los planos. En general se deberá ubicar soportes en o cerca del cambio de dirección y en obra según como se requiera. El espaciamiento entre soportes para tuberías de acero al carbono (tramos rectos) deberá ser como sigue a continuación:

TABLA 6.1
Spam de Soportes

Tamaño Nominal de la Tubería (Pulgadas)	Tubería Acero al Carbono	Tubería Acero Inoxidable
	Máximo Espaciamiento (Metros)	Máximo Espaciamiento (Metros)
3/4"	2.70	
1"	3.00	
1 1/2"	4.50	
2"	6.00	2.40
3"	7.60	3.00
4"	9.10	3.00
6"	10.70	3.65
8"	10.70	4.00
10"	10.70	4.50

12"	10.70	5.20
14"	10.70	5.50

6.2.8 Pruebas

- Las pruebas a presión deberán ser llevadas a cabo en concordancia con los requisitos de la especificación ANSI B31.3, Capítulo 6, así como también de los reglamentos nacionales y los del propietario. Los procedimientos de prueba propuestos y el cronograma de pruebas deberán ser remitido para la aprobación del propietario.
- Las unidades deberán ser probadas por sistemas, en la medida que esto sea practicable. Los sistemas con presiones de prueba especiales serán establecidos por el propietario.
- El propietario establecerá las prioridades en las cuales él desea se lleven a cabo las pruebas para los sistemas y las líneas. Se deberán realizar todos los esfuerzos a fin de completar los trabajos y efectuar las pruebas en concordancia con estas prioridades y compatible con la disponibilidad de mano de obra, materiales y planos.
- Todas las tuberías serán probadas a las presiones de prueba mostradas en las especificaciones correspondientes. Las pruebas podrán ser neumáticas o hidrostáticas, como se indique en la especificación de materiales.
- Ninguna prueba deberá realizarse contra válvula cerrada. El contratista deberá instalar tapones y bridales ciegas para cerrar las líneas y luego retirarlas cuando la prueba ha sido completada a satisfacción. Se deberá proveer medios adecuados de venteo para asegurar que la prueba es efectiva. Los instrumentos, manómetros, controles, equipos, etc, deberán ser desconectados y/o tapados durante las pruebas.
- Todas las tuberías deberán ser probadas hidrostáticamente a 1.5 veces la presión de operación (salvo se indique lo contrario). La tubería bajo prueba no deberá mostrar fugas durante el tiempo requerido para la inspección de las uniones y de las conexiones, y la presión de prueba deberá ser mantenida sin pérdida por un período mínimo de 10 minutos de acuerdo al ASME B31.3, párrafo 345.2.2 (a). Se deberá efectuar pruebas de golpe o impacto en todas las uniones soldadas mientras la tubería esté bajo presión, tal como se describe en el ANSI Code for Pressure Piping.
- No se permitirá el martillado o calafateado de las uniones que presenten fugas.
- Cuando estas pruebas revelen defectos en el trabajo, el contratista deberá reemplazar las secciones defectuosas o hacer la reparación satisfactoriamente en la manera que determine y decida el propietario, y repetir la prueba sin costo extra para el propietario.
- Los manómetros usados para las pruebas deberán ser del tipo aprobado, calibrado y chequeado antes de la prueba, y su rango de lectura no deberá exceder a 1.5 veces la presión de prueba aplicada. Cuando se concluya la prueba, las líneas deberán abrirse y drenar completamente el agua.

- Las válvulas de mariposa tipo "wafer", con asientos de Teflón pueden ser probadas a las siguientes presiones máximas.

Prueba del cuerpo (válvula abierta) - 1-1/2 veces la presión nominal.

Prueba del asiento (válvula cerrada) - presión nominal.

- El Contratista efectuará, además, un muestreo radiográfico para lo cual éste podrá contactar a su costo los servicios de terceros. Si el resultado de estas pruebas califica a las uniones soldadas como regulares o malas, el Contratista deberá rectificarlas bajo el control de la Supervisión. Todas las uniones rectificadas serán radiografiadas nuevamente a costo del Contratista.
- El Contratista será responsable de los daños que puedan resultar a los equipos o materiales como consecuencia de procedimientos de ensayo improprios, debiendo reparar, si ello es posible, o reemplazar el equipo o material dañado.
- El Contratista suministrará todo el personal y los instrumentos que sean necesarios para llevar a cabo las pruebas.
- Las pruebas neumáticas no deben ejecutarse para sistemas de baja presión, debido al peligro de energía almacenada del gas comprimido. No deberá efectuarse en tuberías plásticas.
- Para tuberías de acero, de acuerdo a la importancia del sistema, como es el caso de las líneas de ácido sulfúrico, se sugiere hacer pruebas de rayos X a las juntas en un 10%. Este porcentaje podrá ser variado de acuerdo a indicaciones de SPCC. Este procedimiento podrá ser también aplicado a las tuberías de acero inoxidable de las líneas de ILS. Para los demás sistemas se recomienda:

Inspección visual del Supervisor

Líquidos penetrantes

Ultrasonido o partículas magnéticas

6.3 Tuberías de HDPE

- La instalación de las Tuberías y accesorios de H.D.P.E. deberán ser ejecutadas de acuerdo a lo indicado en los planos, especificaciones técnicas del proyecto y recomendaciones del fabricante de las tuberías de H.D.P.E.
- Por lo general las tuberías de H.D.P.E., se instalarán sobre terreno.
- El contratista será responsable que el equipo de fusión, se encuentre en buenas condiciones de operación y que el operador haya sido entrenado en el manejo del equipo, dentro los últimos 12 meses.
- La temperatura, presión de fusión y la representación gráfica del ciclo de fusión serán parte del récord del control de calidad.
- La tubería deberá ser chequeada, por su diámetro exterior, espesor de pared, longitud, acabado superficial del interior, exterior y acabado de los extremos.

- Las tuberías de HDPE, unidas por fusión a tope, serán alineadas con el espesor de los extremos de las tuberías a emparejar, por lo menos con 4 puntos cada 90°, de la circunferencia de los extremos a unir.
- Especial cuidado se tendrá para mantener la maquina cortadora de HDPE afilada, para tener los extremos de corte liso y plano.

6.3.1 Pruebas en Tuberías de HDPE

La fabricación, ensamble y montaje se debe hacer de acuerdo a lo indicado en el ASME B31.3, Capítulo VII, Parte 9 y siguiendo las recomendaciones del fabricante de las tuberías.

La inspección, la examinación y pruebas deberán hacerse de acuerdo al ASME B31.3, Capítulo VII, Parte 10.

Los ensayos para fugas, ensayos hidrostáticos se anotan en el acápite A345.4, con excepción de lo en este documento anotado.

Las juntas de las tuberías de HDPE se deberán probar con exámenes de ultrasonido según se requiera (no con partículas magnéticas).

7. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

7.1 Generalidades

- a) SPCC o su representante se reservan el derecho a visitar o permanecer en el taller o instalación del Proveedor para asegurar que el programa establecido sea cumplido y asegurar que el control de la calidad sea mantenido en un nivel aceptable.
- b) Luego de cualquier inspección o prueba, SPCC puede rechazar el equipo o cualquier componente de éste en caso encuentre algún defecto o que no esté en conformidad con las especificaciones. La notificación de estos rechazos se llevará a cabo por escrito y declarará los motivos por los que el equipo es defectuoso o no está en conformidad con las especificaciones. El Proveedor deberá corregir los defectos de inmediato y asegurar que el equipo cumpla con las especificaciones. Después de esto, si SPCC lo requiere, la prueba se repetirá al costo del Proveedor, tantas veces como se requiera para garantizar el rendimiento.
- c) El Proveedor no deberá enviar ningún equipo o ninguna parte del mismo fuera de su local, hasta que SPCC haya dado autorización por escrito liberando los resultados de las pruebas efectuadas en dichas instalaciones, u ordene el embarque sin tales liberaciones.

7.2 Inspecciones

- a) Todas las válvulas y/o equipos cubiertos por esta especificación estarán sujetos a la inspección y testificación de las pruebas por un representante de SPCC.
- b) Todos los ítems de inspección requeridos por los códigos, normas, y especificaciones deberán ser realizados.

- c) El Proveedor deberá acordar con sus proveedores para el cumplimiento de estos requisitos.
- d) El Supervisor de SPCC verificará, como mínimo, lo siguiente:
 - Dimensiones.
 - Tamaño y ubicación de las conexiones.
 - Información Técnica.
- e) Los materiales y calidad del trabajo del Proveedor estarán sujetos a inspección por SPCC en fábrica y en el campo.
- f) Bajo pedido, el Proveedor deberá entregar a SPCC copias del Plan de Control de Calidad e Inspección.
- g) El Proveedor deberá mantener disponible para la revisión de SPCC o su representante, lo siguiente:
 - Certificación necesaria de materiales tales como los reportes de prueba en fábrica.
 - Especificaciones de compra de Listas de Materiales.

Información de pruebas hidrostáticas y de operación para verificar que se están cumpliendo los requisitos de las especificaciones

7.3 Pruebas

- a) Las pruebas a presión deberán ser llevadas a cabo en concordancia con los requisitos de la especificación CLASE B31.3, Capítulo 6, así como también de los reglamentos nacionales y los del propietario. Los procedimientos de prueba propuestos y el cronograma de pruebas deberán ser remitido para la aprobación del propietario.
- b) Las unidades deberán ser probadas por sistemas, en la medida que esto sea practicable. Los sistemas con presiones de prueba especiales serán establecidos por el propietario.
- c) Los manómetros usados para las pruebas deberán ser del tipo aprobado, calibrado y chequeado antes de la prueba, y su rango de lectura no deberá exceder a 1.5 veces la presión de prueba aplicada. Cuando se concluya la prueba, las líneas deberán abrirse y drenar completamente el agua.
- d) El Contratista suministrará todo el personal y los instrumentos que sean necesarios para llevar a cabo las pruebas.

7.4 Embarque y Manipulación

- a) La llegada de las tuberías a obra puede involucrar el descargue desde el vehículo de transporte y/o extracción de los almacenes del Propietario. Esta operación será inspeccionada por un supervisor de prevención de pérdidas y personal del contratista que comprobará que se encuentren la totalidad de los componentes de acuerdo al listado de tuberías.
- b) Previo al transporte, el embalaje temporal utilizado en las pruebas deberá ser removido y todas las partes internas deberán ser revestidas con algún compuesto que proteja al equipo contra el polvo y sustancias extrañas. Las

aberturas de las bridas deberán ser tapadas con cubiertas de madera, de un grosor mínimo de 12 mm y aseguradas con al menos 4 pernos galvanizados.

- c) Deberán tomarse las adecuadas precauciones con el fin de minimizar la posibilidad de daño en tránsito. Todas las partes rotatorias deberán ser inmovilizadas con el objeto de aliviar presión sobre los rodamientos, los avisos de precaución deberán ser claramente exhibidos para tal efecto.
- d) Los ítems a ser transportados deberán estar claramente identificados con su correspondiente código, nombre, número y orden de compra. Estas marcas de identificación deberán ser resistentes a la corrosión del ambiente y deberán estar incluidas en todas las facturas, listas de empaque y listado de transporte.
- e) El fabricante debe considerar el embalaje para transporte vía marítima, incluyendo la protección de todos los elementos sueltos y boquillas de conexión, además de todas las marcas de identificación. El embalaje para el transporte debe estar de acuerdo con las normas dispuestas por el Servicio de Aduanas de Perú para este propósito.

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION
" INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV "
PROYECTO N° L3-X30-001

HOJAS DE DATOS BOMBA DE AGUA

L3X30001-DA-589750-05-DS-001

Aprobado por:

Gerente de Proyecto:	:	Ing. Daryle Cotrado Flores		
Jefe de Disciplina	:	Ing. Arturo Sáenz Arteaga		
Cliente	:	Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales		

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
A	28/03/2014	Revisión y Coordinación Interna	CGO	ASA	DCF
B	21/04/2014	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
O	20/06/2014	Ingeniera de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:



CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL	REV:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-001	0

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

1	I. GENERAL
2	ESPECIFICACION TECNICA DE REF. Nº:
3	DOCUMENTO DE COTIZACION:
4	AREA:
5	TAG DE EQUIPO Nº:
6	UBICACION:
7	SERVICIO:
8	TIPO:
9	CANTIDAD REQUERIDA:

10	NOMENCLATURA
11	Por Vendor:
12	No Aplica
13	No Disponible

14	II. OPERACION
15	CARACTERISTICAS DE OPERACION
16	Tipo de Servicio
17	Diseño Temperatura Ambiente
18	Min. / Máx.
19	Diseño Humedad Relativa
20	Promedio
21	Altura de Instalación
22	Operación
23	Interior
24	Exterior
25	Tiempo de Operación
26	Horas/Años
27	Ambiente
28	Limpio
29	Polvoriento
30	Seco
31	Húmedo
32	Corrosivo
33	CARACTERISTICAS DEL FLUIDO
34	Fluido a ser Bombeado
35	Flujo
36	Gravedad Específica
37	Sólidos en Suspensión
38	Viscosidad
39	PH
40	Presión de Vapor
41	Temperatura (Min. / Max.)

42	III. DATOS GENERALES
43	Capacidad de Diseño
44	Altura Dinámica Total (TDH) de Diseño
45	Diámetro de Succión y Conexión - Sugerido
46	Diámetro de Descarga y Conexión - Sugerido
47	Temperatura
48	NPSH Disponible
49	Potencia del Motor Eléctrico (Estimado)

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL	REV:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-001	0

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

50	IV. IDENTIFICACION DE EQUIPO		
51	Fabricante	---	Por Proveedor
52	Tamaño	---	Por Proveedor
53	Modelo	---	Por Proveedor

54	V. DATOS DE EQUIPOS		
55	DATOS DE BOMBA		
56	Tamaño - (Succión x Descarga)	Inches	Por Proveedor
57	Tipo		Centrifuga Horizontal
58			
59	PARAMETROS DE BOMBA		
60	Capacidad	m3/h	153.0
61	Altura Dinámica Total (TDH)	m	164.0
62	Presión de Succión (Mínima)	PSIg	30.0
63	Eficiencia - Nominal / Diseño	%	> 68%
64	Diametro Max. del Impulsor Permitido	Inches	Por Proveedor
65	Potencia al Eje - Nominal / Diseño	HP	Por Proveedor
66	Velocidad	rpm	3600
67	Rango de Velocidad (@ Flujo min - @ Flujo max)	rpm	Por Proveedor
68	Velocidad Periférica del Impulsor - Nominal / Diseño	m/s	Por Proveedor
69	NPSH Requerido Nominal / max. (abs.)	m	Por Proveedor
70			
71	COMPONENTES DE BOMBA		
72	Carcasa:		
73	Tipo		Por Proveedor
74	Material		Hierro Fundido
75	Brida de Succión (ANSI B16.5)	Inches	Por Proveedor
76	Brida de Descarga (ANSI B16.5)	Inches	Por Proveedor
77	Presión max	psig / kPa	Por Proveedor
78			
79	Impulsor:		
80	Tipo		Por Proveedor
81	Diámetro x Ancho	Inches	Por Proveedor
82	Material		Por Proveedor
83			
84	Montaje de Eje:		
85	Material		SAE 4140
86	Material manga / Espesor		Por Proveedor
87			
88	Rodamientos:		
89	Fabricante		Por Proveedor
90	Tipo/Tamaño	mm	Por Proveedor
91	Distancia Centro-Centro	mm	Por Proveedor
92	L10 Ciclo de Vida		Por Proveedor
93	Tipo		Por Proveedor
94	Material		Por Proveedor
95			

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL	REV:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-001	0

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
96	Sellos de Prensaestopas:			
97	Tipo		Por Proveedor	
98	Material - Anillos de Empaque		Por Proveedor	
99				
100	Acoplamiento de Eje:			
101	Fabricante		Por Proveedor	
102	Tipo / Modelo No.		Por Proveedor	
103	Factor de Servicio - HS / LS		Por Proveedor	
104				
105	Placa Base:			
106	Tipo		Por Proveedor	
107	Diseño		Estándar de Proveedor	
108	Material		Por Proveedor	
109				
110	MOTOR ELECTRICO		See L3X30001-DA-589750-07-DS-003	
111				
112	VARIADOR DE FRECUENCIA	Note 3	See L3X30001-DA-589750-07-DS-004	
113				
114	INSPECCION Y PRUEBAS			
115	Pruebas de Bomba			
116	Hidrostática		Requerido	
117	Funcionamiento		Requerido	
118	NPSHR		Requerido	
119	Vibración		Requerido	
120	Otros		Por Proveedor	
121	Certificación de Materiales			
122	Carcasa:		Requerido	
123	Impulsor:		Requerido	
124	Eje:		Requerido	
125	Inspección requerida para conexión de soldaduras		Estándar de Proveedor	
126	Inspección requerida para carcaza		Estándar de Proveedor	
127	Pintado y embalaje		Estándar de Proveedor	
128				
129	PESO DE EQUIPOS			
130	Bomba	kg	Por Proveedor	
131	Motor	kg	Por Proveedor	
132	Placa Base	kg	Por Proveedor	
133	Peso del Paquete	kg	Por Proveedor	
134				
135	INFORMACION PARA INSTALACION Y	Note 4		
136	MANTENIMIENTO			
137				
138	1. Instalación:			
139	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
140	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
141	Espacios Libres :			
142	a) Vertical	m	Por Proveedor	
143	b) Lateral	m	Por Proveedor	
144	c) Inferior	m	Por Proveedor	
145				



CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL	REV:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-001	0

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
146	2. Mantenimiento:			
147	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
148	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
149	Espacios Libres :			
150	a) Vertical	m	Por Proveedor	
151	b) Lateral	m	Por Proveedor	
152	c) Inferior	m	Por Proveedor	

	NOTES
153	
154	1. - Diámetro del impulsor en las bombas de accionamiento directo no podrá ser superior al 90% del máximo de la bomba.
155	2. - El vendedor es responsable de seleccionar el diámetro del impulsor adecuado de acuerdo con las condiciones de funcionamiento.
156	3. - La bomba funcionará con variador de frecuencia requerida.
157	4. - Es la información mínima que se presentará en el manual de montaje y mantenimiento.
158	

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION
"INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV"
PROYECTO N° L3-X30-001

HOJAS DE DATOS BOMBA DE ÁCIDO SULFÚRICO

L3X30001-DA-589750-05-DS-002

Aprobado por:

Gerente de Proyecto: : Ing. Daryle Cotrado Flores

Jefe de Disciplina : Ing. Arturo Sáenz Arteaga

Cliente : Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
A	28/03/2014	Revisión y Coordinación Interna	CGO	ASA	DCF
B	21/04/2014	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
0	20/06/2014	Construcción	CGO	ASA	DCF
1	17/09/2014	Se actualizo Observación	CGO	ASA	DCF

Comentarios:



CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Septiembre 17th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO	REV.:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-002	1

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

1	I. GENERAL		
2	ESPECIFICACION TECNICA DE REF. Nº:	L3X30001-DA-589750-05-TS-005	
3	AREA:	5897-401	
4	TAG DE EQUIPO Nº:	5897-PP-003/004	
5	UBICACION:	Southern Perú, Moquegua, Perú	
6	SERVICIO:	Dosificadora a Mixer	
7	TIPO:	Bomba Desplazamiento Positivo	
8	CANTIDAD REQUERIDA:	02	

10	NOMENCLATURA		
11	Por Vendor:	Por Proveedor	
12	NA:	No Aplica	
13	NA:	No Disponible	

14	II. OPERACION		
15	CONDICIONES DE OPERACION		
16	Tipo de Servicio		Continuo
17	Diseño Temperatura Ambiente		
18	Min. / Máx.	°C	-2 / 26.0
19	Diseño Humedad Relativa		
20	Promedio	%	44.0
21	Altura de Instalación	m.s.n.m.	3560.0
22	Operación		
23	Interior		NA
24	Exterior		Yes
25	Tiempo de Operación		
26	Horas / Años		8760.00
27	Ambiente		
28	Limpio		NA
29	Polvoriento		Si
30	Seco		Si
31	Húmedo		NA
32	Corrosivo		No
33	CARACTERISTICAS DEL FLUIDO		
34	Fluido		Acido Sulfúrico al 98.5%
35	Flujo o Capacidad	m3/h	2.30
36	Gravedad Específica		1.84
38	Viscosidad	cP	25.0
39	PH		< 1
40	Presión de Vapor	kPa	---
41	Temperatura (Min. / Max.)	°C	8 / 28.0

42	III. DATOS GENERALES		
43	Capacidad de Diseño	m3/h	2.3 (Nota 1)
44	Altura Dinámica Total (TDH) de Diseño	m	60 (Nota 2)
45	Presión de Descarga	Psi	Por Proveedor
46	Diámetro de succión y Tipo de Conexión	Inches /	Por Proveedor
47	Diámetro de Descarga y Tipo de conexión	Inches /	Por Proveedor
48	Presión de Diferencial	Psi	150 (Nota 3)
49	Temperatura	°C	Ambiente
50	NPSH Disponible	m	5.8

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Septiembre 17th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO	REV.:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-002	1

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

51	IV. IDENTIFICACION DE EQUIPO		
52	Fabricante	---	Por Proveedor
53	Tamaño	---	Por Proveedor
54	Modelo	---	Por Proveedor

54	V. DATOS DE EQUIPOS		
55	DATOS DE BOMBA		
56	Tipo		Desplazamiento Positivo
57	Modelo		Por Proveedor
58	PARAMETROS DE BOMBA		
59	Capacidad Flujo, max.	m3/h	2.3
60	Diámetro del Rotor	mm	Por Proveedor
61	Velocidad max.	rpm	Por Proveedor
62	Presión Max. de Descarga	kPa	Por Proveedor
63	NPSH Requerido	m	Por Proveedor
64	Método de Ajuste		NA
65	Control Automático de Capacidad (Tipo)		Por Proveedor
66	Potencia eje @ Max Presión y Velocidad	HP	1.8 HP (Nota 4)
67	Eficiencia Mecánica	%	Por Proveedor
68	NPSH Requerido Nominal / Max.	m	Por Proveedor
69	Válvula de Seguridad (Si / No)		
70	Rango de Válvula de Seguridad	kPa	
71			
72	COMPONENTES DE BOMBA		
73	Carcasa:		
74	Tipo		Por Proveedor
75	Material		AISI 316
76	Conexión Succión	Inches	Por Proveedor
77	Conexión Descarga	Inches	Por Proveedor
78	Presión max	psig / kPa	Por Proveedor
79			
80	Rotor:		
81	Tipo		Engranaje / Tornillo
82	Dimensiones	Inches	Por Proveedor
83	Material		AISI 316
84			
85	Engranaje Intermedio / Loco:		
86	Material		AISI 316
87			
88	Rodamientos:		
89	Fabricante		Por Proveedor
90	Tipo / Tamaño	mm	Por Proveedor
91	Distancia Centro-Centro	mm	Por Proveedor
92	L10 Ciclo de Vida		Por Proveedor
93	Tipo		Por Proveedor
94	Material		Por Proveedor
95			

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Septiembre 17th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO	REV.:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-002	1

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
96	Sellos de Prensaestopas:			
97	Tipo		Por Proveedor	
98	Material - Anillos de Empaque		Por Proveedor	
99				
100	Acoplamiento de Eje:			
101	Fabricante		Por Proveedor	
102	Tipo / Modelo No.		Por Proveedor	
103	Factor de Servicio - HS / LS		Por Proveedor	
104				
105	Base:			
106	Tipo		Por Proveedor	
107	Diseño		Estándar de Proveedor	
108	Material		Por Proveedor	
109				
110	MOTOR ELECTRICO			
111	Potencia Eléctrica	HP	3	
112	Velocidad	rpm	Por Proveedor	
113	Voltaje / Fase / Frecuencia	V / Ø / Hz	480 / 3 / 60	
114	Fabricante / Modelo		Por Proveedor	
115				
116	INSPECCION Y PRUEBAS			
117	Pruebas de Bomba			
118	Hidrostática		Requerido	
119	Funcionamiento		Requerido	
120	Vibración		Requerido	
121	Otros		Por Proveedor	
122	Certificación de Materiales			
123	Carcasa:		Requerido	
124	Rotor:		Requerido	
125	Inspección requerida para conexión de soldaduras		Estándar de Proveedor	
126	Inspección requerida para carcaza		Estándar de Proveedor	
127	Pintado y embalaje		Estándar de Proveedor	
128				
129	PESO DE EQUIPOS			
130	Bomba	kg	Por Proveedor	
131	Motor	kg	Por Proveedor	
132	Base	kg	Por Proveedor	
133	Peso del Paquete	kg	Por Proveedor	
134				
135	INFORMACION PARA INSTALACION Y			
136	MANTENIMIENTO	Lea Nota 5		
137				
138	1. Instalación:			
139	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
140	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
141	Espacios Libres :			
142	a) Vertical	m	Por Proveedor	
143	b) Lateral	m	Por Proveedor	
144	c) Inferior	m	Por Proveedor	
145				



CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Septiembre 17th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO	REV.:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-002	1

	DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
146	2. Mantenimiento:			
147	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
148	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
149	Espacios Libres :			
150	a) Vertical	m	Por Proveedor	
151	b) Lateral	m	Por Proveedor	
152	c) Inferior	m	Por Proveedor	

153	NOTES
154	1. - El caudal se selecciona para la condicion de alimentacion al tanque de acido
	2. - La altura dinamica considera un aumento en el nivel del PAD de 3555 m a 3570 m
	3. - La presion diferencial considera un aumento en el nivel del PAD de 3555 m a 3570 m
	4.- La potencia al eje de la bomba es calculada para la condicion de tanque lleno. Para tanque medio, el valor sube a 2.4 HP
	5. - Los manuales de mantenimiento seran por el Vendor, indicando piezas de recambio estandares

SOUTHERN PERU COOPER CORPORATION
"INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE
LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV"
PROYECTO N° L3-X30-001

HOJAS DE DATOS BOMBA DE ILS

L3X30001-DA-589750-05-DS-003

Aprobado por:

Gerente de Proyecto : Ing. Daryle Cotrado Flores _____
Jefe de Disciplina : Ing. Arturo Sáenz Arteaga _____
Cliente : Ing. Vicente Jaico / Ing. Julio Corrales _____

Rev.	Fecha	Emitido Para:	Hecho	Revisado	Aprobado
A	28/03/2014	Revisión y Coordinación Interna	CGO	ASA	DCF
B	21/04/2014	Aprobación del Cliente	CGO	ASA	DCF
O	20/06/2014	Ingeniería de Detalle	CGO	ASA	DCF

Comentarios:



GreEngField
Project Management S.A.C.

Anddes



SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL ANSI	REV.:
HOJA DE DATOS Nº :	L3X30001-DA-589750-05-DS-003	0

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

1	I. GENERAL		
2	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE REF. Nº:	L3X30001-DA-589750-05-TS-001	
3	DOCUMENTO DE COTIZACIÓN:	--	
4	AREA:	5897-401	
5	TAG DE EQUIPO Nº:	5897-PP-001/002	
6	UBICACIÓN:	Southern Perú, Moquegua, Perú	
7	SERVICIO:	Solución Ácida (ILS)	
8	TIPO:	Bomba Centrifuga Horizontal	
9	CANTIDAD REQUERIDA:	02	

10	NOMENCLATURA		
11	Por Vendor:	Por Proveedor	
12	NA:	No Aplica	
13	ND:	No Disponible	

14	II. OPERACIÓN		
15	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN		
16	Tipo de Servicio	Continuo	
17	Diseño Temperatura Ambiente		
18	Min. / Máx.	°C	-2 / 26.0
19	Diseño Humedad Relativa		
20	Promedio	%	44.0
21	Altura de Instalación	m.s.n.m.	3560.0
22	Operación		
23	Interior		
24	Exterior	Yes	
25	Tiempo de Operación		
26	Horas / Años		8760.00
27	Ambiente		
28	Limpio	NAP	
29	Polvoriento	Si	
30	Seco	Si	
31	Húmedo	NAP	
32	Corrosivo	No	
33	CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO		
34	Fluido a ser Bombeado	Solución Ácida (ILS)	
35	Flujo	m3/h	41.2
36	Gravedad Específica		1.03
37	Sólidos en Suspensión	ppm	-
38	Viscosidad	cP	1.0
39	PH		-1.7
40	Presión de Vapor	kPa	1.80
41	Temperatura (Min. / Max.)	°C	8 / 28.0

42	III. DATOS GENERALES		
43	Capacidad de Diseño	m3/h	41.2
44	Altura Dinámica Total (TDH) de Diseño	m	100 (Note 3)
45	Diámetro de Succión y Conexión - Sugerido	Anches	Por Proveedor
46	Diámetro de Descarga y Conexión - Sugerido	Inches	Por Proveedor
47	Temperatura	°C	Ambiente
48	NPSH Disponible	m	9
49	Potencia del Motor Eléctrico (Estimado)	HP	50



GreEngField
Project Management S.A.C.



SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL ANSI	REV.:
HOJA DE DATOS N° :	L3X30001-DA-589750-05-DS-003	0

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
--	-------------	--------	--------------	----------

50	IV. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO			
51	Fabricante	---	Por Proveedor	
52	Tamaño	---	Por Proveedor	
53	Modelo	---	Por Proveedor	

54	V. DATOS DE EQUIPOS			
55	DATOS DE BOMBA			
56	Tamaño - (Succión x Descarga)	Inches	Por Proveedor	
57	Tipo		Centrífuga Horizontal ANSI	
58				
59	PARÁMETROS DE BOMBA			
60	Capacidad	m3/h	41.2	
61	Altura Dinámica Total (TDH)	m	100	
62	Presión de Succión (Mínima)	PSIg	2.7	
63	Eficiencia - Nominal / Diseño		> 68%	
64	Diámetro Max. del Impulsor Permitido	Inches	Por Proveedor	
65	Potencia al Eje - Nominal / Diseño	HP	Por Proveedor	
66	Velocidad	rpm	1800	
67	Rango de Velocidad (@ Flujo min - @ Flujo max)	rpm	Por Proveedor	
68	Velocidad Periférica del Impulsor - Nominal / Diseño	m/s	Por Proveedor	
69	NPSH Requerido Nominal / max. (abs.)	m	Por Proveedor	
70				
71	COMPONENTES DE BOMBA			
72	Carcasa:			
73	Tipo		Por Proveedor	
74	Material		AISI 316	
75	Brida de Succión (ANSI B16.5)	Inches	Por Proveedor	
76	Brida de Descarga (ANSI B16.5)	Inches	Por Proveedor	
77	Presión max	psig / kPa	Por Proveedor	
78				
79	Impulsor:			
80	Tipo		Por Proveedor	
81	Diámetro x Ancho	Inches	Por Proveedor	
82	Material		AISI 316	
83				
84	Montaje de Eje:			
85	Material		AISI 316	
86	Material manga / Espesor		Por Proveedor	
87				
88	Rodamientos:			
89	Fabricante		Por Proveedor	
90	Tipo / Tamaño	mm	Por Proveedor	
91	Distancia Centro-Centro	mm	Por Proveedor	
92	L10 Ciclo de Vida		Por Proveedor	
93	Tipo		Por Proveedor	
94	Material		Por Proveedor	
95				



GreEngField
Project Management S.A.C.



SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL ANSI	REV.:
HOJA DE DATOS N° :	L3X30001-DA-589750-05-DS-003	0

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
96	Sellos de Prensaestopas:			
97	Tipo		Por Proveedor	
98	Material - Anillos de Empaque		Por Proveedor	
99				
100	Acoplamiento de Eje:			
101	Fabricante		Por Proveedor	
102	Tipo / Modelo No.		Por Proveedor	
103	Factor de Servicio - HS / LS		Por Proveedor	
104				
105	Placa Base:			
106	Tipo		Por Proveedor	
107	Diseño		Estándar de Proveedor	
108	Material		Por Proveedor	
109				
110	MOTOR ELÉCTRICO		See L3X300001-DA-589750-07-DS-003	
111				
112	VARIADOR DE FRECUENCIA	See Note 3	See L3X300001-DA-589750-07-DS-004	
113				
114	INSPECCIÓN Y PRUEBAS			
115	Pruebas de Bomba			
116	Hidrostática		Requerido	
117	Funcionamiento		Requerido	
118	NPSHR		Requerido	
119	Vibración		Requerido	
120	Otros		Por Proveedor	
121	Certificación de Materiales			
122	Carcasa:		Requerido	
123	Impulsor:		Requerido	
124	Eje:		Requerido	
125	Inspección requerida para conexión de soldaduras		Estándar de Proveedor	
126	Inspección requerida para carcaza		Estándar de Proveedor	
127	Pintado y embalaje		Estándar de Proveedor	
128				
129	PESO DE EQUIPOS			
130	Bomba	kg	Por Proveedor	
131	Motor	kg	Por Proveedor	
132	Placa Base	kg	Por Proveedor	
133	Peso del Paquete	kg	Por Proveedor	
134				
135	INFORMACIÓN PARA INSTALACIÓN Y			
136	MANTENIMIENTO	See Note 4	Por Proveedor	
137				
138	1. Instalación:			
139	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
140	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
141	Espacios Libres :			
142	a) Vertical	m	Por Proveedor	
143	b) Lateral	m	Por Proveedor	
144	c) Inferior	m	Por Proveedor	
145				



GreEngField
Project Management S.A.C.



CLIENTE:	Southern Perú Copper Corporation S.A.	FECHA:
PROYECTO:	PAD de Lixiviación Fase IV Etapa III - Cuajone	Junio 20th, 2014
NOMBRE DEL EQUIPO:	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL ANSI	REV.:
HOJA DE DATOS N° :	L3X30001-DA-589750-05-DS-003	0

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	COTIZADO
146	2. Mantenimiento:			
147	Identificación y peso de las piezas mas pesadas	kg	Por Proveedor	
148	Identificación y dimensión de las piezas mas grandes	mm	Por Proveedor	
149	Espacios Libres :			
150	a) Vertical	m	Por Proveedor	
151	b) Lateral	m	Por Proveedor	
152	c) Inferior	m	Por Proveedor	

153	NOTES
154	1. - Diámetro del impulsor en las bombas de accionamiento directo no podrá ser superior al 90% del máximo de la bomba.
155	2. - El vendedor es responsable de seleccionar el diámetro del impulsor adecuado de acuerdo con las condiciones de funcionamiento.
156	3. - La bomba funcionará con variador de frecuencia requerida.
157	4. - Es la información mínima que se presentará en el manual de montaje y mantenimiento.
158	
159	

PRESUPUESTO CAPEX

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV

 Rev.: 0
 Fecha: 20 Agosto 2014

Item	Descripción de Item - COSTO DIRECTO	Unidad	Cant.	Factor d/Crecimiento	Cantidad Total	Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	
1.0	ACTIVIDADES GENERALES						212,000.0			0.0	0	212,000
1.1	Instalación, mantenimiento y retiro de facilidades de obra	GLB	1.0	0%	1	82,000.0	82,000.0	-	0	-	0	82,000
1.2	Movilización y desmovilización	GLB	1.0	0%	1	#####	120,000.0	-	0	-	0	120,000
1.3	Suministro y desarrollo de planos As Built	GLB	1.0	0%	1	10,000.0	10,000.0	-	0	-	0	10,000
3	ÁREA 5897 - 401 SISTEMA DE BOMBEO, RIEGO, RECIRCULACIÓN, COLECCIÓN DE PLS Y DETECCIÓN DE FUGAS						316,055			223,500	753,671	1,293,225
3.1	Civil Estructural						105,702			0	152,057	257,758
	Sistema de bombeo (Estacion de Bombeo Agua fresca y Linea de Agua Fresca)											
3.1.01	Excavación y acarreo en material suelto	M3	40.0			20.00	800		0		0	800
3.1.02	Excavación y acarreo en zanjas	M3	124.2			25.00	3,105		0		0	3,105
3.1.03	Relleno Compactado con Material Estructural	M3	92.1			25.00	2,303		0		0	2,303
3.1.04	Relleno de zanjas	M3	62.1			30.00	1,863		0		0	1,863
3.1.05	Cimentación bombas en Concreto f'c=280 Kg/cm2, Incluye Refuerzos	M3	4.0			220.00	880		0	350.00	1,400	2,280
3.1.06	Bloques de Anchaje en Concreto f'c=280 Kg/cm2, Incluye Refuerzos	M3	4.0			250.00	1,000		0	350.00	1,400	2,400
3.1.07	Banco de ductos	M3	5.0			200.00	1,000		0	300.00	1,500	2,500
3.1.08	Cruce de Tuberías Alcantarilla ø15"	M	138.0			10.00	1,380		0	25.00	3,450	4,830
	Sistema de Ácido sulfúrico (nueva línea en plataforma ILS y linea existente)											
3.1.09	Excavación en relleno estructural	M3	30.0			15.00	450		0		0	450
3.1.10	Excavación y acarreo en zanjas	M3	43.2			25.00	1,080		0		0	1,080
3.1.11	Relleno Compactado con Material Estructural	M3	10.0			30.00	300		0		0	300
3.1.12	Relleno de zanjas	M3	34.6			30.00	1,037		0		0	1,037
3.1.13	Losas Cimentación, Losas, Incluye Refuerzos	M3	49.7			220.00	10,924		0	350.00	17,380	28,304
3.1.14	Muro de Concreto, Incluye Refuerzos	M3	18.3			250.00	4,576		0	350.00	6,406	10,982
3.1.15	Zapatas, Bases Cimentación y Pedestales en Concreto f'c=280 Kg/cm2, Incluye Refuerzos	M3	3.0			250.00	750		0	350.00	1,050	1,800
3.1.16	Banco de ductos	M3	6.0			200.00	1,200		0	300.00	1,800	3,000
3.1.17	Sellado de Juntas con Sello Epóxico	M	85.5			15.00	1,283		0	10.00	855	2,138
3.1.18	Revestimiento Epóxico en Losas y Pisos	M2	206.9			20.00	4,138		0	40.00	8,276	12,414
3.1.19	Insertos	Kg	300.0			2.00	600		0	2.50	750	1,350
3.1.20	Cruce de Tuberías casing ø15"	M	48.0			10.00	480		0	25.00	1,200	1,680
3.1.21	Bases bombas Planta Chancado (incl. repos. Geomembrana)	GLB	1.0			1,500.00	1,500		0	2,000.00	2,000	3,500
	Sistema de ILS											
3.1.22	Excavación en relleno estructural	M3	35.0			15.00	525		0		0	525
3.1.23	Relleno Compactado con Material Estructural	M3	15.0			30.00	450		0		0	450
3.1.24	Losas Cimentación, Losas, Incluye Refuerzos	M3	36.0			220.00	7,927		0	350.00	12,612	20,539
3.1.25	Zapatas, Bases Cimentación y Pedestales en Concreto f'c=280 Kg/cm2, Incluye Refuerzos	M3	5.0			250.00	1,250		0	350.00	1,750	3,000
3.1.26	Sellado de Juntas con Sello Epóxico	M	160.2			15.00	2,403		0	10.00	1,602	4,005
3.1.27	Revestimiento Epóxico en Losas y Pisos	M2	206.9			20.00	4,138		0	40.00	8,276	12,414
3.1.28	Insertos	Kg	400.0			2.00	800		0	2.50	1,000	1,800
3.1.29	Fabricación y Montaje de Estructuras (incluye revestimiento)	Kg	9,820.0			3.00	29,460		0	5.00	49,100	78,560
3.1.30	Cercos Metálicos	M	300.0			60.00	18,000		0	100.00	30,000	48,000
3.1.31	Cruce de Tuberías casing ø15"	M	10.0			10.00	100		0	25.00	250	350
3.2	Mecánica Tuberías						161,153.0			0	446,364	607,517
	Sistema de Agua Fresca											
3.2.01	8" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 9)	M	1,450.0			15.00	21,750.0		0	45.0	65,250	87,000
3.2.02	8" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 13.5)	M	1,100.0			12.00	13,200.0		0	35.0	38,500	51,700
3.2.03	8" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 17)	M	750.0			15.00	11,250.0		0	30.0	22,500	33,750
3.2.04	6" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 9)	M	12.0			15.00	180.0		0	30.0	360	540
3.2.05	4" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 9)	M	12.0			12.00	144.0		0	27.0	324	468
3.2.06	4" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 13.5)	M	1,440.0			12.00	17,280.0		0	15.0	21,600	38,880
3.2.07	2" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 17)	M	2,580.0			10.00	25,800.0		0	2.1	5,444	31,244
3.2.08	2" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	18.0			25.00	450.0		0	90.0	1,620	2,070
3.2.09	8" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	18.0			20.00	360.0		0	82.0	1,476	1,836
3.2.10	6" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	18.0			10.00	180.0		0	75.0	1,350	1,530
3.2.11	4" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	6.0			10.00	60.0		0	65.0	390	450
3.2.12	3" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	6.0			7.00	42.0		0	40.0	240	282
3.2.13	2" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	6.0			7.00	42.0		0	30.0	180	222
3.2.14	1 1/2" Ø, ASTM A53 B, ERW, Std (Sch 40), Wt BBE	M	42.0			7.00	294.0		0	15.0	630	924
3.2.15	6" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	6.0			25.00	150.0		0	150.0	900	1,050
3.2.16	Butterfly valve 10" Ø, TpdLug, A216WCB, CL150, API 608B, BunaNTrim, Gear Operated, High Performance.	EA	1.0			250.00	250.0		0	2,500.00	2,500	2,750
3.2.17	Butterfly valve 6" Ø, TpdLug, A216WCB, CL300, API 608B, BunaNTrim, Gear Operated, High Performance.	EA	6.0			150.00	900.0		0	2,000.00	12,000	12,900
3.2.18	Butterfly valve 6" Ø, TpdLug, A216WCB, CL150, API 608B, BunaNTrim, Gear Operated, High Performance.	EA	1.0			150.00	150.0		0	1,750.00	1,750	1,900
3.2.19	Check valve 6" Ø, wafer, A126B, CL300, FF, Std, A1BrzSSBuna	EA	2.0			150.00	300.0		0	1,800.00	3,600	3,900
3.2.20	Check valve 6" Ø, Flgd, inoxidable #150	EA	1.0			150.00	150.0		0	1,500.00	1,500	1,650
3.2.21	Wave Anticipating Valve 4" Ø, Flgd, CL300, SS316L	EA	1.0			250.00	250.0		0	25,000.00	25,000	25,250
3.2.22	4"Ø, Butterfly valve, Body and Disc of SS 316, Teflon or Metal Seat, Lug Wafer type, ANSI #150, level handled	EA	10.0			50.00	500.0		0	1,500.00	15,000	15,500
3.2.23	Air Vent 2" Dia, ASTM A 351 CF8M, Thrd, W/Ball Valve, Thrid, A 351 CF8M, 1000 wog	EA	4.0			15.00	60.0		0	550.00	2,200	2,260
3.2.24	Air Vent 1" Dia, ASTM A 351 CF8M, Thrd, W/Ball Valve, Thrid, A 351 CF8M, 1000 wog	EA	8.0			15.00	120.0		0	350.00	2,800	2,920

PRESUPUESTO CAPEX

PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV

 Rev.: 0
 Fecha: 20 Agosto 2014

Item	Descripción de Item - COSTO DIRECTO	Unidad	Cant.	Factor d/Crecimiento	Cantidad Total	Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	
3.2.25	Accesorios diversos (conexiones y soportes)	GLB	1.0		7,500.00	7,500.00				50,000	50,000	57,500
Sistema de ILS												
3.2.26	12"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 11), Type III, Class C, Grade P34	M	60.0		20.00	1,200.0				90.0	5,400	6,600
3.2.27	4"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 11), Type III, Class C, Grade P34	M	120.0		15.00	1,800.0			0	20.0	2,400	4,200
3.2.28	4"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 13.5), Type III, Class C, Grade P34	M	480.0		15.00	7,200.0			0	15.0	7,200	14,400
3.2.29	4"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 17), Type III, Class C, Grade P34	M	1,440.0		15.00	21,600.0			0	7.5	10,800	32,400
3.2.30	2"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 17), Type III, Class C, Grade P34	M	200.0		15.00	3,000.0			0	5.0	1,000	4,000
3.2.31	6"Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	18.0		25.00	450.0			0	150.0	2,700	3,150
3.2.32	4" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	18.0		22.00	396.0			0	140.0	2,520	2,916
3.2.33	3" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	6.0		20.00	120.0			0	130.0	780	900
3.2.34	2" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	6.0		15.00	90.0			0	100.0	600	690
3.2.35	1" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	6.0		15.00	90.0			0	75.0	450	540
3.2.36	3/4" Ø, A312TP316, EFW, Sch10	M	6.0		15.00	90.0			0	70.0	420	510
3.2.37	Butterfly valve 12" Ø, TpdLug, A351CF8M, CL150, 316RTFE, B16.34 Gear Operated, High Performance.	EA	3.0		250.00	750.0			0	4,500.0	13,500	14,250
3.2.38	Butterfly valve 8" Ø, TpdLug, A351CF8M, CL150, 316RTFE, B16.34 Gear Operated, High Performance.	EA	2.0		200.00	400.0			0	2,600.0	5,200	5,600
3.2.39	Butterfly valve 6" Ø, TpdLug, A351CF8M, CL150, 316RTFE, B16.34 Gear Operated, High Performance.	EA	1.0		175.00	175.0			0	1,850.0	1,850	2,025
3.2.40	Butterfly valve 4" Ø, TpdLug, A351CF8M, CL150, 316RTFE, B16.34 Gear Operated, High Performance.	EA	44.0		150.00	6,600.0			0	1,350.0	59,400	66,000
3.2.41	Butterfly valve 3" Ø, TpdLug, A351CF8M, CL150, 316RTFE, B16.34 Gear Operated, High Performance.	EA	2.0		110.00	220.0			0	1,200.0	2,400	2,620
3.2.42	Check valve 3" Ø, A351CF8M, CL150, SRF, StdF, B16.34, 316PiT7 High Performance.	EA	2.0		150.00	300.0			0	1,500.0	3,000	3,300
3.2.43	Wave Anticipating Valve 2" Ø, Flgr, CL150, SS316L	EA	1.0		150.00	150.0			0	2,000.0	2,000	2,150
3.2.44	Accesorios diversos (conexiones y soportes)	GLB	1.0		2,500.00	2,500.0				75,000	15,000	17,500
Sistema de Ácido Sulfúrico												
3.2.45	2" Ø, HDPE PE4710 - IPS, ASTM D1248 (SDR 13.5)	M	750.0		5.00	3,750.0			0	3.0	2,250	6,000
3.2.46	1" Ø, A312TP316, SMLS, Sch 10S, PE	M	60.0		20.00	1,200.0			0	50.0	3,000	4,200
3.2.47	3/4" Ø, A312TP316, SMLS, Sch 10S, PE	M	30.0		25.00	750.0			0	48.0	1,440	2,190
3.2.48	4"Ø, ERW BE Std, Acero al carbono ASTM A53 GR.B Sch 80	M	80.0		20.00	1,600.0			0	130.0	10,400	12,000
3.2.49	Accesorios diversos (conexiones y soportes)	GLB	1.0		5,000.00	5,000.0			10,500	15,000	20,000	
Modulo de riego												
3.2.50	4"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 11), Type III, Class C, Grade P34	M	500.0		0.00	0.0			0	0.0	0	0
Strips												
3.2.51	4"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 17), Type III, Class C, Grade P34	M	1,500.0		0.00	0.0			0	0.0	0	0
Ramal												
3.2.52	2"Ø, HDPE, ASTM D1248 (SDR 17), Type III, Class C, Grade P34	M	16,200.0		0.00	0.0			0	0.0	0	0
Mixer												
3.2.53	1"Ø, As Welded, BE Stainless Steel TP316L, similar to ASTM A312 Sch 10	M	12.0		15.00	180.0			0	30.0	360	540
3.2.54	3/4"Ø, As Welded, BE Stainless Steel TP316L, similar to ASTM A312 Sch 10	M	12.0		15.00	180.0			0	15.0	180	360
3.3 Mecánica Equipos												
Sistema de Agua Fresca												
3.3.01	Bomba centrífuga Acero al Carbono (Q= 153 m3/h; TDH= 164 m ; P = 150 HP)	EA	2.0		1,500.00	3,000.0	65,000.00	130,000		0	133,000	
Sistema de ILS												
3.3.02	Bomba centrífuga SS 316 (Q= 41.2 m3/h; TDH=100 m : P = 50 HP)	EA	2.0		1,500.00	3,000.0	35,000.00	70,000		0	73,000	
Sistema de Ácido												
3.3.03	Bomba dosificadora de Desplazamiento Positivo (Q = 2.3 m3/h; TDH 50 m= ; P= 3 HP)	EA	2.0		500.00	1,000.0	5,000.00	10,000		0	11,000	
3.3.04	Bomba dosificadora de Desplazamiento Positivo (Q = 7 m3/h; TDH 4 m= ; P= 1 HP)	EA	2.0		500.00	1,000.0	1,500.00	3,000		0	4,000	
Sistema de Rebombeo												
3.3.05	Bomba centrífuga Acero al Carbono (Q= 6 m3/h; TDH= 12 m ; P = 1 HP)	EA	2.0		500.00	1,000.0	1,500.00	3,000		0	4,000	
3.3.06	Bomba centrífuga de Acero al Carbono (Q= 10 m3/h; TDH= 26 m ; P = 3 HP)	EA	2.0		500.00	1,000.0	2,500.00	5,000		0	6,000	
3.3.07	Bomba centrífuga vertical de Acero al Carbono (Q= 21 m3/h; TDH= 26 m ; P = 5 HP)	EA	1.0		500.00	500.0	2,500.00	2,500		0	3,000	
Cajones/Tanques												
3.3.08	Tanque de almacenamiento de Acero al Carbono ASME para ácido (98% concentración)	KG	4,500.0		3.00	13,500.0			0	6.5	29,250	42,750
3.3.09	Tanque de almacenamiento de Acero Inoxidable para ILS	KG	3,500.0		3.00	10,500.0			0	15.0	52,500	63,000
3.3.10	Cajon Distribuidor de PLS/ILS, SS 316L	KG	2,500.0		3.00	7,500.0			0	15.0	37,500	45,000
3.3.11	Mixer SS316	KG	2,400.0		3.00	7,200.0			0	15.0	36,000	43,200
SUB TOTAL COSTO DIRECTO US\$						8,814,278.3		692,600		2,839,359		12,346,238

PRESUPUESTO CAPEX

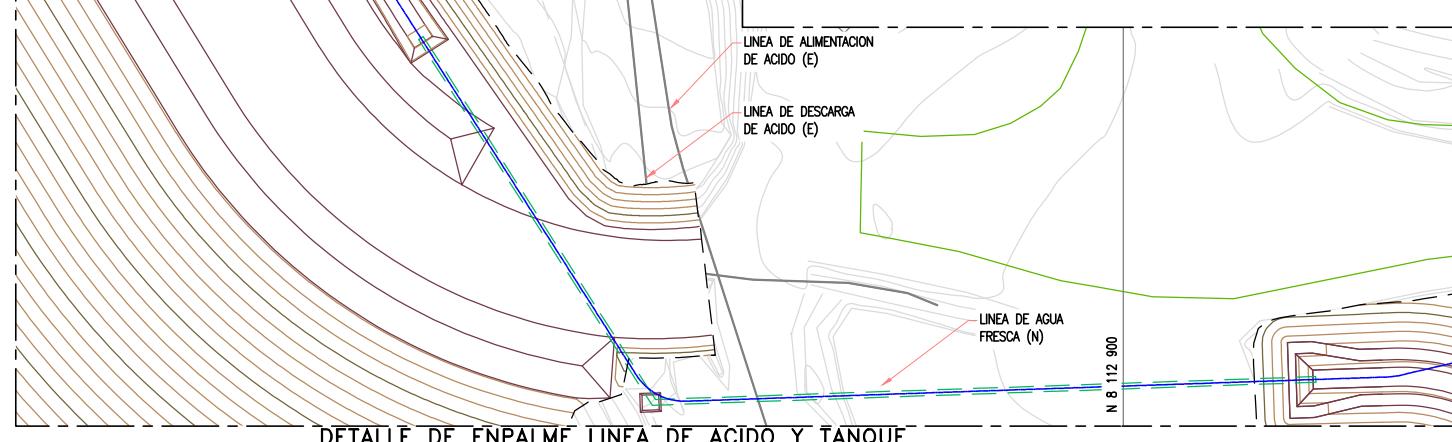
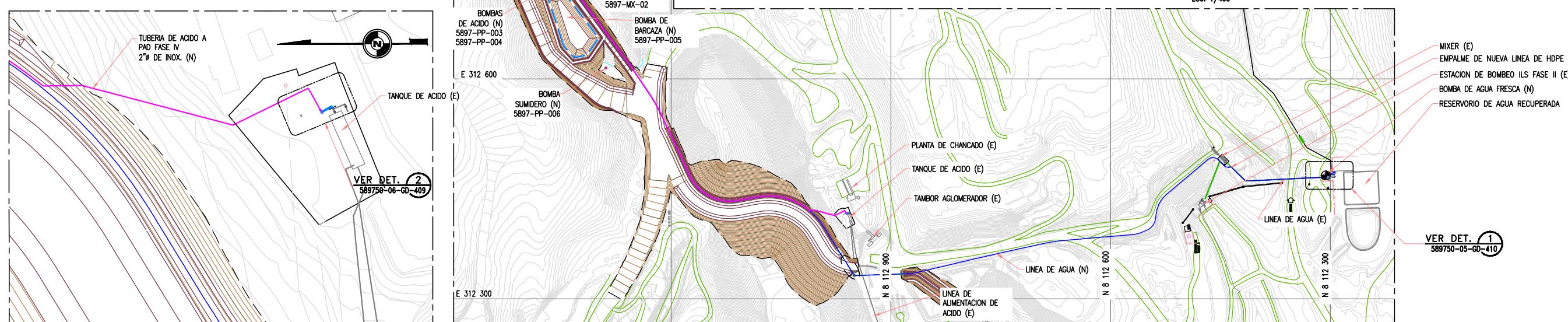
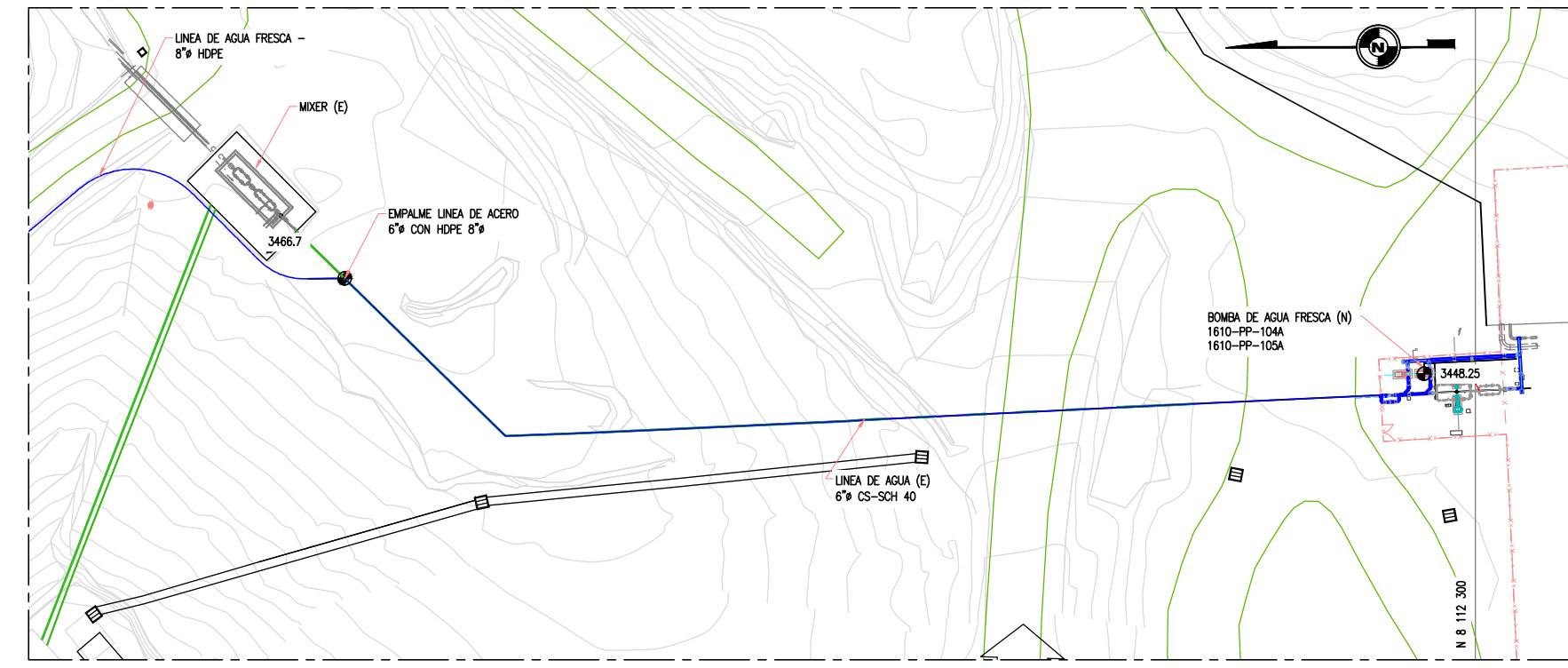
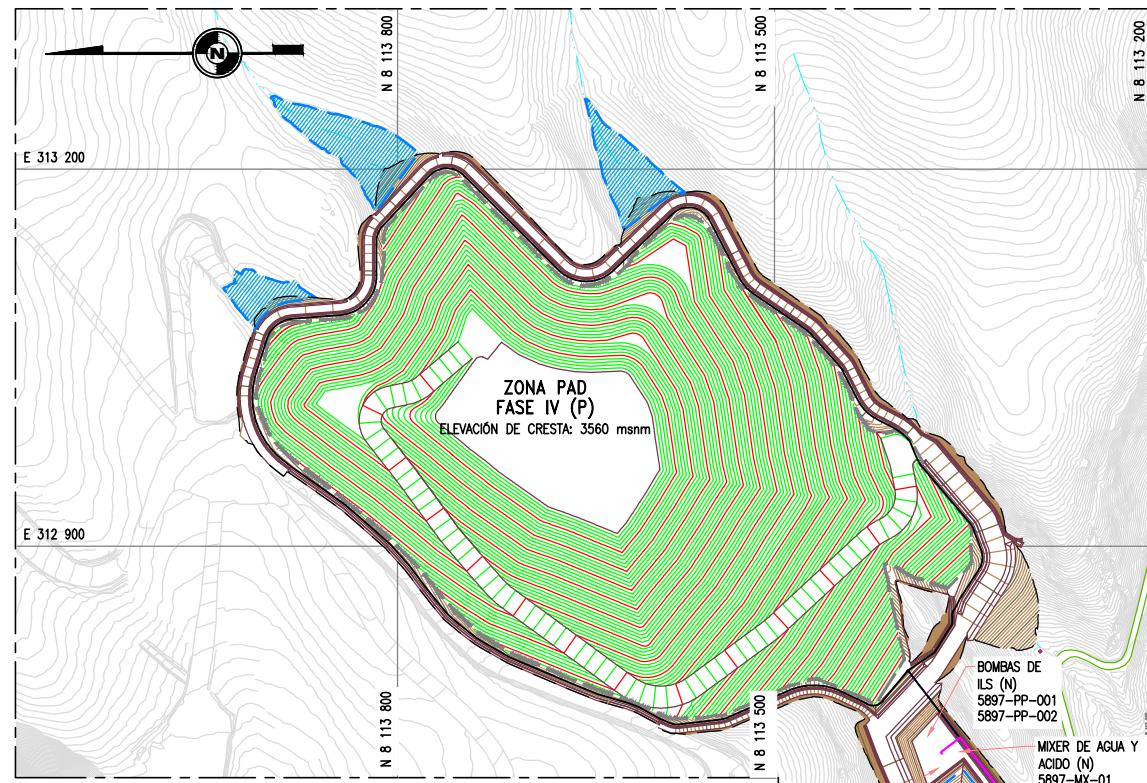
PROYECTO: INGENIERÍA DE DETALLE PARA CONSTRUCCIÓN DE PAD DE LIXIVIACIÓN CUAJONE FASE IV

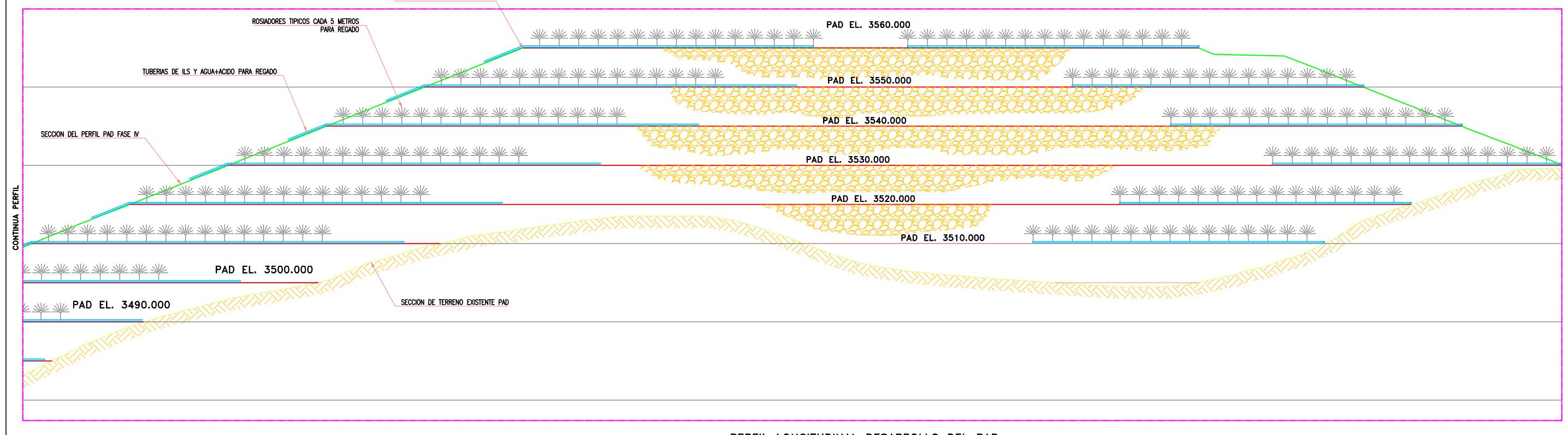
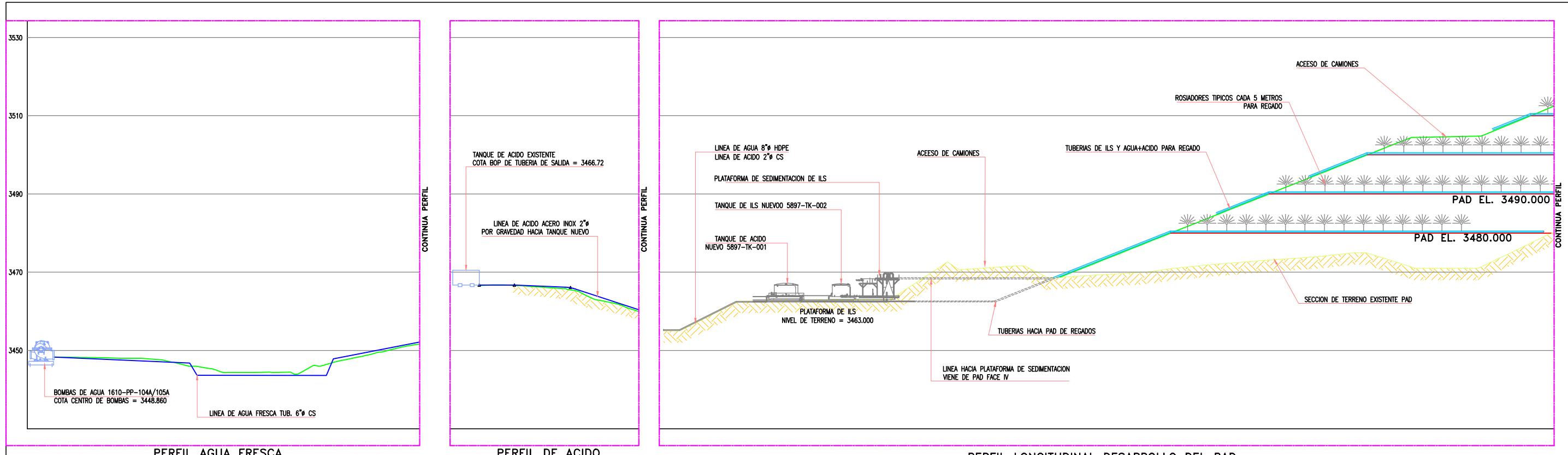
 Rev.: 0
 Fecha: 20 Agosto 2014

Item	Descripción de Item - COSTO DIRECTO	Unidad	Cant.	Factor d/Crecimiento	Cantidad Total	Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	
						P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$	P.U.	Sub Total US\$		
COSTO INDIRECTO						Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	
1.0	COSTOS INDIRECTOS DE LA CONTRATISTA					10%	881,428		0		0		881,428
2.0	COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCION					10%	881,428		0		0		881,428
3.0	SEGURO DE CONSTRUCCION CAR					0.1%	8,814	0.1%	693	0.1%	2,839		12,346
3.0	CAMPAMENTO DE CONSTRUCCION					0.7%	61,700		0		0		61,700
4.0	LLENADO INICIAL						0	1%	6,926	1%	28,394		35,320
5.0	REPRESENTATES DE VENDEDORES COMISIONADO						0	3%	20,778		0		20,778
6.0	REPUESTO PARA PUESTA EN MARCHA						0	2%	13,852		0		13,852
7.0	FLETE Y TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES						0	10%	69,260	10%	283,936		353,196
SUB TOTAL COSTO INDIRECTO US \$							1,833,370		111,509		315,169		2,260,047
EPCM													Total en US\$
1.0	INGENIERÍA BÁSICA - DETALLE												500,000
SUB TOTAL COSTO EPCM US \$													500,000
RESUMEN						Labor Construcción		Equipos		Materiales		Total en US\$	
1.0	COSTO DIRECTO						8,814,278		692,600		2,839,359		12,346,238
2.0	COSTO INDIRECTO						1,833,370		111,509		315,169		2,260,047
3.0	COSTO EPCM												500,000
4.0	CONTINGENCIA DEL PROYECTO (10%)												1,510,628
5.0	COSTO DEL DUEÑO												957,000
COSTO TOTAL US \$													17,573,913

Notas:

- El Costo Directo total no incluye los materiales y actividades requeridas para la colocación de tuberías y geomembranas de los niveles superiores durante la etapa de operación.
- El presupuesto ha sido estimado en base al diseño del Pad de Lixiviación Fase IV - Etapa III, se ha tomado como referencia la información de la Ingeniería Básica desarrollada por SPCC.
- El presupuesto ha sido elaborado considerando un factor de crecimiento de 10% para movimiento de tierras y 15 % para geosintéticos, debido a posibles variaciones del tipo de suelo, a los despedidos y traslapes de materiales geosintéticos generados durante el proceso constructivo.
- El material para la conformación del relleno estructural, relleno para estructuras y suelo de baja permeabilidad serán obtenidos de la cantera Mina 1, ubicada a una distancia promedio de 2,5 Km.
- El material para la conformación del relleno masivo será con material propio obtenido de los cortes en suelos, roca ripable y roca fija, en caso sea necesario se podrá utilizar material de cantera con la aprobación de la supervisión y SPCC.
- El relleno masivo para la conformación del camino de acarreo para la línea PLS y cruce de camino de acarreo serán realizados por operaciones mina de SPCC.
- Suministro de tuberías y mini wobblers a cuenta operaciones SPCC.
- Los precios de los equipos y materiales han sido en base a cotizaciones y referencias de proyectos similares.





No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB	REV	DIS	APRO	CLIENTE	V. JAICO	APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:	SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU			MINA CUAJONE ZONA PAD FASE IV PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III TUBERIAS ARREGLO GENERAL DE TUBERIAS EN PAD 2 DE 2			COPYRIGHT © GreEngField SAC		
														GERENCIA DE PROYECTOS - CUAJONE	PROYECTOS - CUAJONE	APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:	PROYECTO No	ESCALA	FORMATO	
589750-06-GD-419	LINIA DE DISTRIBUCION DE (AGUA + AGICO / ILS) STRIP 1 DE 2											DIBUJADO	L. ZAPATA	JUL. 2014								
589750-06-GD-463	TUBERIA - BOMBA DE AGICO - PLANTA SECCION Y DETALLE											REVISADO	A. SAENZ	JUL. 2014								
589750-05-GA-411	ARREGLO GENERAL PLATAFORMA ILS-PLANTA	0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	L.Z	A.S.	A.S.	D.C.							GERENCIA DE PROYECTOS - CUAJONE	PROYECTOS - CUAJONE						
589750-05-GD-410	ARREGLO GENERAL - ESTACION DE BOMBEO DE LINEA DE AGUA	B	27.06.14	EMITIDO PARA APROBACION DEL CLIENTE	L.Z	A.S.	A.S.	D.C.	APROBADO	D. COTRADO	JUL. 2014											
589750-06-GA-400	ARREGLO GENERAL DE TUBERIAS - PAD 1 DE 2	A	26.06.14	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	L.Z	A.S.	A.S.	D.C.							APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:					
PLANO No																		589750-06-GA-401	0			



PERFIL LONGITUDINAL

NOTA:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN FEBRERO 2014.
 2. EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADO EN LA SONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELLIPOSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
 3. msnm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

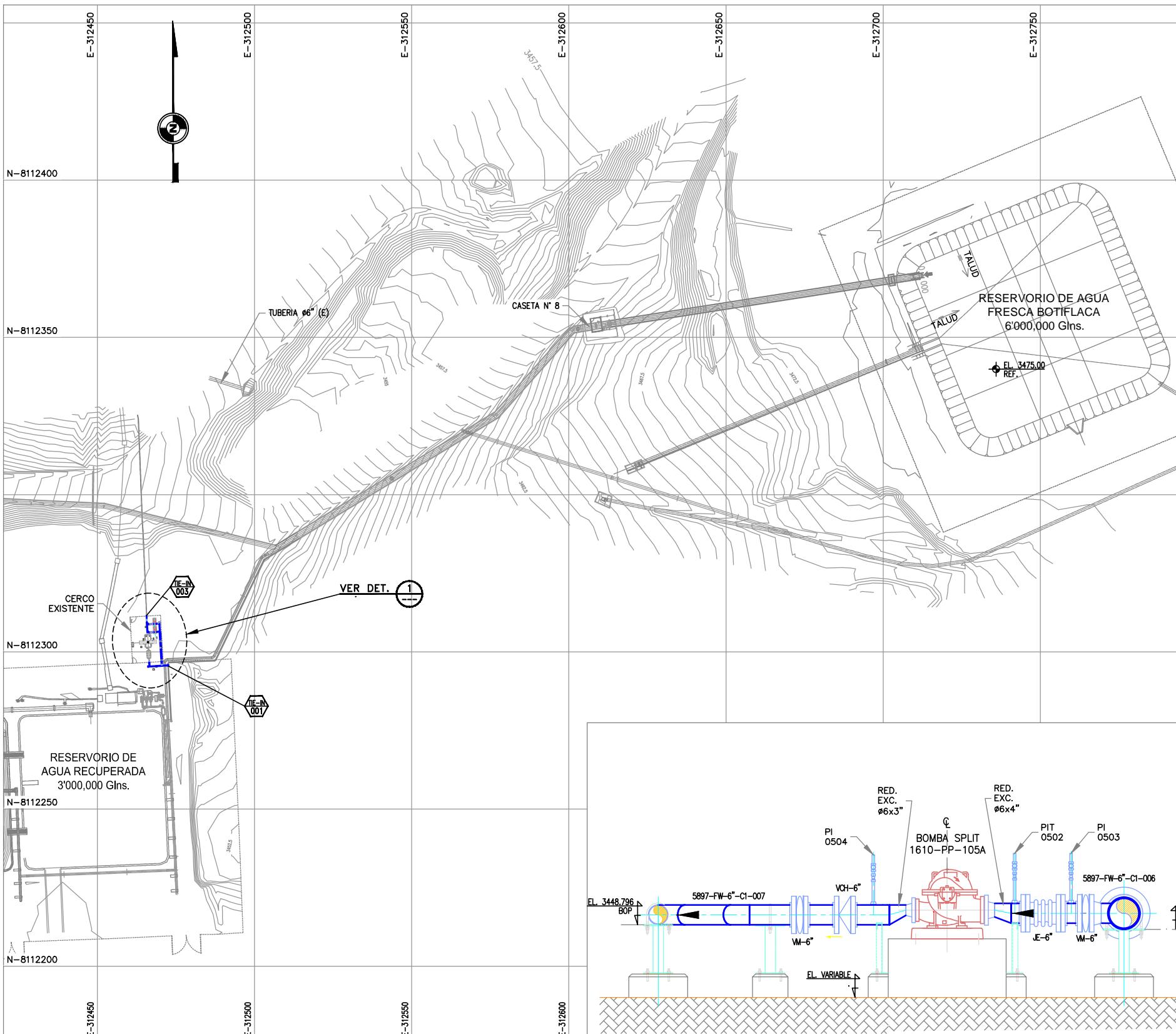


 Anddes							DISEÑADO	A. SAENZ	JUL. 2014	
 GreEngField							DIBUJADO	L. ZAPATA	JUL. 2014	
							REVISADO	A. SAENZ	JUL. 2014	
			0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.S. L.Z. A.S. D.C.				
589750-06-GD-401	PERFIL GENERAL SISTEMA DE BOMBEO • GRADIENTE HIDRÁULICO	B	30.06.14	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	A.S. J. D. A.S. D.C.		APROBADO	D. COTRADO	JUL. 2014	
589750-06-GA401	ARREGLO GENERAL DE TUBERÍAS PAD 1 DE 2	A	25.05.14	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	A.S. J. D. A.S. D.C.					
No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS	DIB	REV	APRO	CLIENTE	V. JAICO



**MINA CUAJONE
ZONA PAD
PAD DE LIXIVIACIÓN ÁREA 3
PERFIL GENERAL
SISTEMA DE BOMBEO (AGUA+ACIDO / ILS) - GRADIENTE HIDRAULICO**

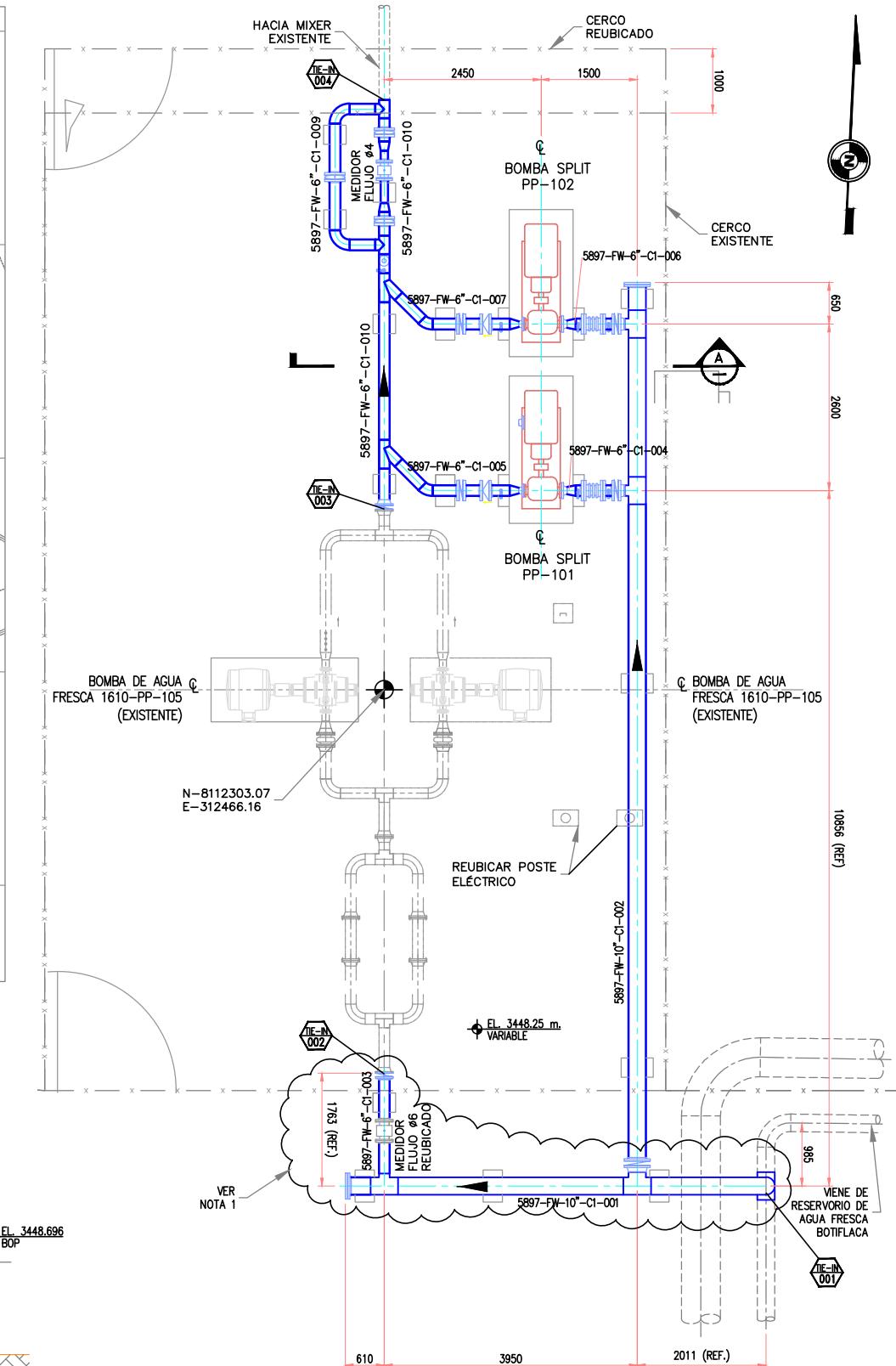
OPYRIGHT	(C)	GreEngField SAC
OBJETO No	ESCALA	FORMATO
L3-X30-001	1:400	A1
ANO No		REV
589750-06-GA-406		0



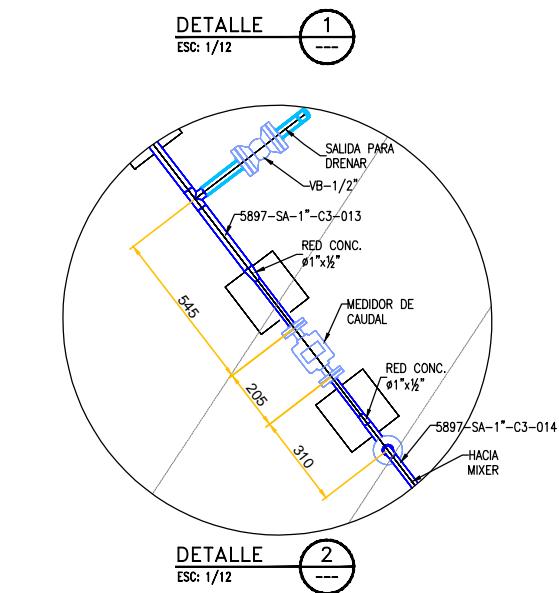
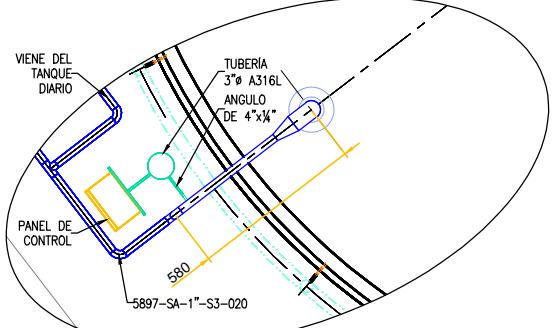
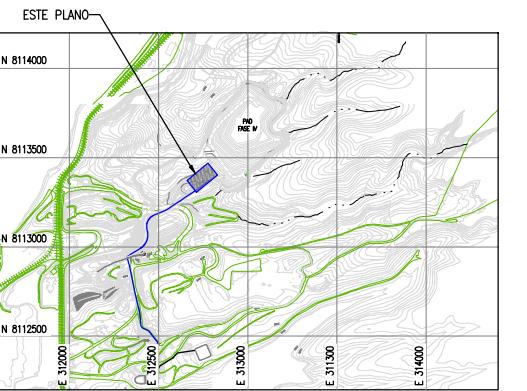
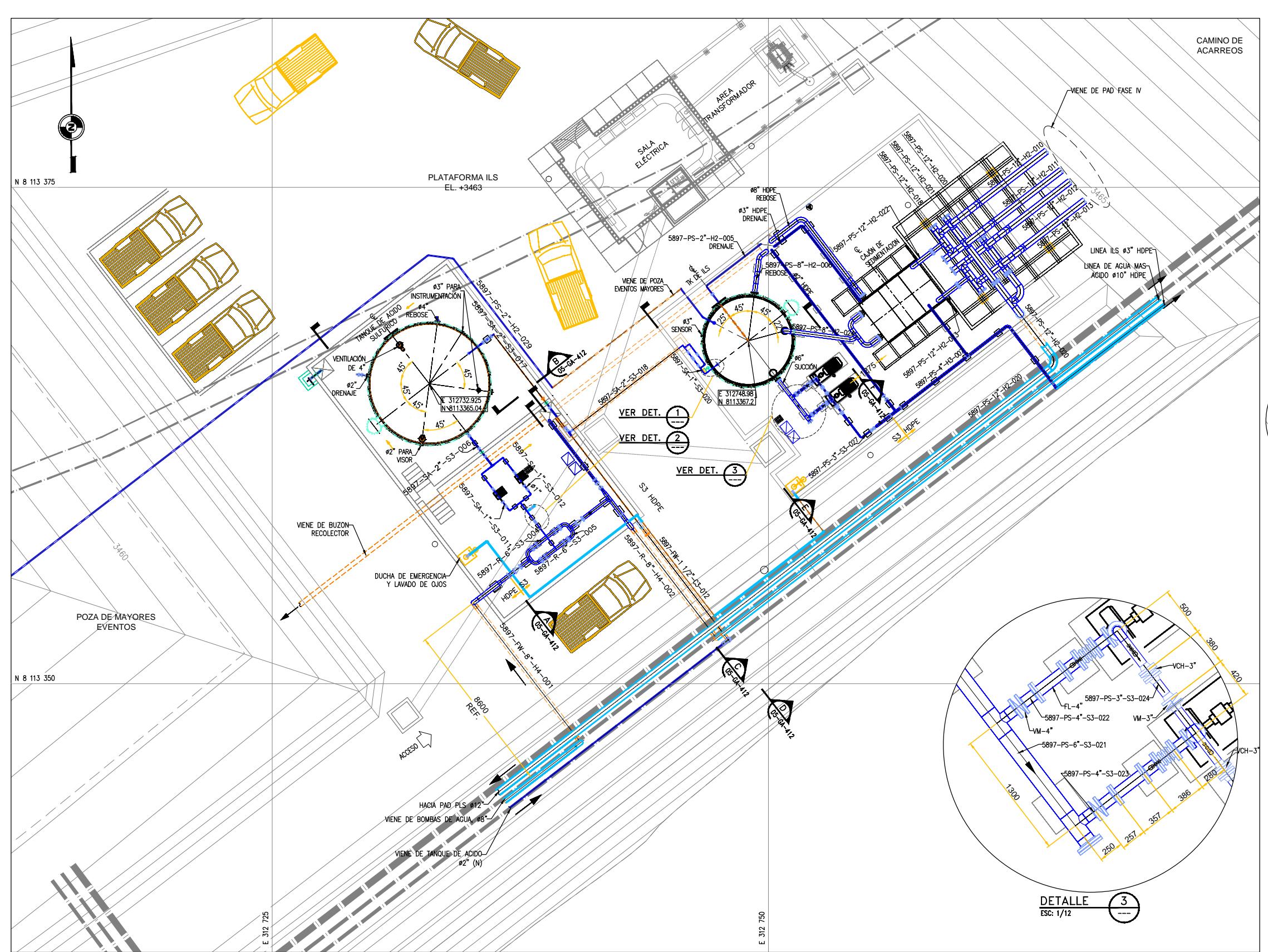
VISTA PLANTA
ESC: 1/750

SECCION
ESC: 1/20

DETALLE
ESC: 1/50



NOTAS:
1. SPOOL A FABRICAR EN CAMPO.



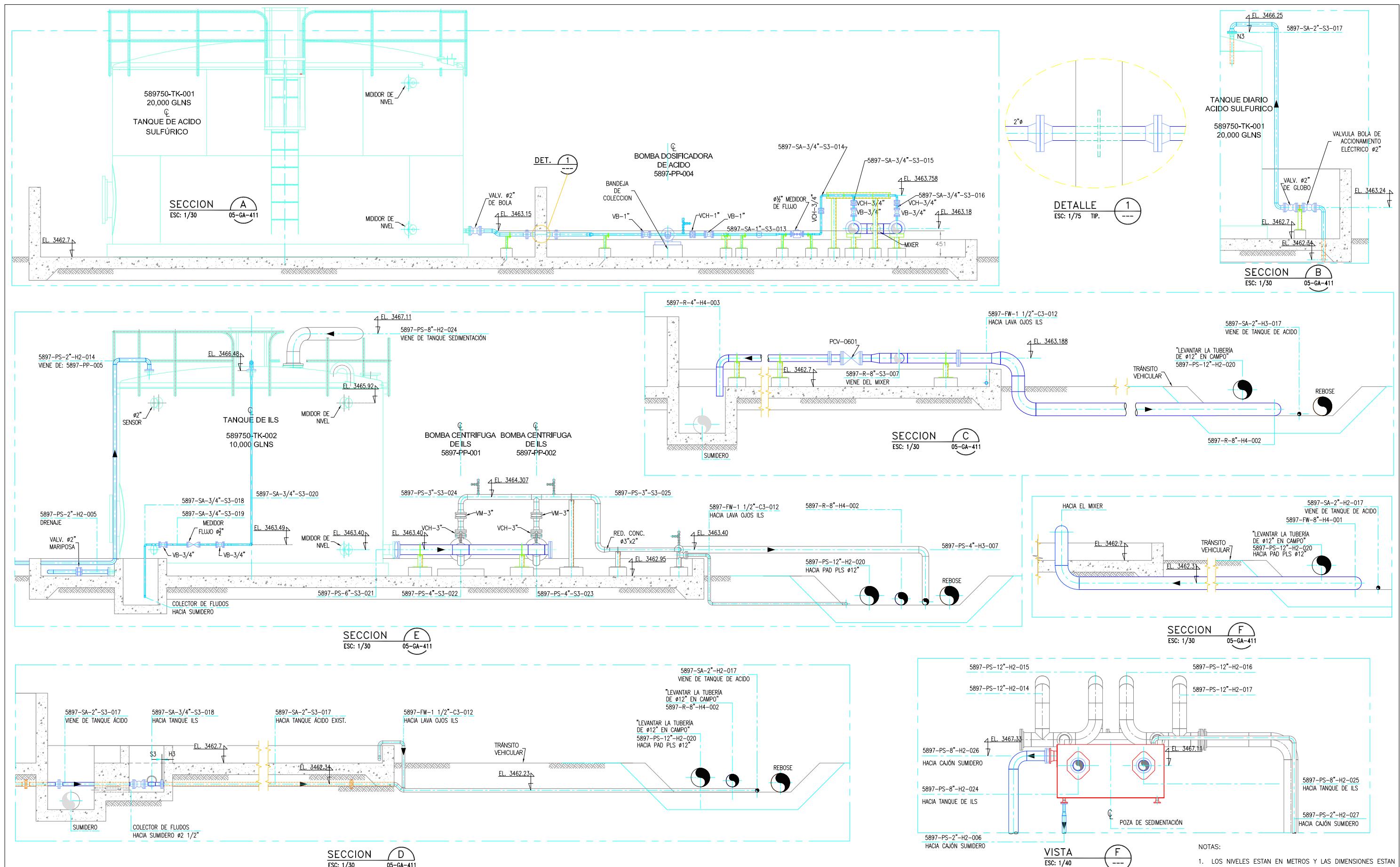
NOTAS:

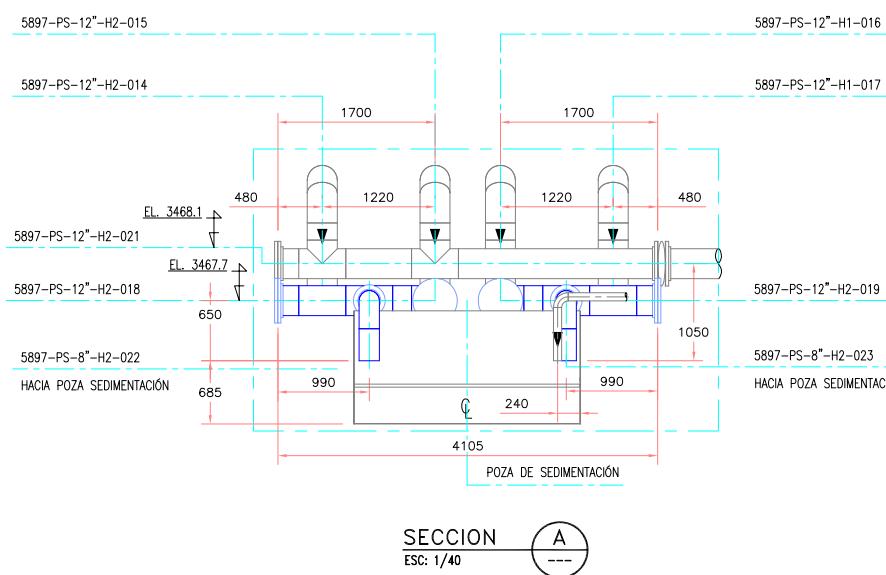
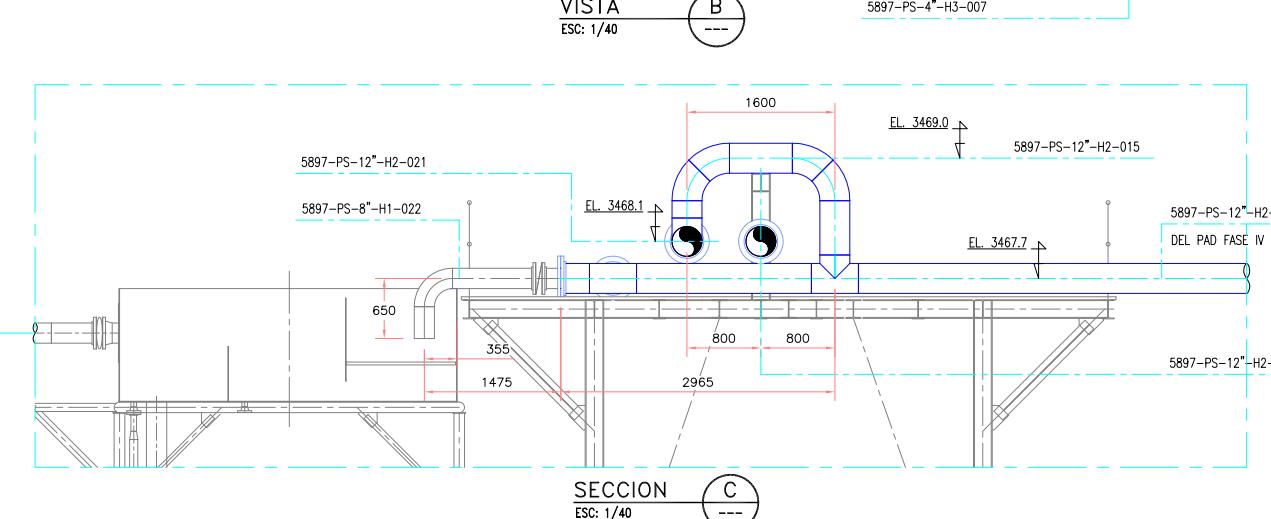
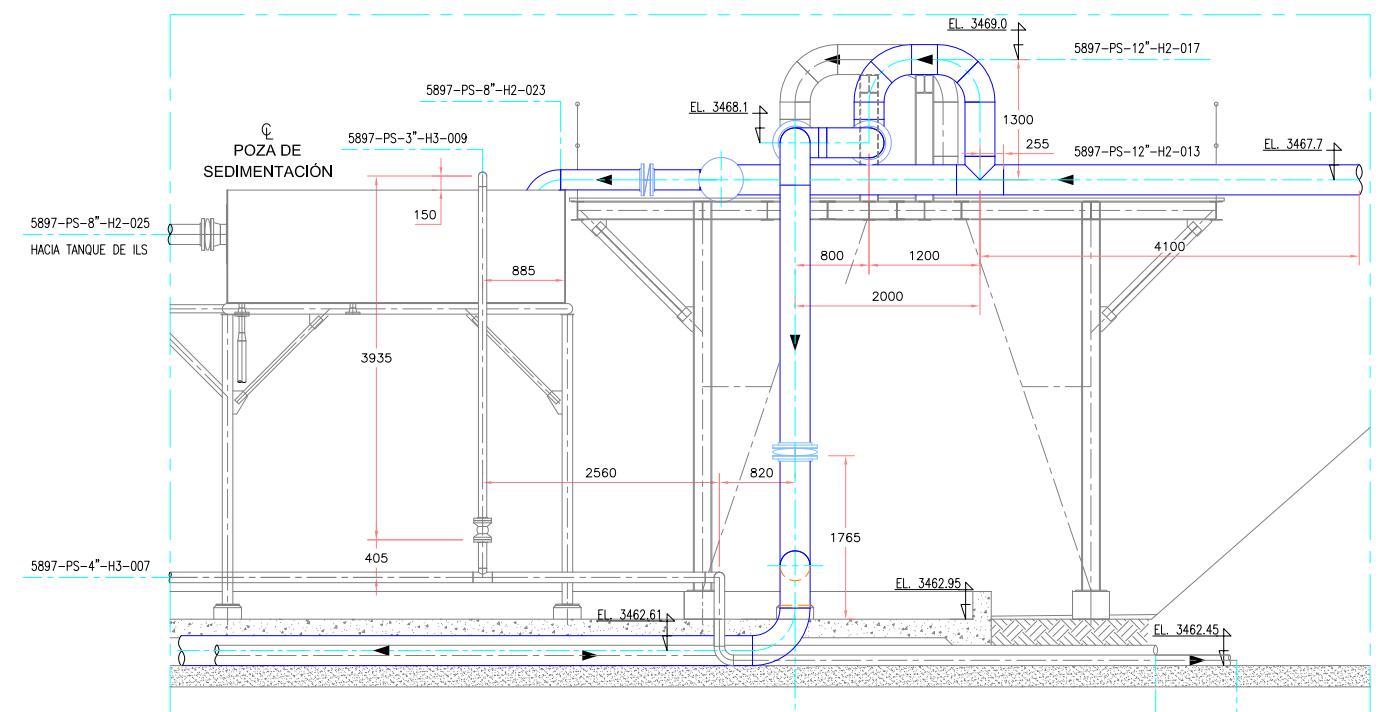
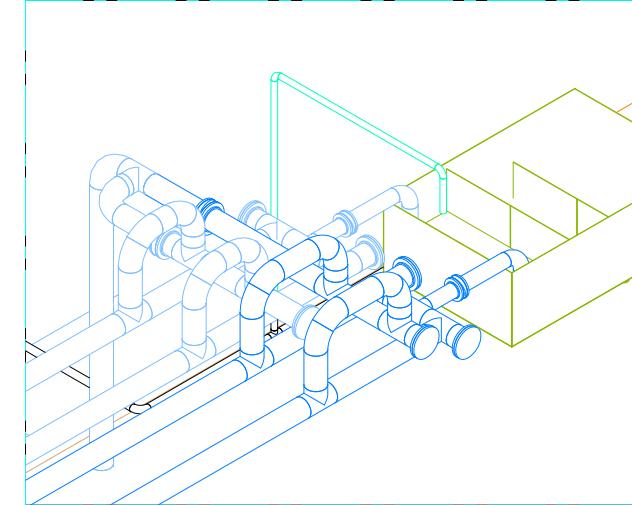
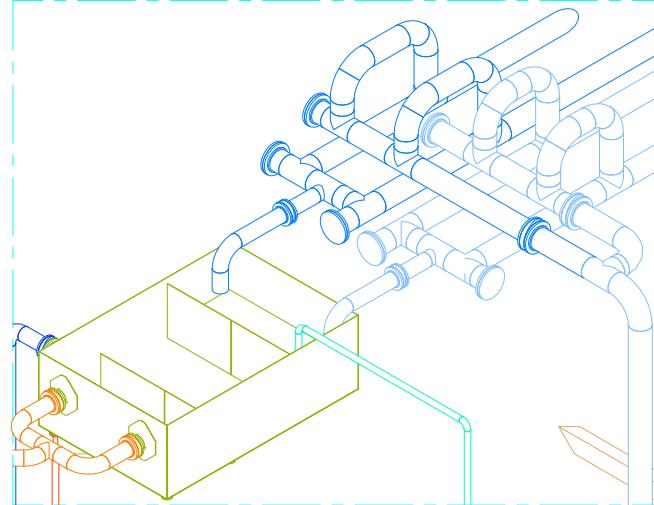
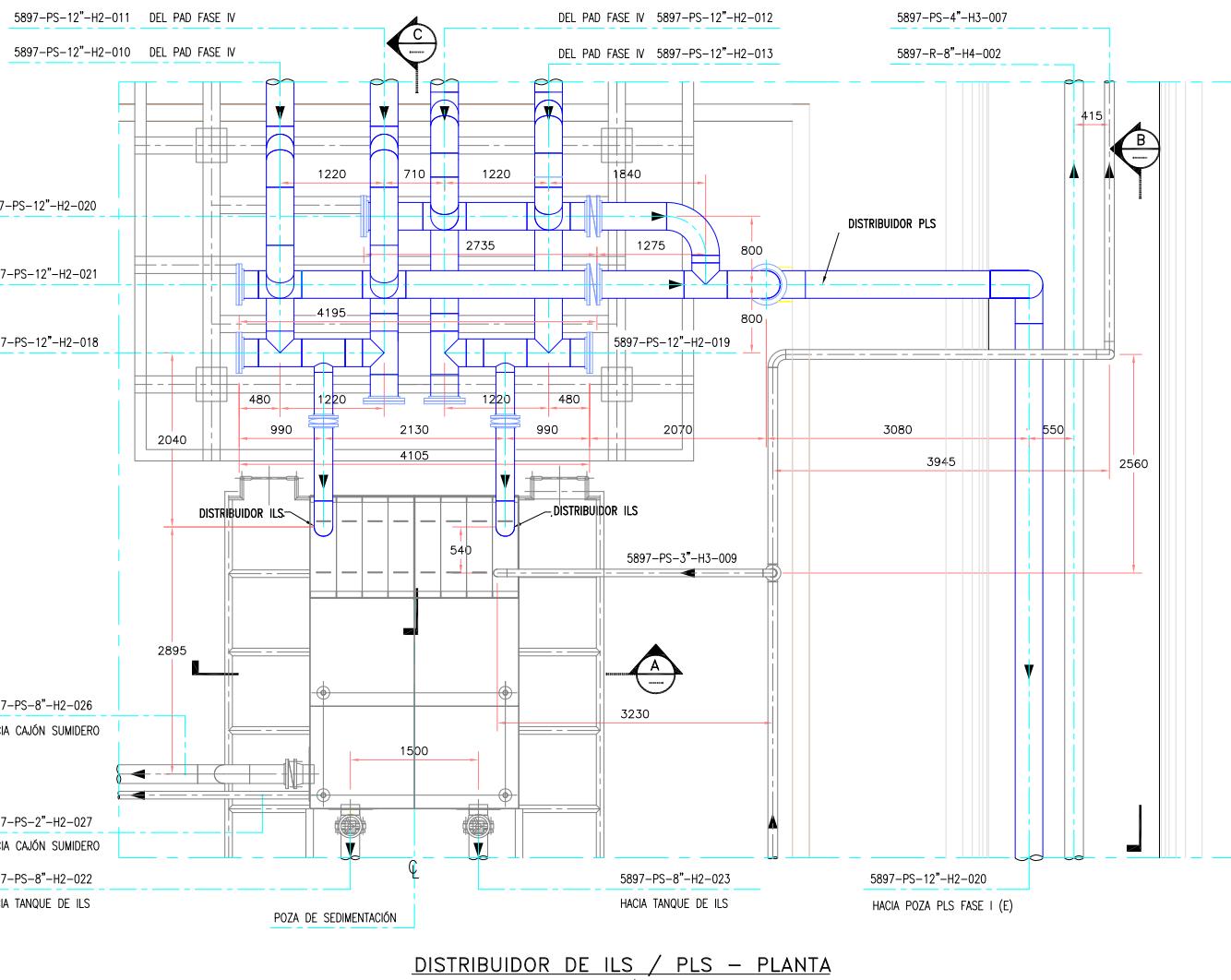
1. LOS NIVELES ESTAN EN METROS Y LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS.
 2. LAS SECCIONES SE MUESTRAN EN EL PLANO 580750_05 CA 412.

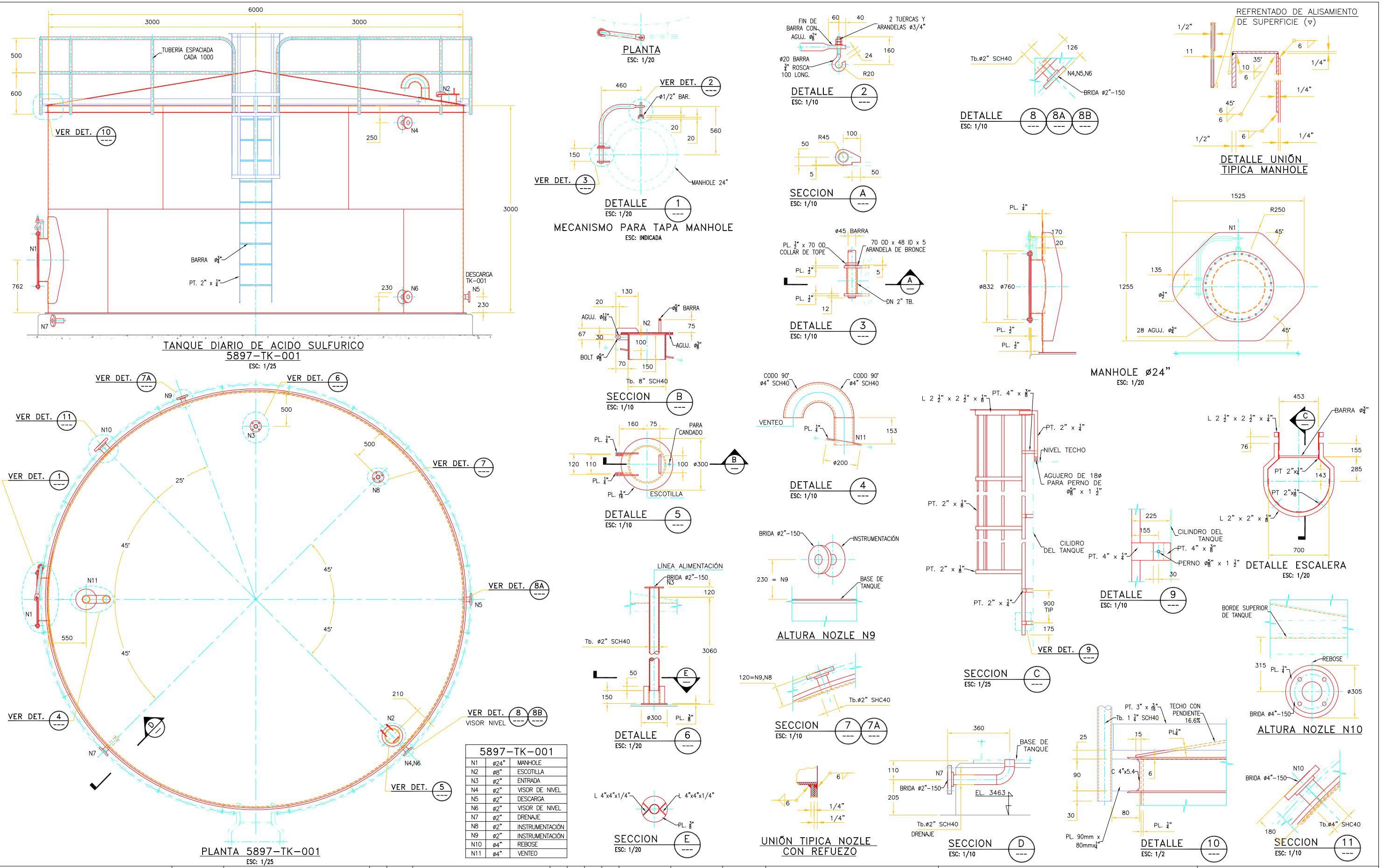


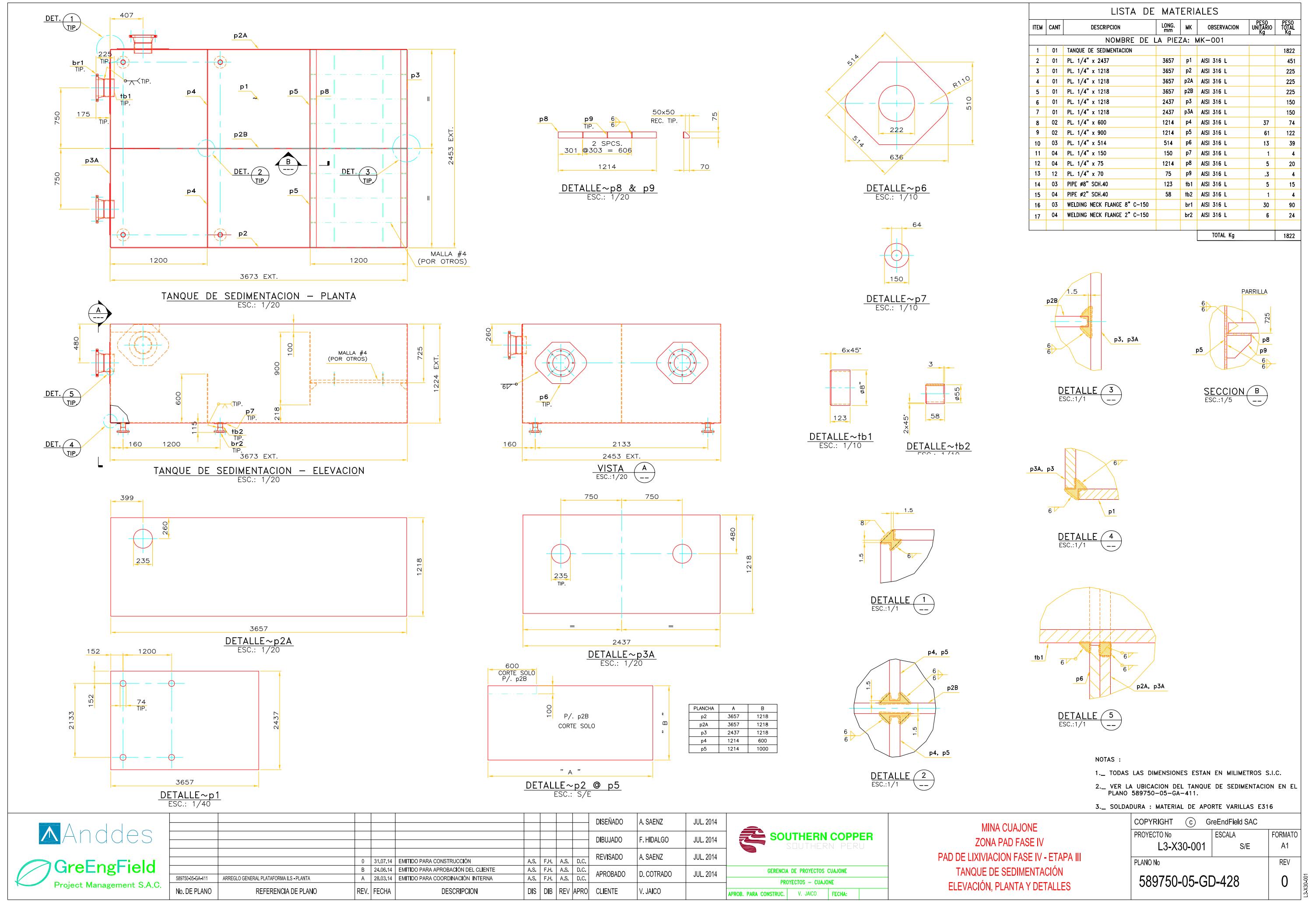
MINA CUAJONE
ZONA PAD FASE IV
DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III
EGLO GENERAL PLATAFORMA ILS
PLANTA

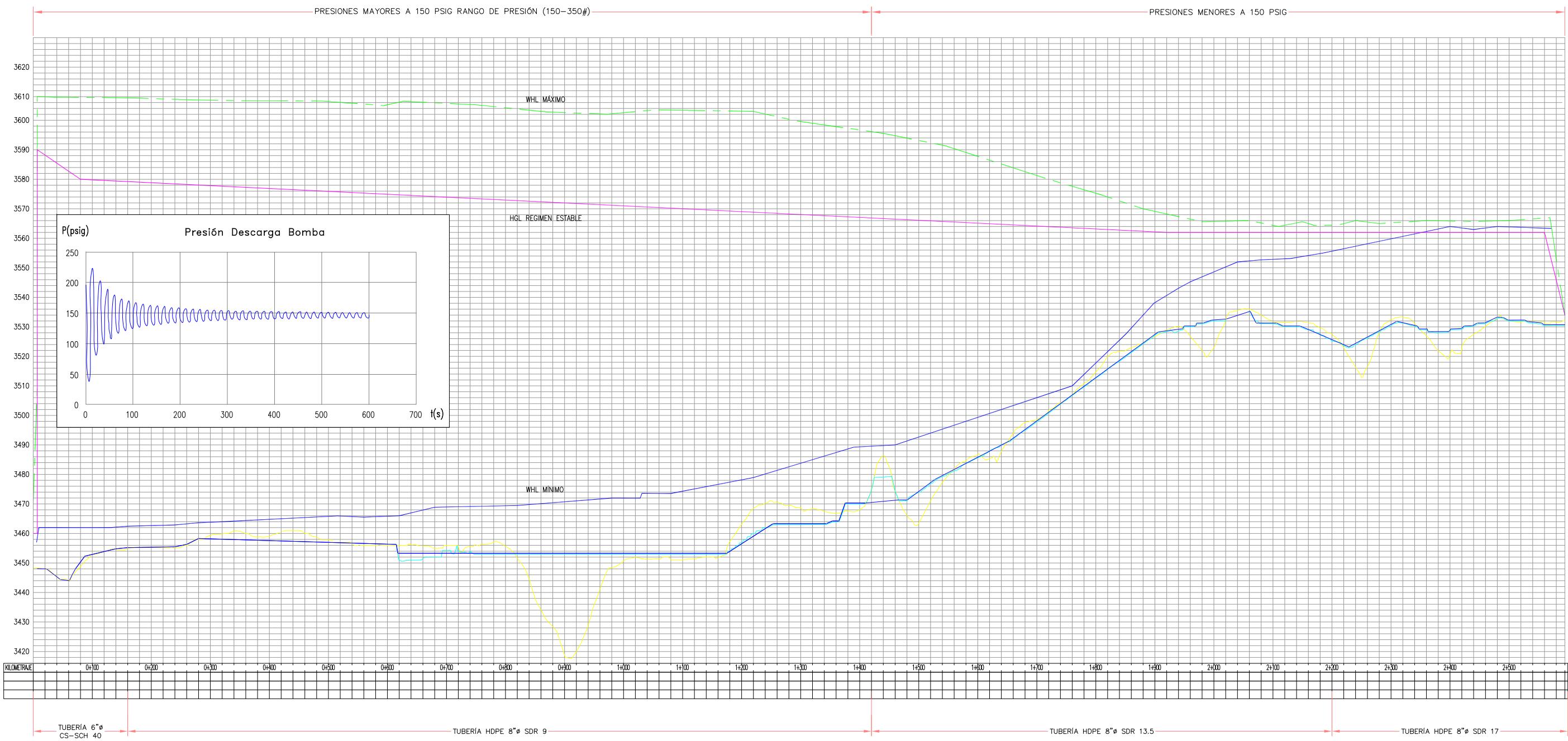
  Project Management S.A.C.						DISEÑADO	A.S.-D.C.	JUL. 2014	 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	MINA CUAJONE ZONA PAD FASE IV PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III ARREGLO GENERAL PLATAFORMA ILS PLANTA	COPYRIGHT	(C)	GreEngField SAC
						DIBUJADO	F. HIDALGO	JUL. 2014			PROYECTO No	L3-X30-001	ESCALA 1:100
						REVISADO	A. SAENZ	JUL. 2014			FORMATO A1		
	589750-09-PI-407	P&ID - SISTEMA DE DISTRIBUCION Y RIEGO 1 DE 2	0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	A.S.	F. H.	A. S.	D.C.		PLANO No		REV
	589750-09-PI-406	P&ID - SISTEMA DE ACIDO	B	02.05.14	EMITIDO PARA APROVACION DEL CLIENTE	A.S.	J. D.	A. S.	D.C.			589750-05-GA-411	0
	589750-05-GA-412	ARREGLO GENERAL PLATAFORMA ILS - SECCIONES	I	25.04.14	EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA	A.S.	J. D.	A. S.	D.C.				
	No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS	DIB	REV	APRO	CLIENTE	V. JAICO	JUL. 2014	
										APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:	JUL. 2014







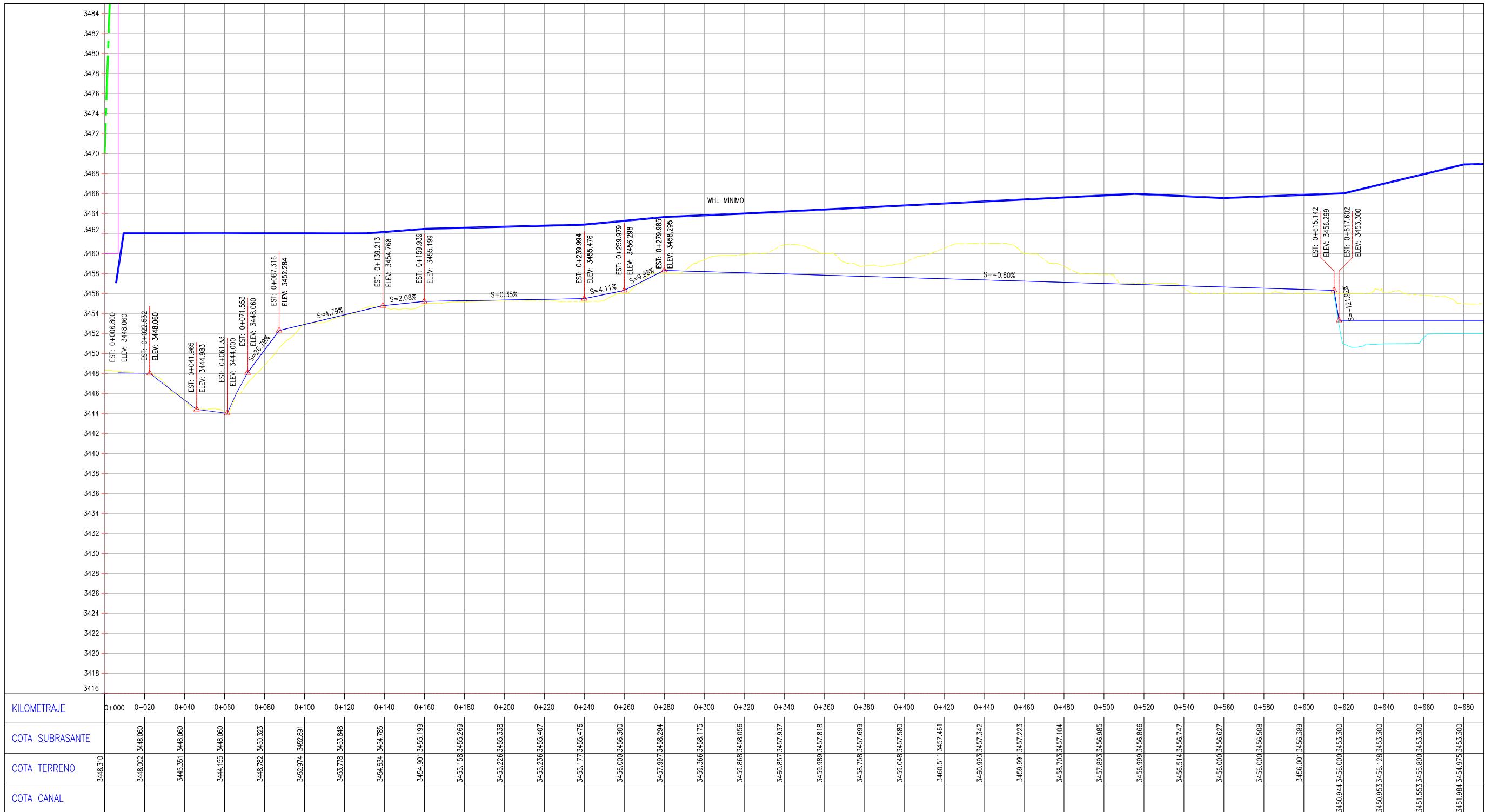




PERFIL LONGITUDINAL

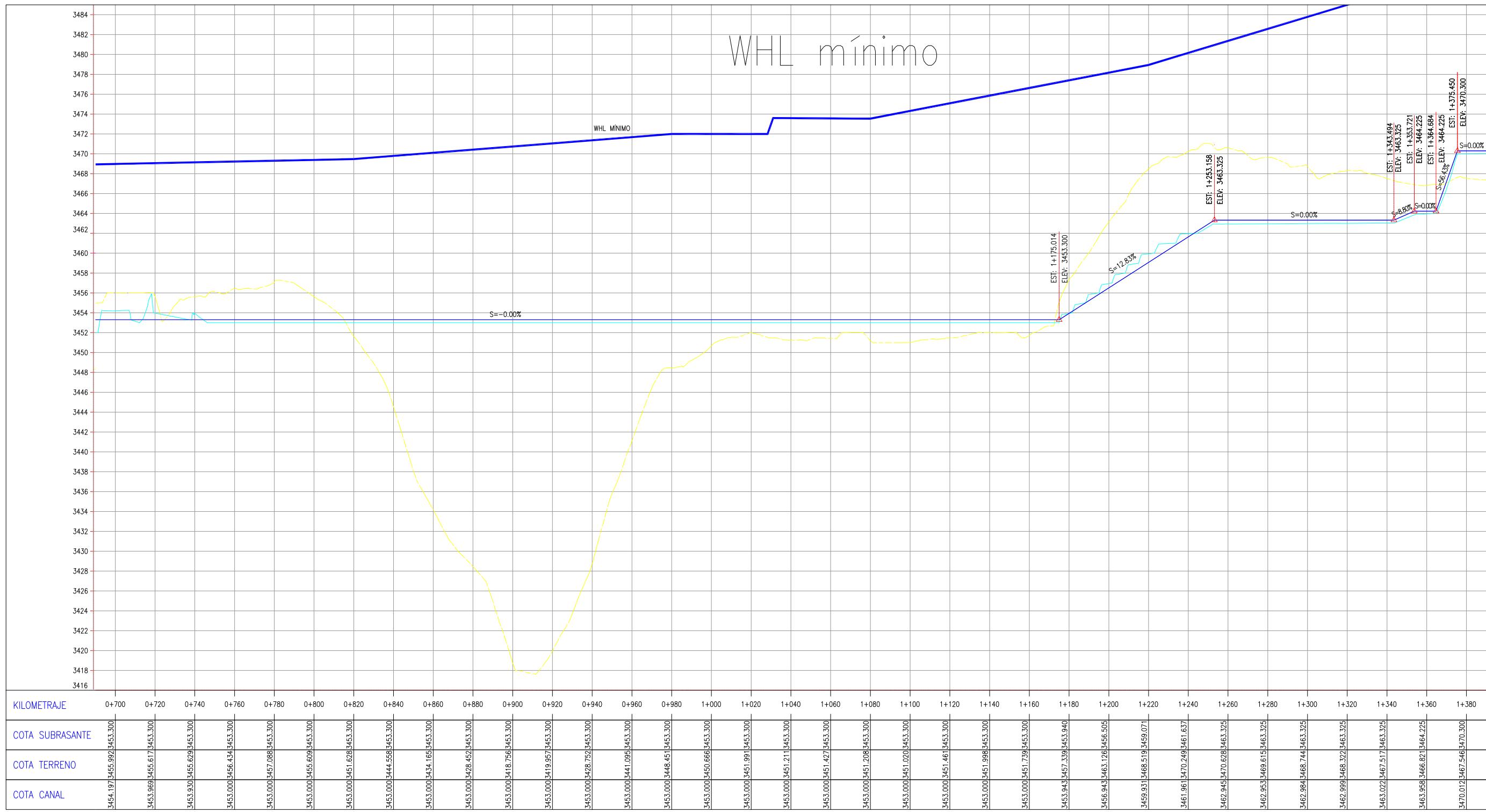
- NOTA:
- LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN FEBRERO 2014.
 - EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADO EN LA ZONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
 - rsmm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS	DIB	REV	APRO	CLIENTE	A. SAENZ	JUL. 2014
589750-06-GA-400	ARREGLO GENERAL DE TUBERIAS - PAD 1 DE 2	0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.S.	J.D.	A.S.	D.C.	DIBUJADO	J. DELA CRUZ	JUL. 2014
589750-01-GA-410	ARREGLO GENERAL - PLAN SITE	B	30.04.14	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	A.S.	J.D.	A.S.	D.C.	REVISADO	A. SAENZ	JUL. 2014
		A	25.04.14	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	A.S.	J.D.	A.S.	D.C.	APROBADO	D. COTRADO	JUL. 2014
									GERENCIA DE PROYECTOS CUAJONE		
									PROYECTOS - CUAJONE		
									APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:



PERFIL LONGITUDINAL
ESC: H = 1/1000 : V = 1/200

NOTA:
 1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN FEBRERO 2014.
 2. EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADO EN LA SONA 195 DEL SISTEMA DE COORDENADAS UTM, CON ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS84.
 3. msnm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.



PERFIL LONGITUDINAL

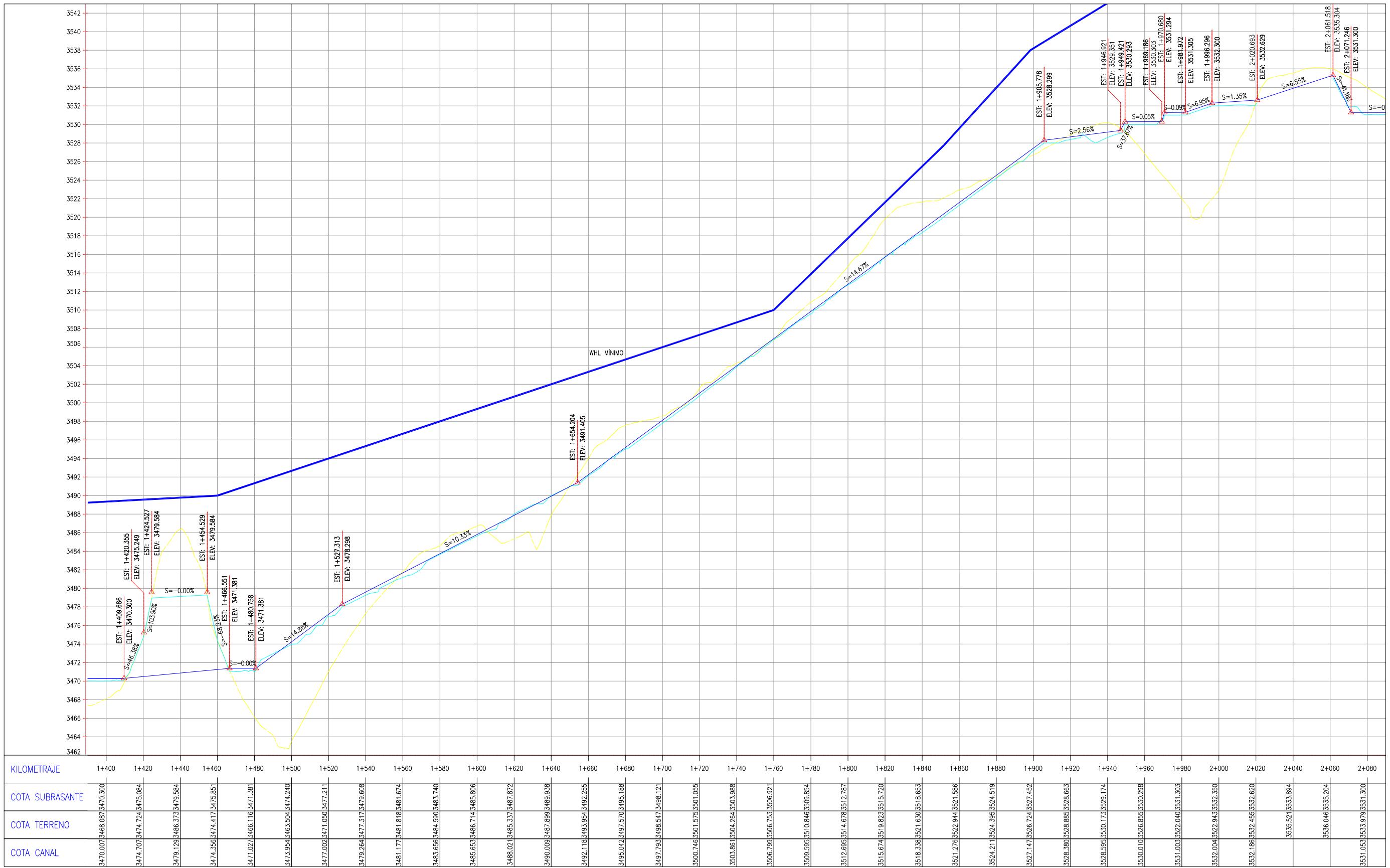
ESU: H = 1/1000 : V = 1/200

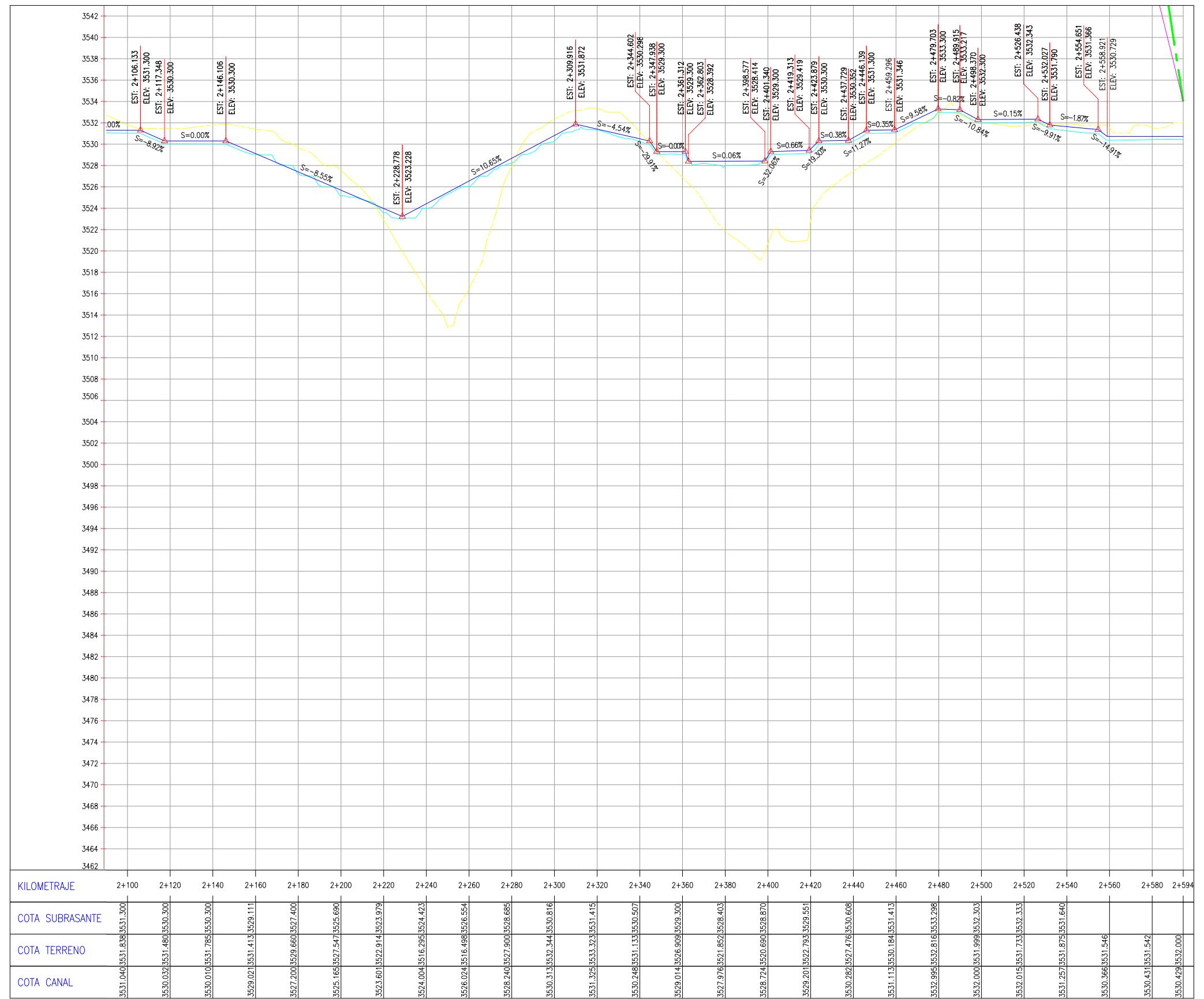
NOTA:
1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN FEBRERO 2014.
2. EL AREA DE ESTUDIO ESTA UBICADO EN LA SONA 19S DEL SISTEMA DE COORDENADAS
UTM, CON ELLIPOIDE DE REFERENCIA WGS84.
3. msnm = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

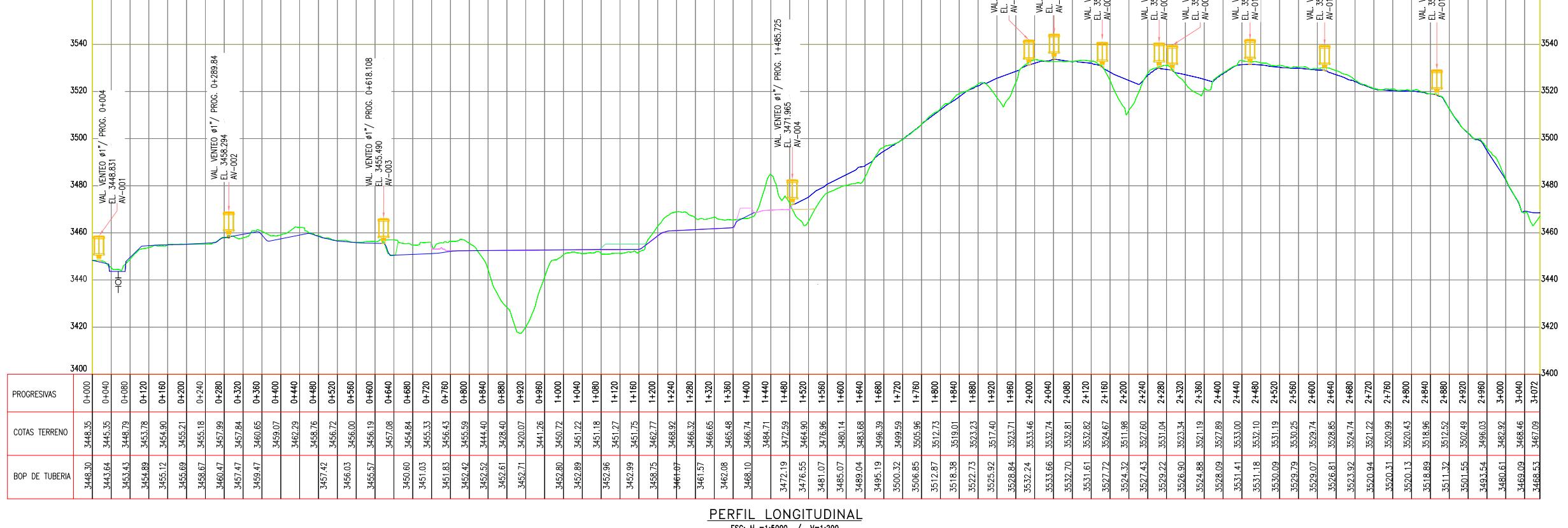
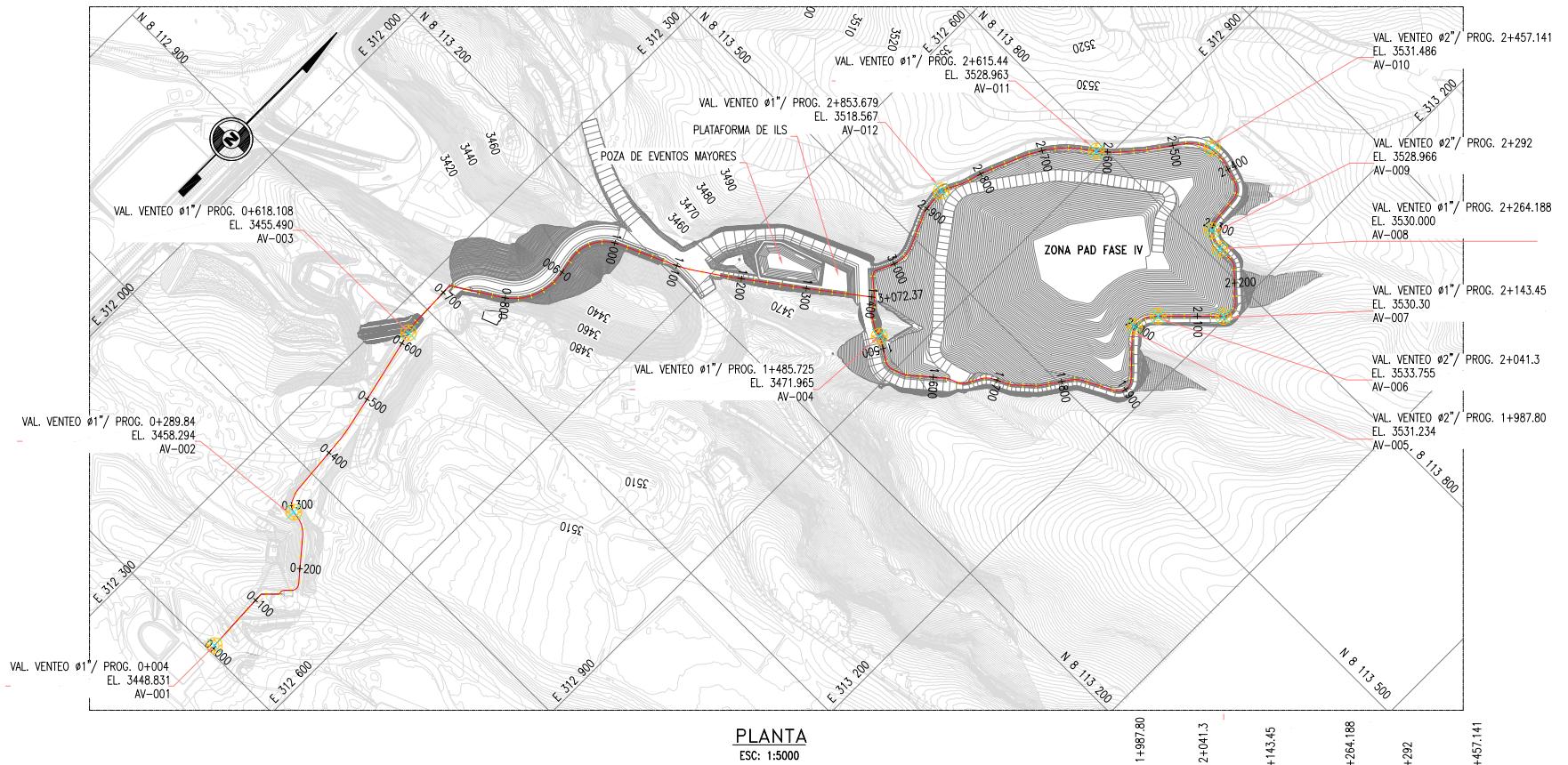


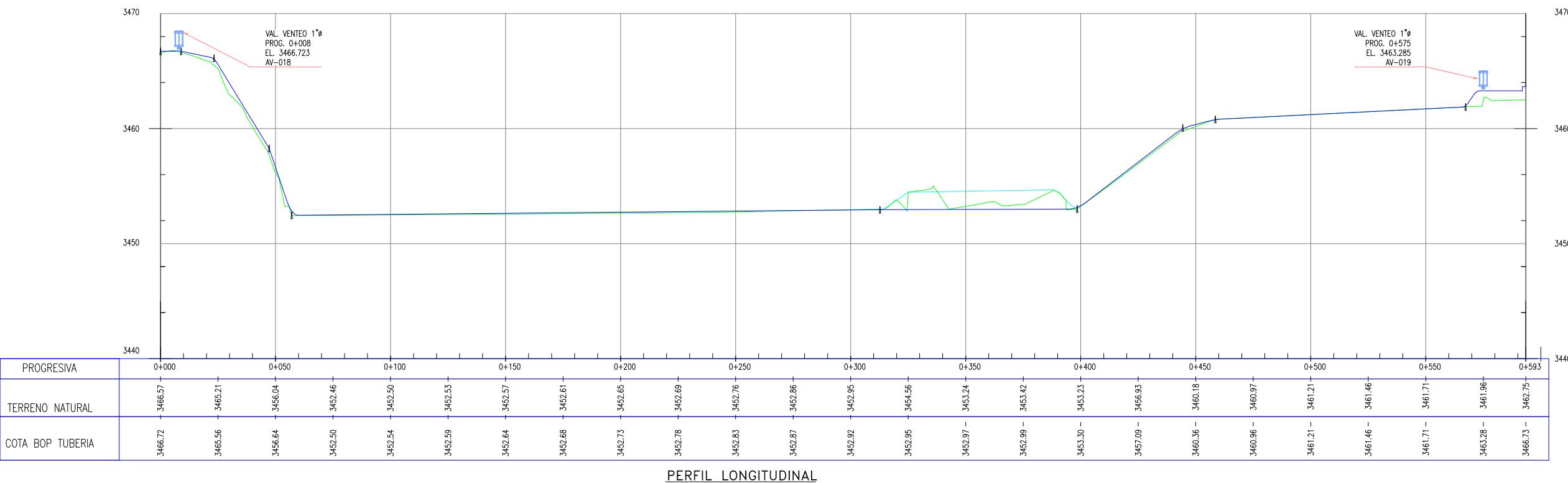
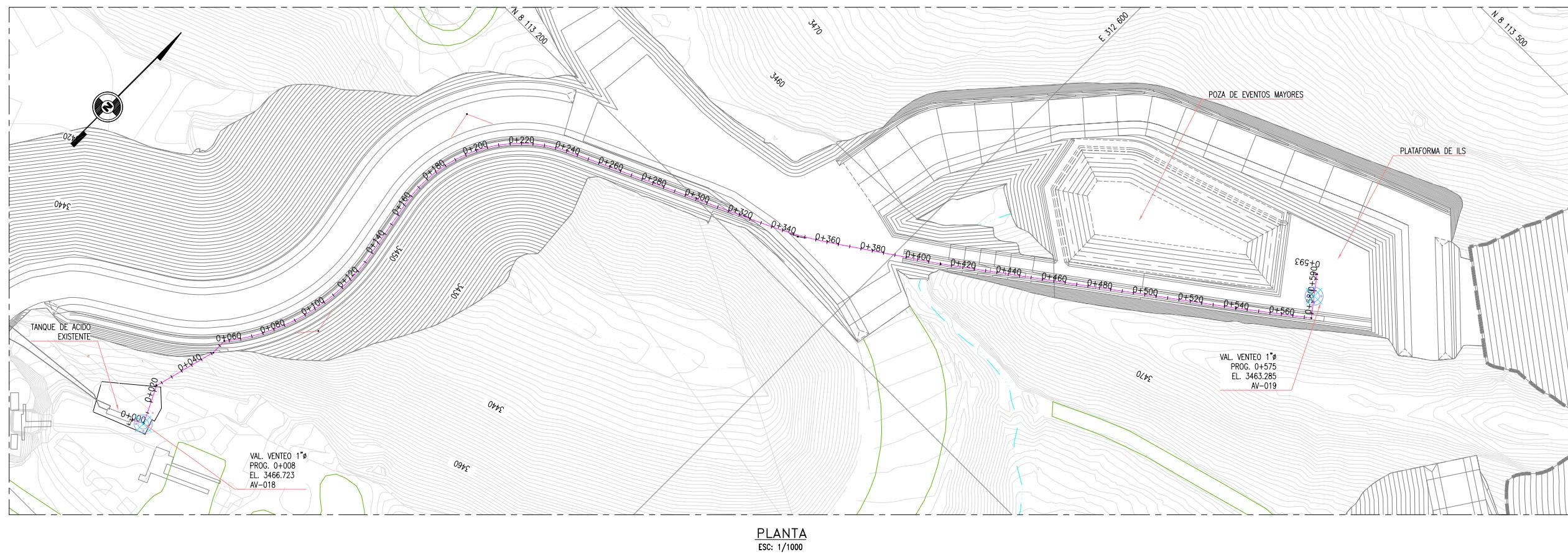
**MINA CUAJONE
ZONA PAD FASE IV
PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III
PERFIL DEL SISTEMA DE BOMBEO
TUBERÍA DE AGUA - 2 DE 4**

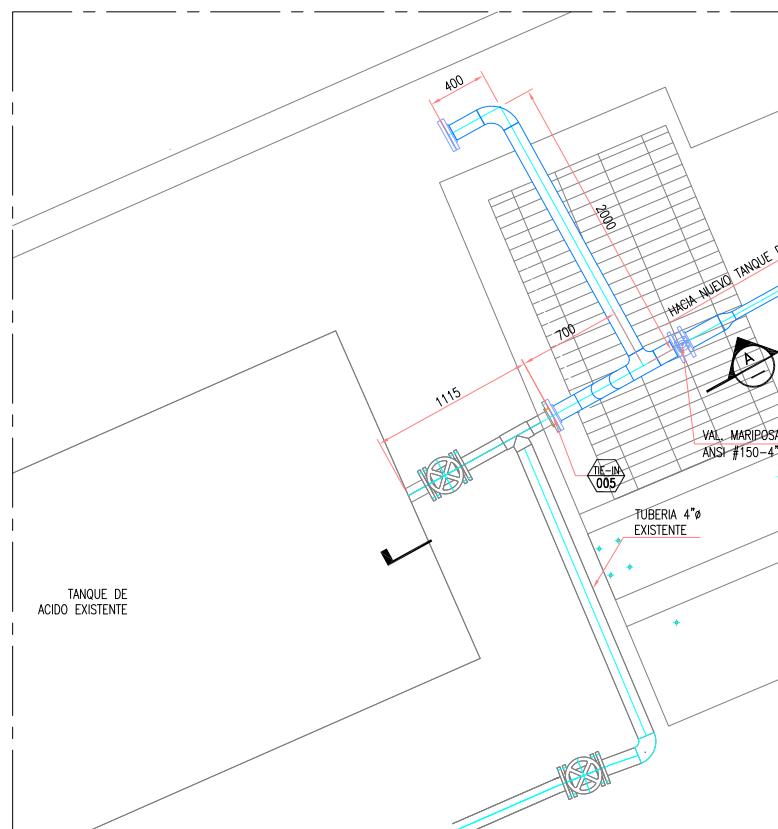
COPYRIGHT		(c)	GreEngField SAC
PROYECTO N°	L3-X30-001	ESCALA	FORMATO
		INDICADA	A1
PLANO N°			REV
	589750-06-GD-403		0





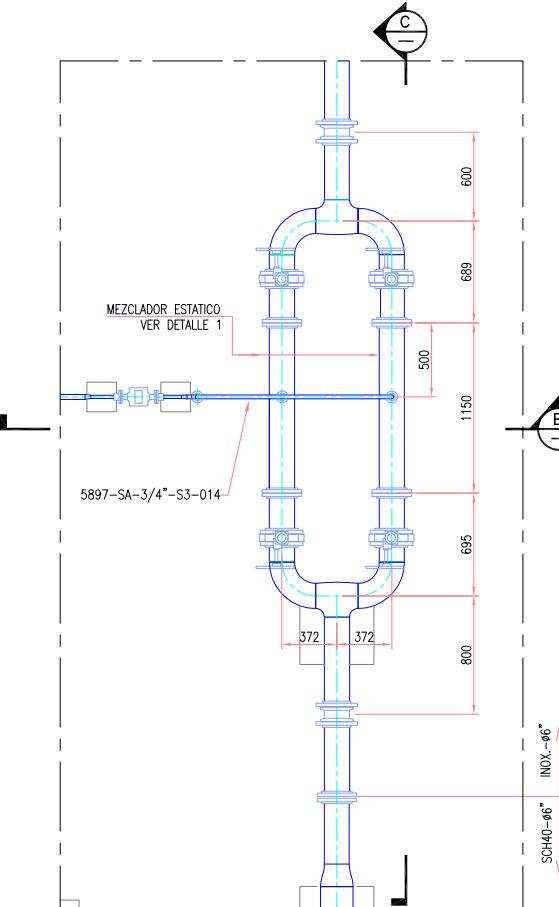






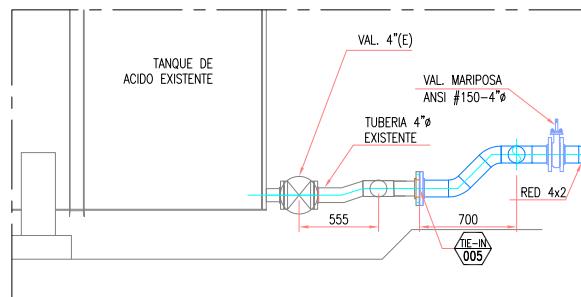
DESCARGA TANQUE DE ACIDO – PLANTA

ESC: 1/25



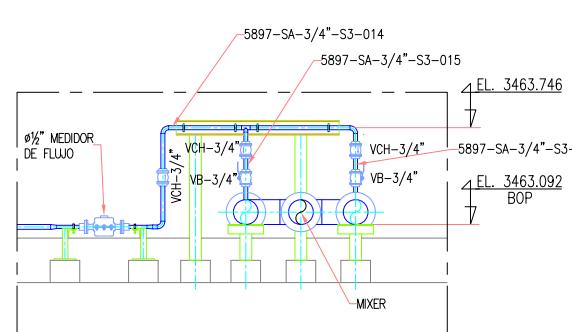
MIXER ADICION DE ACIDO – PLANTA

ABSTRACT



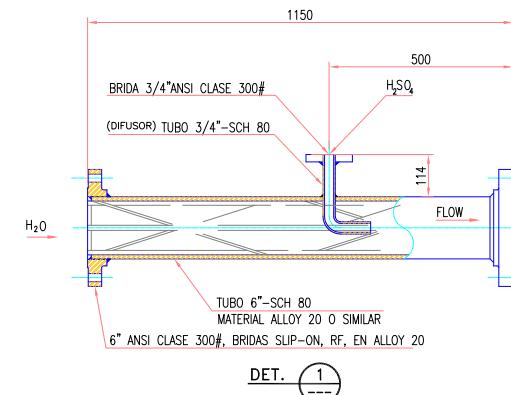
SECCION A

—



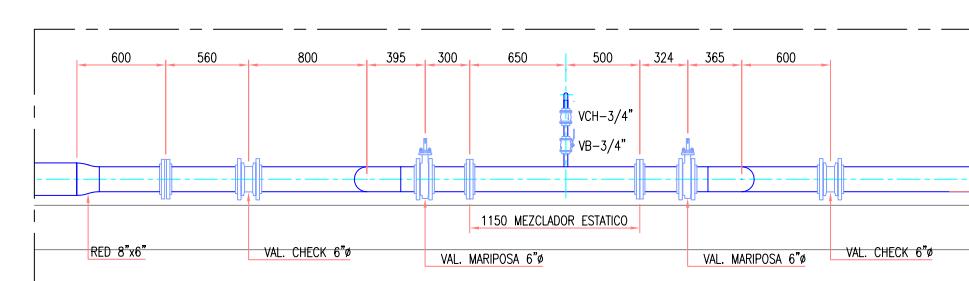
SECCION B

'25



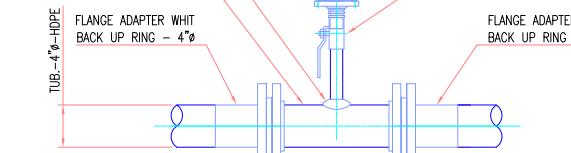
MEZCLADOR ESTATICO

SC: 1/10



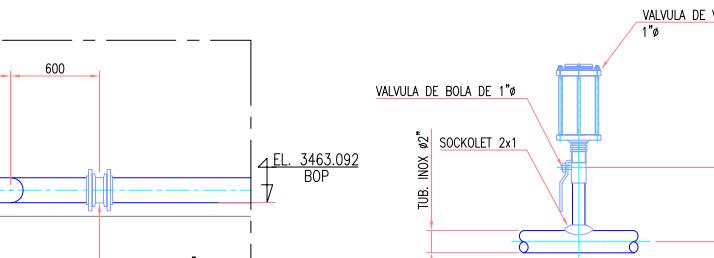
SECCION C

C: 1 / 25



VALVULA DE VENTILACION

VALVULA DE VENTILACION
ESC: 1/10
AV-014 ; AV-015; AV-016 ; AV-017



VALVULA DE VENTEO

VALVOLA DE V
ESC: 1/10
AV-018 / AV-01



**MINA CUAJONE
ZONA PAD FASE IV
PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III
TUBERIAS
VALVULAS DE VENTEO Y MIXER - DETALLES**

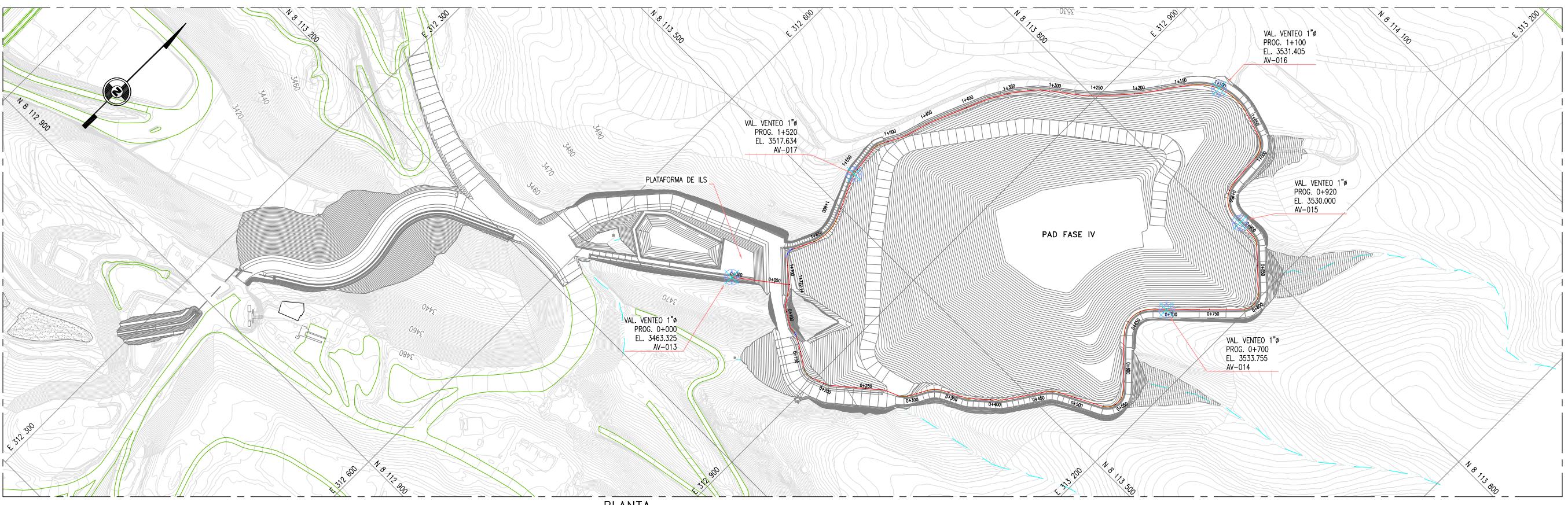
ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO									
DETALLE DE AVANCE DEL PROYECTO									
DETALLE DE AVANCE DEL PROYECTO									
No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS	DIB	REV	APRO	CLIENTE
									DISEÑADO A. SAENZ SET. 20
									DIBUJADO L. ZAPATA SET. 20
		1	02.09.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	REVISADO A. SAENZ SET. 20
		0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	APROBADO D. COTRADO SET. 20
589750-06-GD-463	BOMBA DE ÁCIDO - PLANTA SECCIÓN Y DETALLE	B	27.06.14	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	APROBADO D. COTRADO SET. 20
598750-05-GD-411	ARREGLO GENERAL PLATAFORMA DE ILS - PLANTA	A	26.06.14	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	APROBADO D. COTRADO SET. 20

014		SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	
014		GERENCIA DE PROYECTOS CUAJONE	
014		PROYECTOS - CUAJONE	
014	APROB. PARA CONSTRUC.	V. JAICO	FECHA:

COPYRIGHT		(C)	GreEngField SAC	
PROYECTO No		ESCALA	FORMATO	
L3-X30-001		IND.	A1	
PLANO No			REV	
		589750-06-GD-409	1	

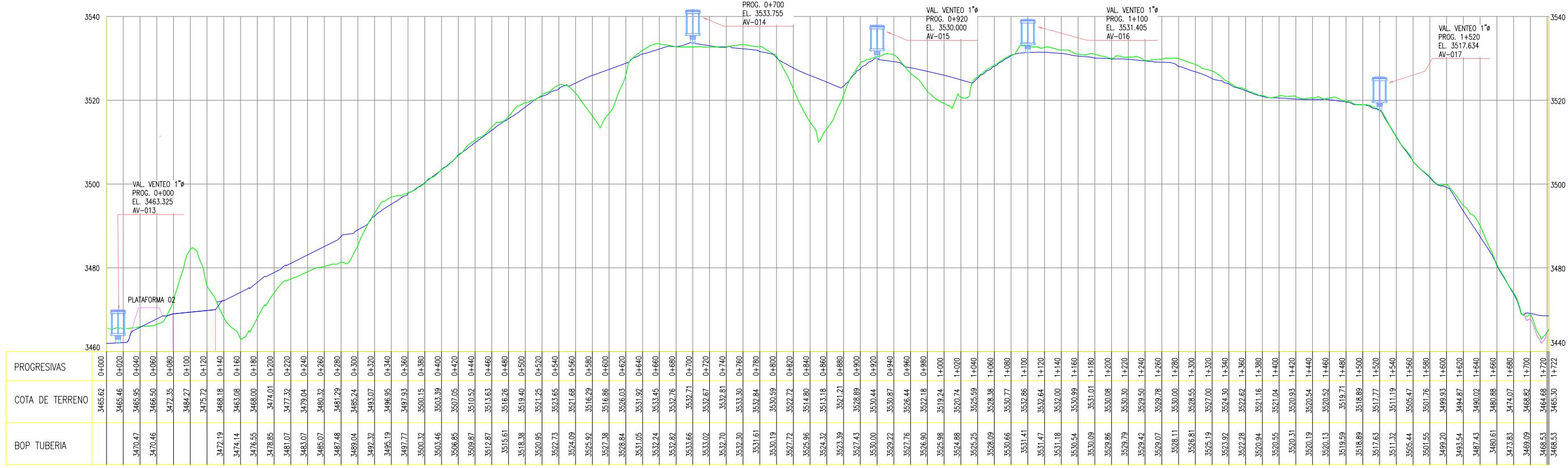
NOTAS:

- 1.- VER PALNO 589750-06-GD-407 PARA UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE VENTEO.
- 2.- VER PALNO 589750-06-GD-408 PARA UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE VENTEO.
- 3.- VER PALNO 589750-06-GD-410 PARA UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE VENTEO



— PLANT

ESC: 1 / 25



PERFIL LONGITUDINAL

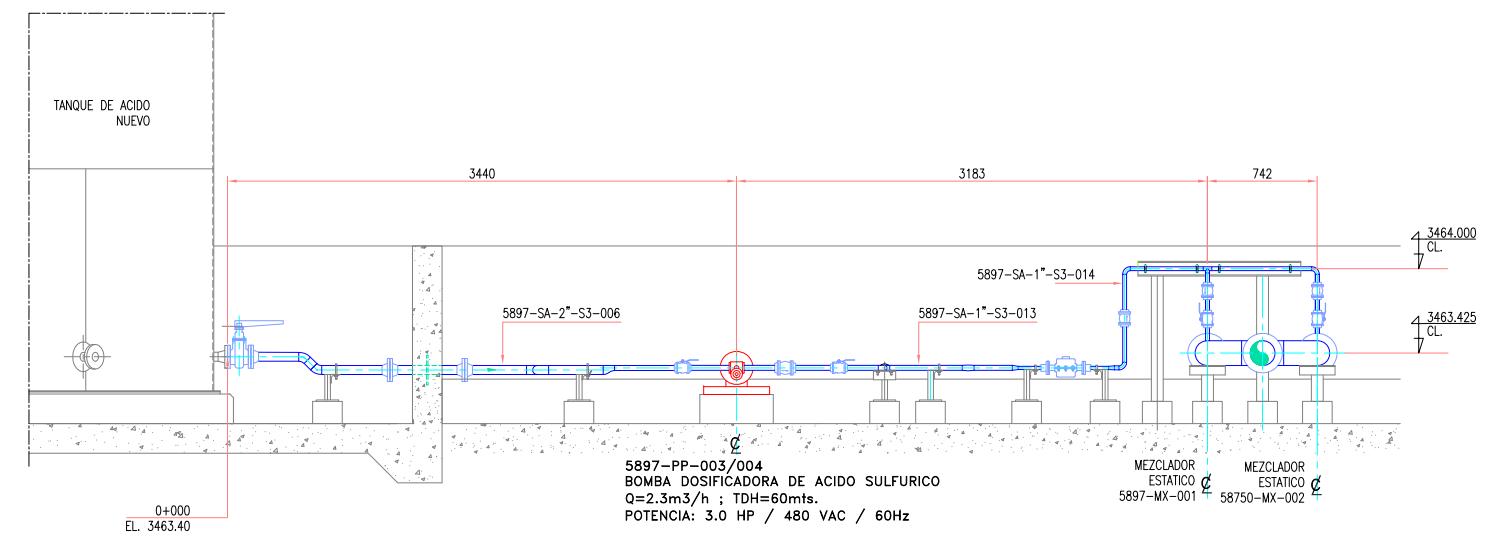
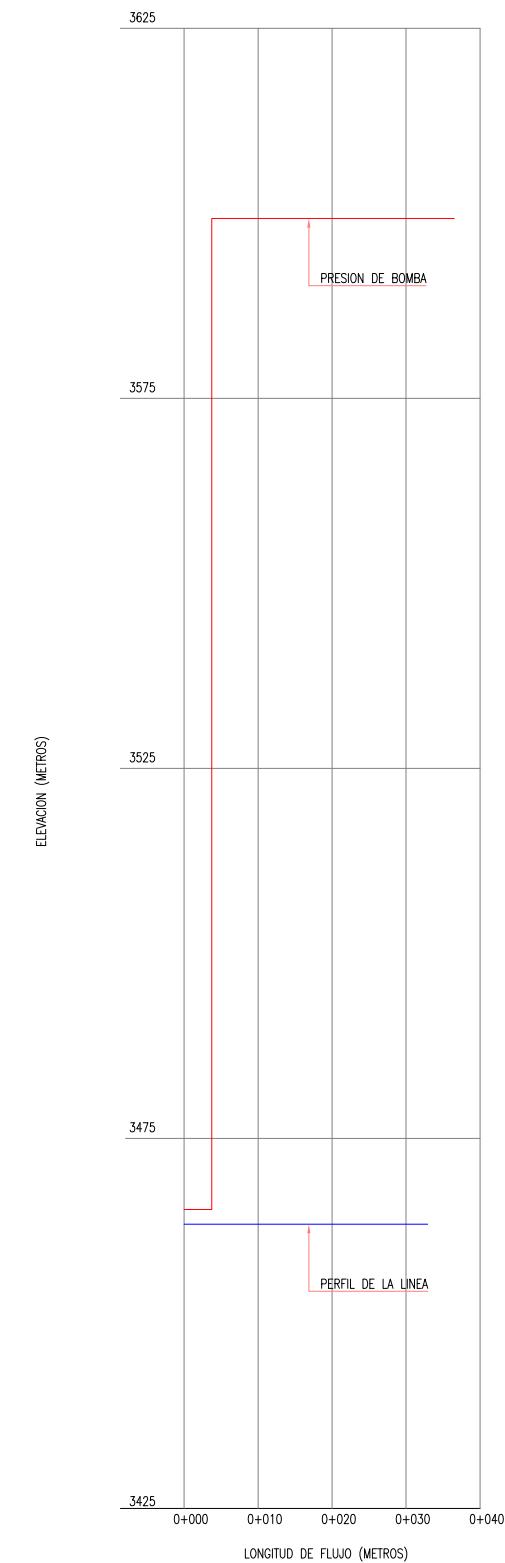
ESC: H=1/2500 - V= 1,

 Anddes  GreEngField Project Management S.A.C.								DISEÑADO	A				
								DIBUJADO	D				
								REVISADO	R				
								APROBADO	P				
		0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN			L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.			
		B	27.06.14	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE			L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.			
589750-06-GA-400		ARREGLO GENERAL DE TUBERIAS - PAD 1 DE 2			A	26.06.14	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA			L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.
No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION			DIB	REV	DIS	APRO	CLIENTE		

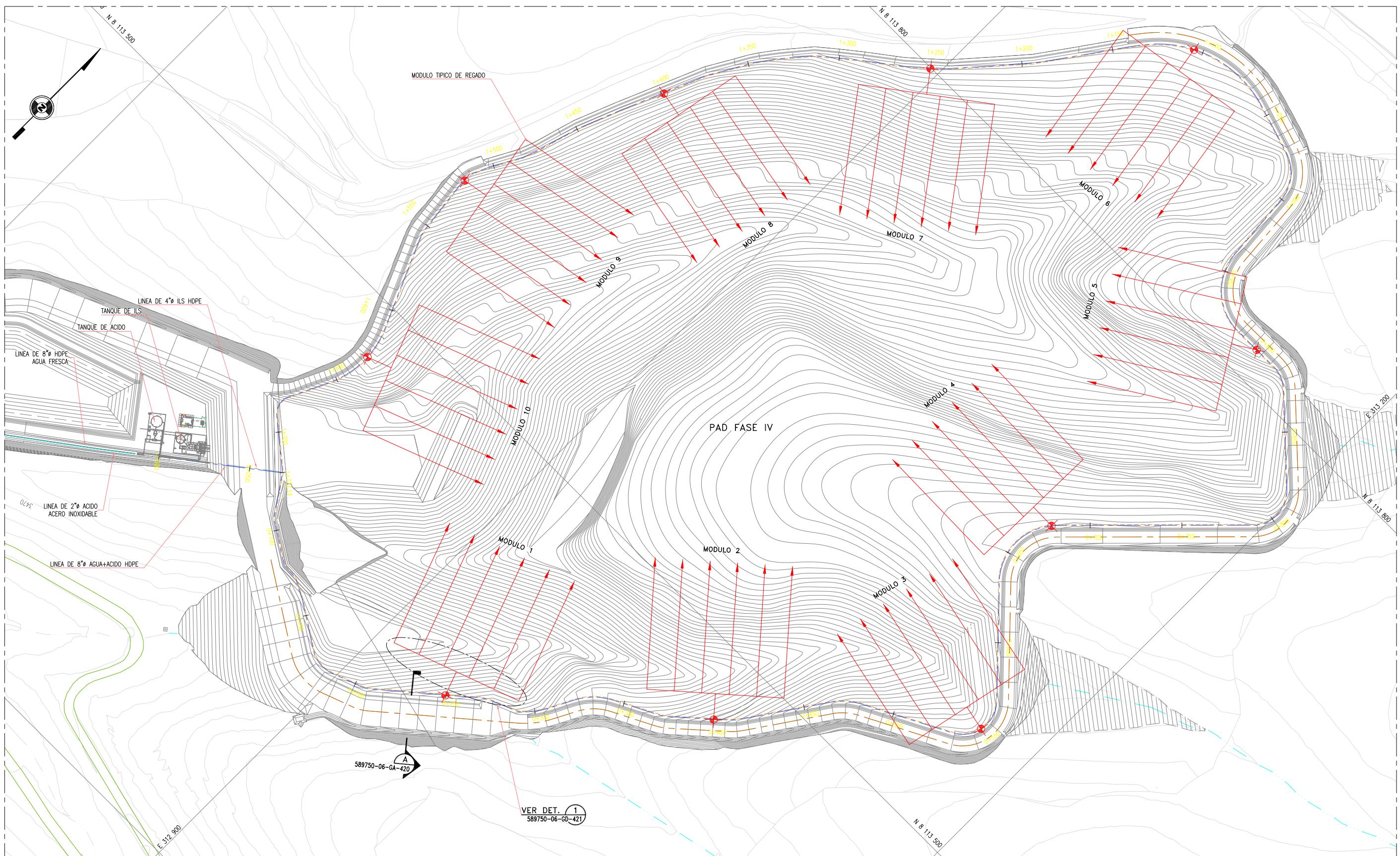


MINA CUAJONE
ZONA PAD FASE IV
LINEA DE ILS
TUBERIAS
ION DE VENTEOS - PLANTA Y PER

COPYRIGHT	(c)	GreEngField SAC
PROYECTO No	ESCALA	FORMA
L3-X30-001	1:2500	A
PLANO No		RE
589750-06-GD-410		C



PERFIL DE GRADIENTE HIDRAULICO
ELEVACION vs. LONGITUD DE FLUJO
ESC: 1/500



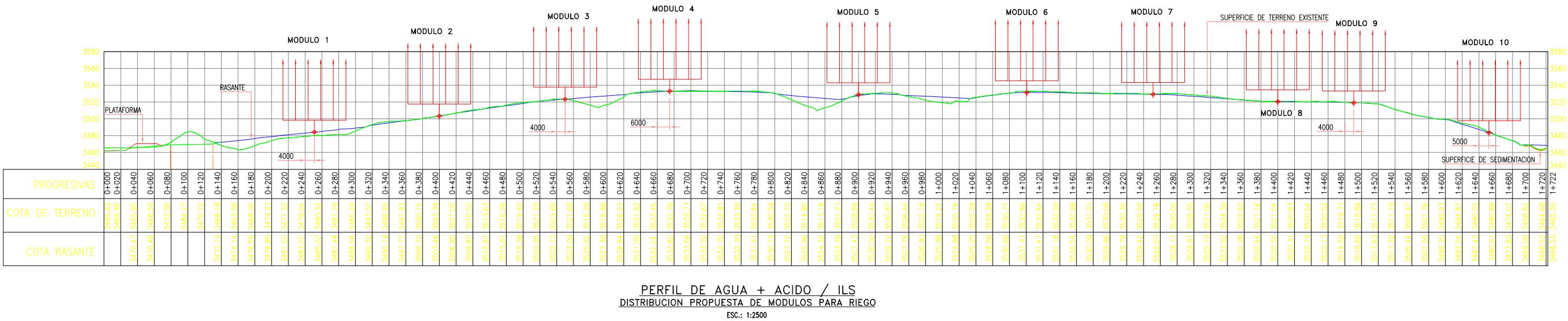
PLANTA GENERAL
DISTRIBUCION PROPUESTA DE MODULOS PARA RIEGO
ESC.: 1:1000

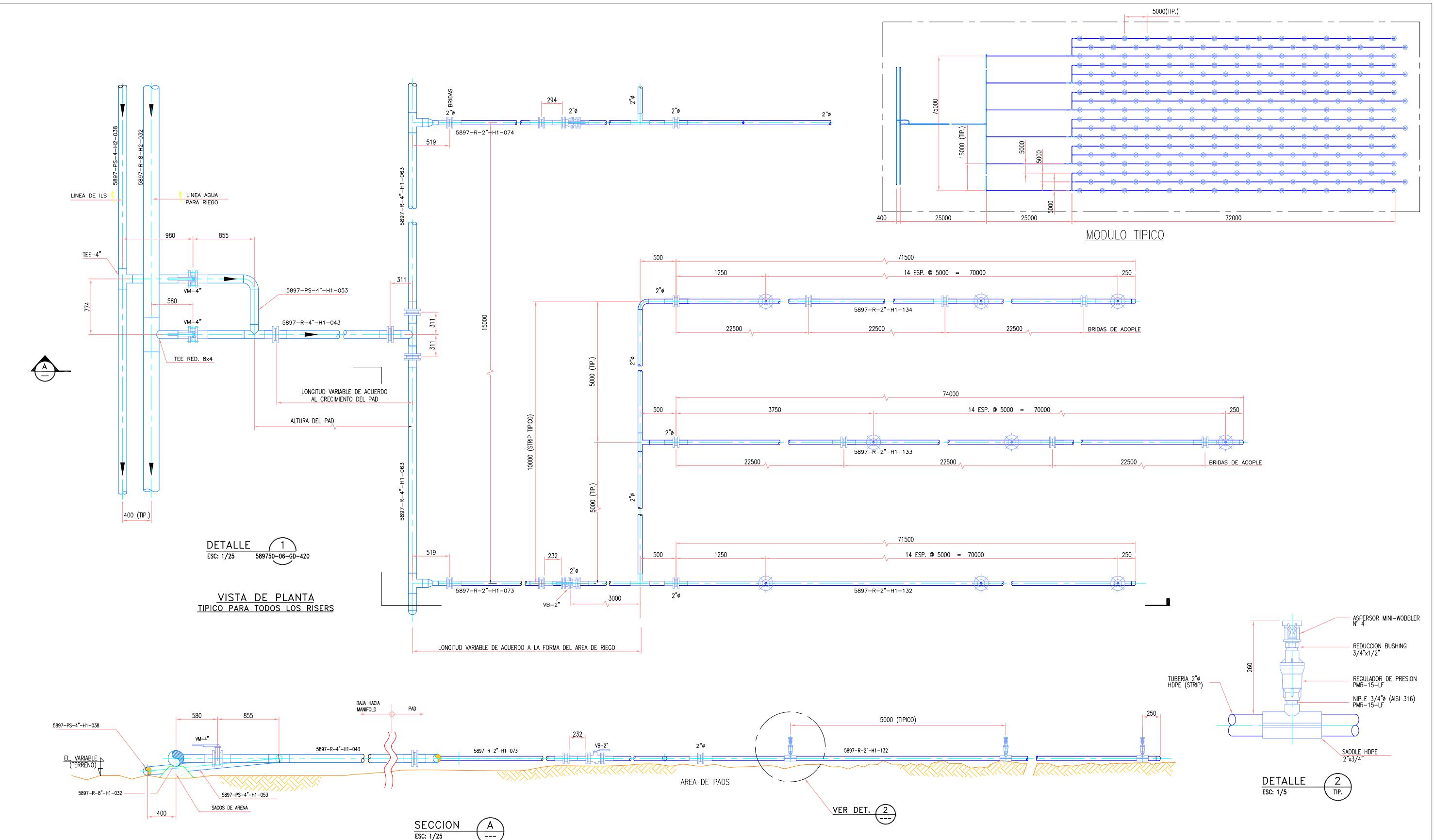
 Anddes  GreEngField Project Management S.A.C.							DISEÑADO	A. SAENZ	JUL. 2014		
							DIBUJADO	L. ZAPATA	JUL. 2014		
589750-06-CD-421	SECCION Y DETALLE STRIP	0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	REVISADO	A. SAENZ	JUL. 2014
589750-06-CD-420	LINEA DE DISTRIBUCIÓN (AGUA + ACIDO / ILS) - STRIP 2 DE 2	B	30.06.14	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.	APROBADO	D. COTRADO	JUL. 2014
589750-06-GA-400	ARREGLO GENERAL DE TUBERÍAS - PAD 1 DE 2	A	28.06.14	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	A.S.	L.Z.	A.S.	D.C.			
No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS	DIB	REV	APRO	CLIENTE	V. JAICO	

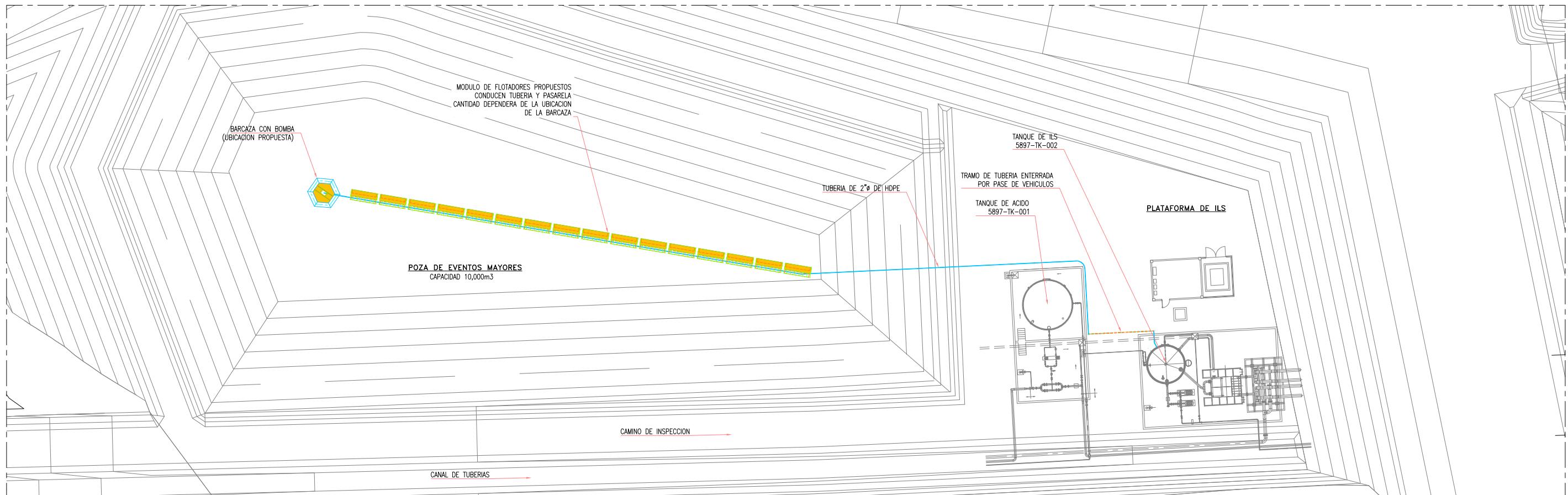


**MINA CUAJONE
ZONA PAD FASE IV
PAD DE LIXIVIACION FASE IV - ETAPA III
TUBERIAS
LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA+ACIDO / ILS(STRIPS) 1 DE 2**

DOPRIGHT © GreEngField SAC		
OVOCETO No L3-X30-001	ESCALA 1:1000	FORMATO A1
ANO No 589750-06-GD-419		REV 0

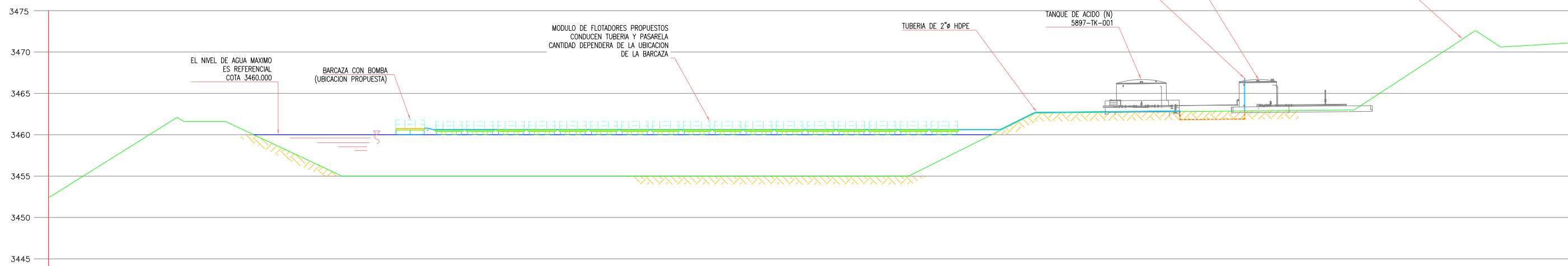






PLANTA
ESC: 1:500

ELEVACION (METROS)



SECCION TRANSVERSAL DESARROLLO DE LINEA DE BARCAZA A TANQUE

ESC: 1:500

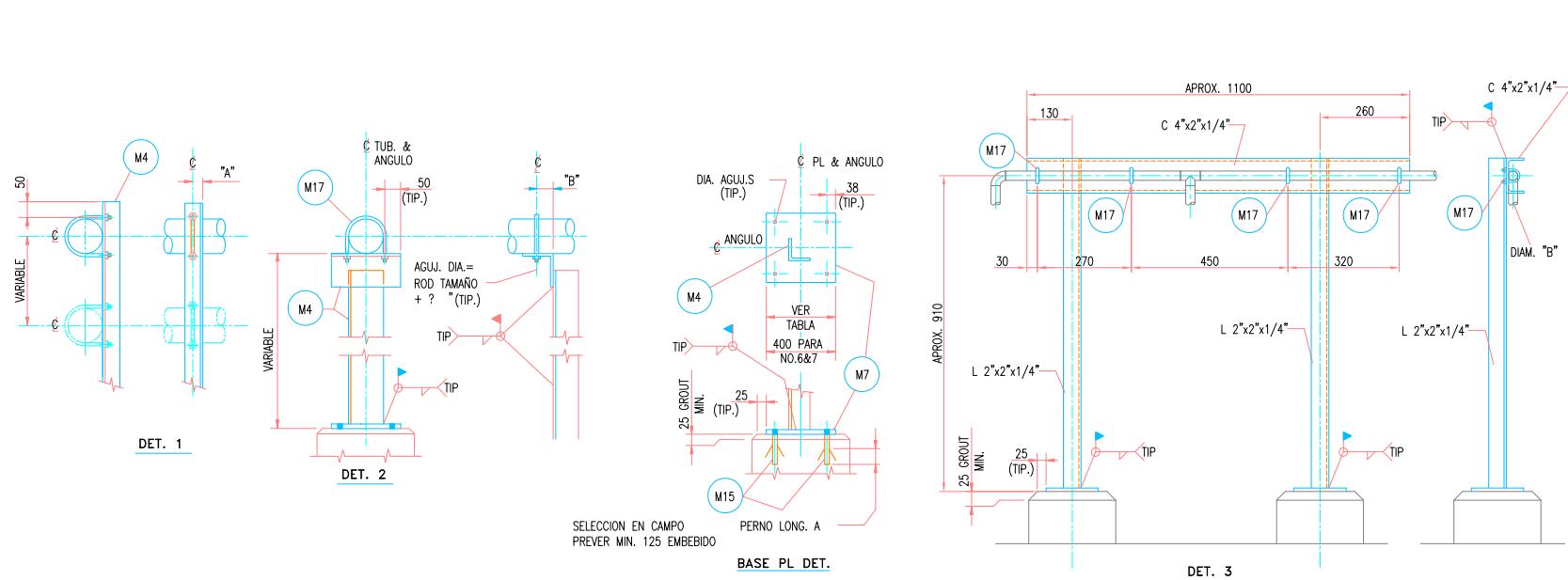
No. DE PLANO	REFERENCIA DE PLANO	REV. FECHA	DESCRIPCION	DIB	REV	DIS	APRO	CLIENTE	DISEÑADO	A. SAENZ	JUL 2014
589750-09-PL407	P&ID - SISTEMA DE BOMBEO ILS	0	31.07.14	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.	DIBUJADO	L. ZAPATA	JUL 2014
589750-05-GA-411	ARREGLO GENERAL PLATAFORMA ILS-PLANTA	B	27.08.14	EMITIDO PARA APROBACION DEL CLIENTE	L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.	REVISADO	A. SAENZ	JUL 2014
589750-06-GA-400	ARREGLO GENERAL DE TUBERIAS - PAD 1 DE 2	A	26.06.14	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	L.Z.	A.S.	A.S.	D.C.	APROBADO	D. COTRADO	JUL 2014

SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

GERENCIA DE PROYECTOS - CUAJONE
PROYECTOS - CUAJONE
APROB. PARA CONSTRUC. V. JAICO FECHA:

MINA CUAJONE
ZONA PAD
PAD DE LIXIVIACIÓN ÁREA 3
TUBERIAS
LINEA DE BOMBEO DE BARCAZA

COPYRIGHT © GreEngField SAC
PROYECTO No L3-X30-001 ESCALA IND. FORMATO A1
PLANO No 589750-06-GD-422 REV 0
L3-X30-001



ITEM NO.	DESCRIPCION
M-4	ANGULO
M-7	PL 1/2"
M-15	WEJ-IT EXPANSION PERNO OR EQ.
M-17	STD.U-PERNO GRINNELL FIG.137 OR EQ.

DET. NO.	DIST. "A"	SECCION DEL ELEMENTO	DIM. "A"	DIM. "B"	TAMAÑO PL BASE
1	25	L 2" x 2" x 1/4"	ø 3/4"	ø 3/4"	100 x 100
2	25	L 2" x 2" x 1/4"	ø 1/2"	ø 1/2"	100 x 100
3	25	L 2" x 2" x 1/4"	ø 1"	ø 1"	100 x 100
4	40	L 3" x 3" x 1/4"	ø 2"	ø 2"	200 x 200
5	40	L 3" x 3" x 1/4"	ø 3"	ø 3"	200 x 200

SOPORTE BAJO-STD TIPO S6

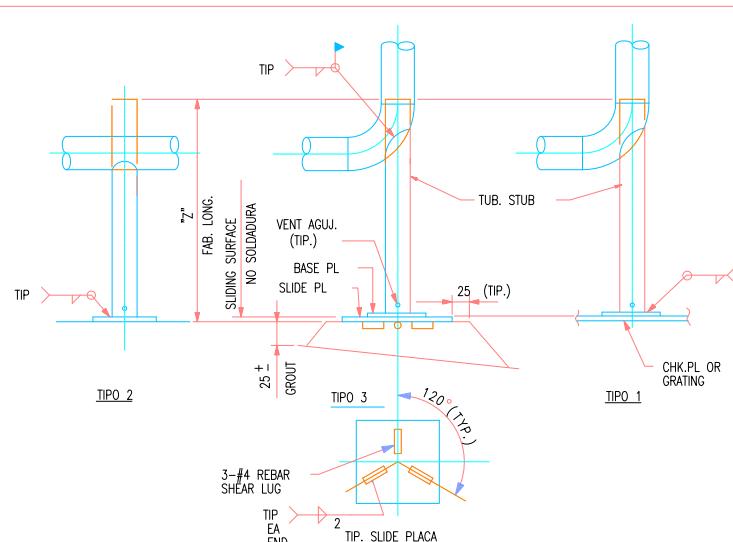
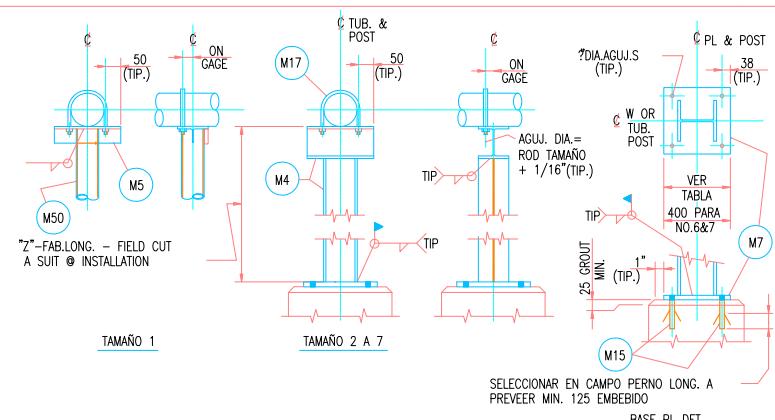


TABLA DE MEDIDAS			
SOPORTED TAMANO TUBERIA	TUB STUB TAMAÑO	BASE_PL TAMANO	SLIDE PI TAMANO
2" a 4"	2" SCH 80	4"x4"x2"	200x200x2
6" a 10"	4" SCH 40	6"x6"x2"	250x250x2
12"	6" SCH 40	8"x8"x2"	300x300x2
14" a 16"	8" SCH 40	10"x10"x2"	350x350x2
18"	10" SCH 40	12"x12"x3/8"	400x400x2
20" a 24"	12" SCH 40	14"x14"x3/8"	450x450x2

SOPORTE BAJO-STD TIPO S2

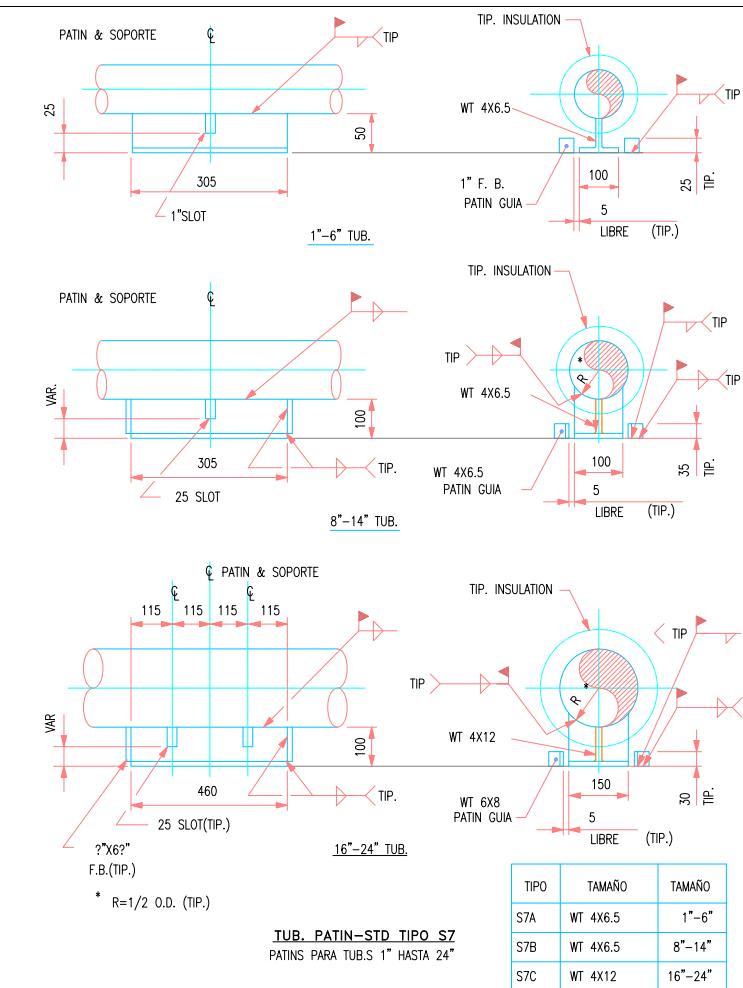


ITEM NO.	DESCRIPCION	TAMANO NO.	TUBERIA A SOPORTAR	ELEMENTO TAMAÑO		FAB.LONG.		BASE
				AP	POST	MIN	MAX	
M-4	W 4X13,6X15,8X31, 10X49 OR 12X40	1	2" A 4"	WT 4X6.5	2"SCH 80	300	1200	200x200
M-5	WT 4X6.5	2	6"	W 4X13	3"SCH 40	300	1500	300x300
M-7	PL 1/2"	3	8" A 10"	W 6X15	4"SCH 40	300	1800	400x400

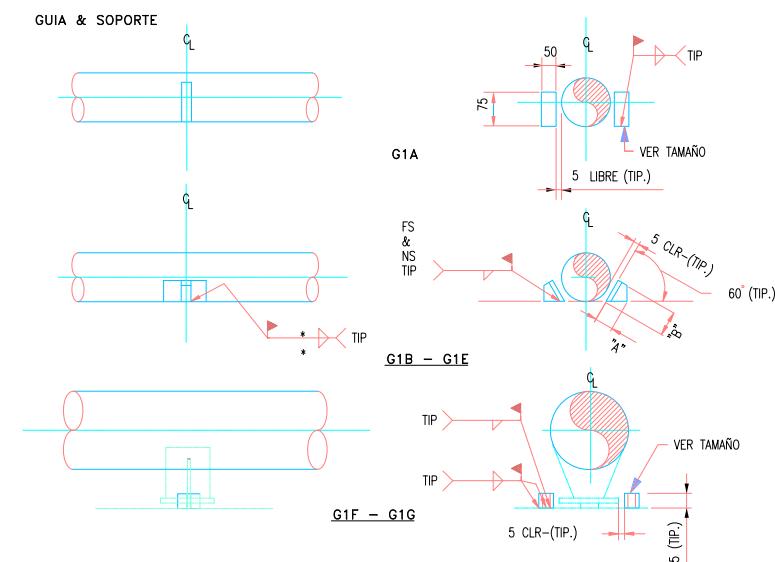
SOPORTE BAJO-STD TIPO S3

"Z" TABLA	
"Z" SYMBOL	"Z" DIMENSION
B	600
C	900
D	1200
E	1500
F	1800

"Z" TABLA	
"Z" SYMBOL	"Z" DIMENSION
B	600
C	900
D	1200
E	1500
F	1800
G	2100



TUB.	PATIN	STD	TIPO	S7
PATINS PARA TUB.S	1"	HASTA	24"	
S7A	WT	4X6.5		1"-6"
S7B	WT	4X6.5		8"-14"
S7C	WT	4X12		16"-24"



STD TIPO	ØTUB. TAMAÑO	ELEMENTO TAMAÑO	"A" DIM	"B" LONG.
G1A	1" HASTA 4"	BAR 2"X?"	—	—
G1B	6" AND 8"	ST2X3.85	50	75?
G1C	10" AND 12"	ST2.5X5	50?	100?
G1D	14" AND 16"	WT4X6.5	75	150
G1E	18" AND 20"	WT4X12	100	200
G1F	24" AND 30"	W4X13	—	—
G1G	36" HASTA 48"	W6X15	—	—

TAMAÑO DE SOLD. DEBE SER
3/16 "(SALVO INDICACION)