



INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE MEL

REVISADO



BPI17009

☐ SIN COMENTARIOS

☒ CON COMENTARIOS

FECHA: 22Oct2017 POR: R. Barra

MEMORIA DE CÁLCULO ESTADO ESTACIONARIO - ELECTROLITO POBRE

BPI17009-H-6000-CM004 Rev. B

| B | 07-09-17 | Aprobación Cliente | C. Alfaro | H. Oberg | G. Acevedo | | |
|------|----------|-------------------------|-----------|----------|------------|---------|------|
| A | 29-08-17 | Coordinación Interna | C. Alfaro | H. Oberg | G. Acevedo | | |
| REV. | FECHA | EMITIDO PARA | POR | L.D. | J.P. | REV. | APR. |
| | | | BRASS | | | CLIENTE | |

BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos

BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos
CONTROL DE PRODUCTOS

Revisado por: Ref. me

Fecha: 12/9/17

MEMORIA DE CÁLCULO ESTADO ESTACIONARIO - ELECTROLITO POBRE

BPI17009-H-6000-CM004 Rev. B

CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | GENERALIDADES | 4 |
| 1.1 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.2 | OBJETIVO | 4 |
| 1.3 | LÍMITE DE BATERÍA | 5 |
| 1.4 | EXCLUSIONES | 5 |
| 1.5 | CÓDIGOS Y ESTÁNDARES | 5 |
| 1.6 | SISTEMA DE UNIDADES | 6 |
| 1.7 | IDIOMA | 6 |
| 1.8 | REFERENCIAS | 6 |
| 1.9 | DEFINICIONES | 7 |
| 2 | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA | 8 |
| 2.1 | PERFIL LONGITUDINAL | 8 |
| 2.2 | CAUDAL DE DISEÑO | 8 |
| 2.3 | CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO | 9 |
| 2.4 | VIDA ÚTIL DEL PROYECTO | 9 |
| 2.5 | CONFIGURACIÓN Y CLASE ASME ESTACIONES | 9 |
| 2.6 | CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA | 11 |
| 2.7 | DIÁMETRO DE LA TUBERÍA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES | 13 |
| 3 | CONDICIÓN DE OPERACIÓN | 15 |
| 3.1 | PÉRDIDA DE CARGA | 15 |
| 3.2 | GRADIENTE HIDRÁULICO | 15 |
| 3.3 | HOLGURAS SISTEMA | 16 |
| 3.4 | SETEO DISPOSITIVO DE SEGURIDAD | 17 |
| 3.5 | POTENCIA Y TDH EQUIPOS DE BOMBEO | 17 |
| 4 | RESUMEN RESULTADOS | 18 |

MEMORIA DE CÁLCULO ESTADO ESTACIONARIO - ELECTROLITO POBRE

BPI17009-H-6000-CM004 Rev. B

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Ubicación Estaciones Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 8 |
| Tabla 2: Caudal de Diseño. | 9 |
| Tabla 3: Parámetros Principales Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre. | 9 |
| Tabla 4: Caracterización Tubería Existente Sistema de Electrolito Pobre (desde Planta EW hasta <i>Tie-in</i> Km 0,1). | 12 |
| Tabla 5: Caracterización Tubería Existente Sistema de Electrolito Pobre (desde <i>Tie-in</i> km 16,32 hasta Planta SX). | 12 |
| Tabla 6: Caracterización Tubería Nueva Sistema de Electrolito Pobre (desde <i>Tie-in</i> km 0,1 hasta <i>Tie-in</i> km 16,32). | 13 |
| Tabla 7: Distribución de Espesores Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 13 |
| Tabla 8: Pérdidas de Carga <i>Pipeline</i> Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 15 |
| Tabla 9: Presiones Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 16 |
| Tabla 10: Holguras Mínimas Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 16 |
| Tabla 11: Nueva Presión de Seteo Dispositivo de Seguridad Electrolito Pobre. | 17 |
| Tabla 12: Potencia Equipos de Bombeo Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 17 |
| Tabla 13: Distribución de Espesores Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 18 |
| Tabla 14: Nueva Presión de Seteo Dispositivo de Seguridad. | 18 |
| Tabla 15: Potencia Equipos de Bombeo Sistema de Transporte Electrolito Pobre. | 19 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Perfil Longitudinal Sistema de Transporte de Electrolito Pobre. | 8 |
| Figura 2: Estación de Bombeo Electrolito Pobre (Existente). | 10 |
| Figura 3: Estación de Monitoreo de Presión Punto Alto (Proyectada). | 11 |
| Figura 4: Estación Terminal Electrolito Pobre (Existente). | 11 |
| Figura 5: Gradiente Hidráulico para Caudal de Diseño Sistema de Transporte de Electrolito Pobre. | 15 |

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

“Minera Escondida Limitada, en adelante MEL, ha solicitado a Brass Chile S.A., en adelante BRASS, el desarrollo de una Ingeniería de Detalles denominada “Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE”.

Actualmente el Electrolito Rico, obtenido en la planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de un “*pipeline*” de aproximadamente 16,8 km, constituido por cañerías de acero inoxidable. De forma paralela y en sentido inverso, el Electrolito Pobre obtenido en la planta de Óxidos, es impulsado hacia la Planta de Sulfuros por un pipeline de igual longitud y mismo material.

El proyecto original de MEL contemplaba el uso únicamente de tuberías de acero inoxidable, que con el transcurso del tiempo, han presentado reiterados problemas de fugas atribuibles aparentemente a problemas de corrosión. Estos problemas han significado que las Líneas de Interplanta se encuentren actualmente, en algunas zonas, con un grado de deterioro importante, que ha significado realizar reemplazos de tuberías de acero inoxidable por tuberías de HDPE.

Con información proporcionada por MEL y soportada con la realización de estudios hidráulicos, se desarrollan los trabajos necesarios que permitan validar, considerando todos los estándares y normas aplicables, los cambios de material realizados y/o en su defecto plantear modificaciones adicionales a las actuales configuraciones de la Líneas Interplanta”.

1.2 OBJETIVO

El presente documento tiene el objetivo de calcular la operación en estado permanente (estacionario) del sistema de transporte de Electrolito Pobre para el caudal de diseño (1.875 m³/h).

Los objetivos específicos se encuentran listados a continuación:

- a) Determinar las presiones de operación del sistema en estado permanente (estacionario) para el caudal de diseño.
- b) Determinar de los espesores requeridos para la tubería a lo largo del trazado.
- c) Determinar seteo dispositivo de seguridad en estación terminal.
- d) Determinar TDH y verificación potencia equipos de bombeo instalados.
- e) Determinar las holguras operacionales del sistema.

1.3 LÍMITE DE BATERÍA

Los límites de batería establecidos para el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre son los siguientes:

Desde: Las boquillas de alimentación a bombas 3600-5PP-325/326/327/328 que salen desde el estanque 3600-5TAA-235 ubicado en el patio de estanques y reactivos EW. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

Hasta: La boquilla que alimenta al estanque 3500-5TAA-222 ubicado en el patio de estanques y reactivos SX. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

1.4 EXCLUSIONES

En este documento se excluye lo siguiente:

- a) Modificaciones al diseño del *piping* de la estación aguas arriba del empalme (*Tie-in*), es decir, aguas arriba del kilometro 0,100.
- b) Modificaciones al diseño del *piping* de la estación aguas abajo del empalme (*Tie-in*), es decir, aguas abajo del kilometro 16,32.
- c) Estudio y selección de alternativas de trazado.
- d) Normativa relacionada con otras áreas del proyecto (seguridad, materiales, soldadura, entre otras).

1.5 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

El diseño del Sistema de Transporte de Electrolito Pobre y sus complementos se efectuará de acuerdo de los siguientes códigos, estándares y manuales:

- a) *American Society of Testing Materials (ASTM) “Standart Specification for Seamless, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes”,* referido a la edición 2004.
- a) *American Water Works Association Manual (AWWA) M55, “PE Pipe – Design and Installation”,* referido a la edición 2006.
- b) *American Petroleum Institute (API) “Specification for Polyethylene Line Pipe (PE)”,* referido a la edición 2008.
- c) TR-4 PPI *“Listing of HDB/HDS/SDB/PDB/MRS Ratings for Thermoplastic Piping Material sor Pipe”,* referido a la edición 2013.
- d) IGN 4-37-02 *“Design against Surge and Fatigue conditions for Thermoplastic Pipes”,* referido a la edición 1999.
- e) ISO 4427 – Parte 1/2 /3 *“Plastics piping systems – Polyethylene (PE) pipes and fittings for wáter supply”,* referido a la edición 2007.

- f) Código ASME B31.4-2016 “*Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries*”, referido a la edición 2016.

1.6 SISTEMA DE UNIDADES

Se utilizarán las ecuaciones en las unidades indicadas en los códigos y normas a usar en el diseño, a objeto de facilitar su revisión en dichos códigos y normas. Los resultados finales serán convertidos a unidades del sistema internacional SI¹.

1.7 IDIOMA

El idioma a utilizar en el desarrollo del proyecto, y su documentación asociada, es el español.

1.8 REFERENCIAS

Las referencias utilizadas son las siguientes:

- a) Propuesta Técnica N° P-17065 para Minera Escondida Limitada para la Ingeniería de Detalle Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE, Revisión C.
- b) Planos de Planta y Perfil Longitudinal N° 2325-3350-210-DW-1001 y 2325-3350-210-DW-1012, correspondiente a la revisión *As-Built* Revisión Z.
- c) Planos de Alineamiento N° BPI17009-C-6000-TP001 al BPI17009-C-6000-TP024, correspondiente a la revisión B.
- d) P&IDs Electrolito Pobre:
 - 1) Plano N° 2325-3600-250-PI-1001, Revisión Z.
 - 2) Plano N° BPI17009-H-6000-PI001, Revisión B.
 - 3) Plano N° 2325-3500-250-PI-1007, Revisión 3.
- e) Process Design Criteria for Electrowinning documento N° 2325-0000-225-DC-0004, Revisión 1.
- f) Control Philosophy for Interplant Piping System de Fluor documento N° 2325-3350-225-TS-0021, Revisión B.
- g) Registro fotografico y Reporte Visita a Terreno documento N° BPI17009-G-6000-GR001, Revisión B.
- h) Información proveedor (*vendor*) Catálogo de productos de HDPE TEHMCÓ.
- i) Información proveedor (*vendor*) KSB, documento *Pump Expected Performance Curves* para las bombas de Electrolito Pobre (TAG N° 3600-5PPP-325 al 328), ver documento Bases y Criterios de Diseño

¹ Una excepción a esta conversión son el diámetro nominal de las tuberías que será indicado en pulgadas.

para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.

- j) Información proveedor (*vendor*) ZURICH, documento *Data Sheet Control Valve* para las válvulas de control de Electrolito Pobre (TAG N° 3500-PV-2211, 3600-FV-3212/3222/3232/3242), ver documento Bases y Criterios para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.
- k) Informe Análisis Alternativas de Tubería para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-GR005 Revisión B.
- l) Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.

1.9 DEFINICIONES

A continuación se define la siguiente nomenclatura a ser utilizada en el presente documento:

| | | |
|----------|---|---|
| DS | : | Aguas abajo (<i>Downstream</i>). |
| US | : | Aguas Arriba (<i>Upstream</i>). |
| EW | : | Planta de Óxidos. |
| SX | : | Planta de Sulfuros |
| HGL | : | Línea de gradiente hidráulico (<i>Hydraulic Grade Line</i>). |
| MAOP | : | Presión máxima admisible para operación normal (<i>Maximum Allowable Operating Pressure</i>). |
| MASP | : | Presión máxima admisible para operación transiente (<i>Maximum Allowable Surge Pressure</i>). |
| m.c.f. | : | Metros columna de fluido (unidad de presión). |
| MOP | : | Presión máxima de operación normal (<i>Maximum Operating Pressure</i>). |
| m.s.n.m. | : | Metros sobre el nivel medio del mar. |
| SMYS | : | Tensión de fluencia mínima especificada (<i>Specified Minimum Yield Strength</i>). |
| TDH | : | Altura Dinámica Total (<i>Total Dynamic Head</i>). |
| SS | : | Estado permanente (estacionario). |

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1 PERFIL LONGITUDINAL

El trazado del sistema de transporte de Electrolito Pobre, tiene una longitud de aproximadamente 16,41 km; este comienza en la Planta de Óxidos, y finaliza en el Estanque de Electrolito Pobre en la Planta de Sulfuros. En la Figura 1 a continuación se presenta el perfil longitudinal del trazado.

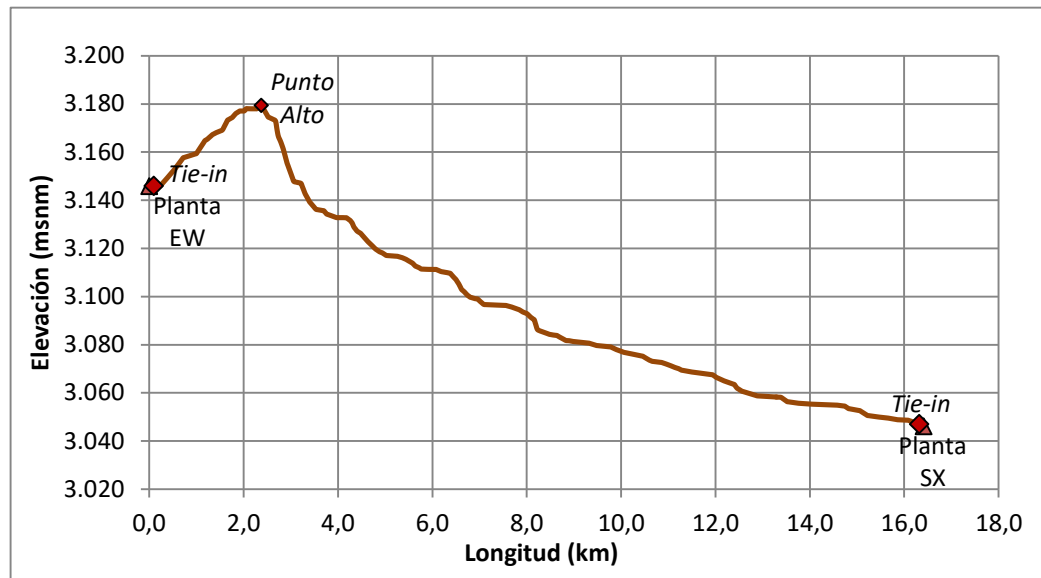


Figura 1: Perfil Longitudinal Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

| Estación | Nomenclatura | Kilometraje (km) | Elevación (msnm) | Observación | Coordenadas | |
|--------------------|--------------|------------------|------------------|-------------|-------------|----------|
| | | | | | Norte | Este |
| Planta de Óxidos | EW | 0,00 | 3.145,75 | Existente | 109.559,5 | 13.532,9 |
| Tie-in | Tie-in 1 | 0,10 | 3.145,80 | Nueva | 109.554,3 | 13.632,7 |
| Punto Alto | PA | 2,38 | 3.179,36 | Nueva | 111.662,0 | 13.929,3 |
| Tie-in | Tie-in 2 | 16,32 | 3.046,90 | Nueva | 108.279,1 | 21.966,3 |
| Planta de Sulfuros | SX | 16,41 | 3.046,10 | Existente | 108.205,9 | 21.908,7 |

Tabla 1: Ubicación Estaciones Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

2.2 CAUDAL DE DISEÑO

La Tabla 2 indica el caudal de diseño de el Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre.

| Sistema | Caudal de Diseño (m ³ /h) ² |
|-------------------|--|
| Electrolito Pobre | 1.875 |

Tabla 2: Caudal de Diseño.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO

Las características del fluido transportado por el Sistema de Electrolito Pobre se detallan a continuación en la Tabla 3.

| Descripción | | Unidades | Electrolito Pobre |
|-----------------------------|--------------------------------|------------|-------------------|
| Gravedad Especifica @ 24 °C | | -- | 1,2 |
| Viscosidad @ 24 °C | | (mPa*s) | 2 |
| Temperatura ³ | | (°C) | 50 |
| Calor Especifico | | (kJ/kg °C) | 3,25 |
| Análisis Químico | Cu ++ | (g/l) | 55 |
| | H ₂ SO ₄ | (g/l) | 180 |
| | Fe (Total) | (g/l) | 1,5 |
| | Co++ | (g/l) | 100 |
| | Cl- | (g/l) | 30 (max) |

Tabla 3: Parámetros Principales Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre.

2.4 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

La vida útil del proyecto se encuentra definida por el material de tubería seleccionado, para la tubería de HDPE la vida útil corresponde a 10 años.

La definición de la vida útil de la tubería de HDPE se encuentra definida por el proveedor respectivo de dicho material. Para mayor detalle ver documento Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B, Sección 4.4.2 Tabla 7.

2.5 CONFIGURACIÓN Y CLASE ASME ESTACIONES

La configuración de los equipos de bombeo existentes TAG N°3600-5PPP-325 @ 328 en la estación de bombeo EW del Sistema de Transporte de Electrolito Pobre; considera tres (3) bombas operativas y una (1) bomba

² Referencia Process Design Criteria for Electrowinning documento N° 2325-0000-225-DC-0004, Revisión 1.

³ Dato obtenido durante a visita a terreno, desde pantallas de Sala de Control.

stand-by, cada una de ellas capaz de impulsar $625 \text{ m}^3/\text{h}$. El motor instalado para dichos equipos de bombeo tiene una potencia de 185 kW.

Además el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre considera la modificación del rodete de las bombas existentes TAG 3600-5PP-325 @ 328 de 416 mm a 421 mm, esto con el fin de que el sistema de transporte pueda impulsar el caudal de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) utilizando tres (3) equipos operativos.

De acuerdo a las presiones obtenidas en el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre para el flujo de diseño ($1.875 \text{ m}^3/\text{h}$) en la condición de estado permanente (estacionario), se definió mantener la Clase ASME de las estaciones existentes.

Adicionalmente se debe indicar que el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre considera una modificación en la filosofía de operación para la detención de este. Esto debido a que los admisibles de la tubería de HDPE no son capaces de soportar una detención presurizada del sistema, por lo cual se debe considerar detener el bombeo, luego dejar drenar el flujo hacia la estación terminal para luego efectuar el cierre de la válvula en la descarga del sistema (estación terminal).

A continuación desde la Figura 2 a la Figura 4 se muestra configuración general del las estaciones del Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

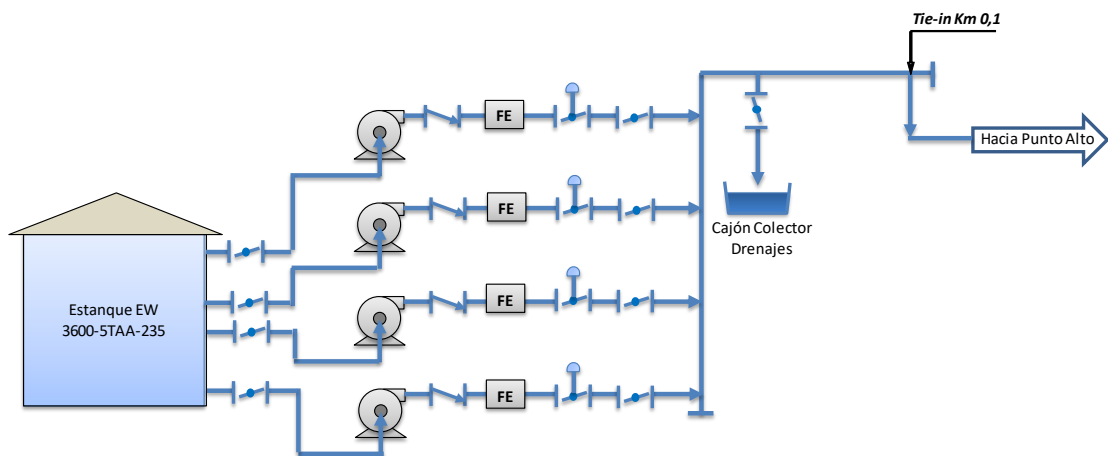


Figura 2: Estación de Bombeo Electrolito Pobre (Existente).

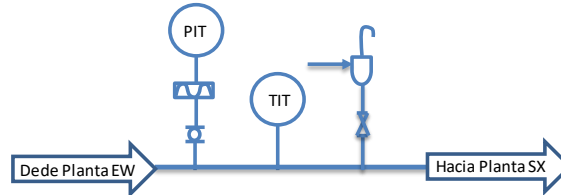


Figura 3: Estación de Monitoreo de Presión Punto Alto (Proyectada).

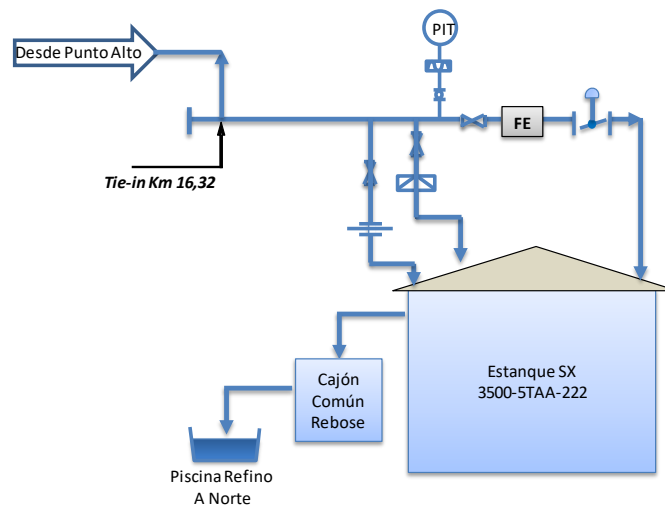


Figura 4: Estación Terminal Electrolito Pobre (Existente).

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Las características de la tubería existente y nueva (diámetro, material, espesores) a los largo del Sistema de Electrolito Pobre se presentan a continuación en las Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

| Descripción | Unidades | Electrolito Pobre |
|------------------|--------------|---------------------|
| Material | -- | Acero Inoxidable |
| Calidad Material | -- | AISI 316L |
| SMYS | psi (MPa) | 25.000 (172,375) |
| Diámetro Tubería | pulg (mm) | 24 (610) |
| Espesor Tubería | mm | 6,35 |
| Longitud | km | 0,10 |
| Rugosidad | mm | 0,5 |

Tabla 4: Caracterización Tubería Existente Sistema de Electrolito Pobre (desde Planta EW hasta Tie-in Km 0,1).

| Descripción | Unidades | Electrolito Pobre |
|------------------|--------------|---------------------|
| Material | -- | Acero Inoxidable |
| Calidad Material | -- | AISI 316L |
| SMYS | psi (MPa) | 25.000 (172,375) |
| Diámetro Tubería | pulg (mm) | 20 (508) |
| Espesor Tubería | mm | 5,54 |
| Longitud | km | 0,09 |
| Rugosidad | mm | 0,5 |

Tabla 5: Caracterización Tubería Existente Sistema de Electrolito Pobre (desde Tie-in km 16,32 hasta Planta SX).

| Descripción | Unidades | Electrolito Pobre |
|---|--------------------|-------------------|
| Material | -- | HDPE |
| Calidad Material | -- | PE 100 |
| DR | -- | 9 |
| Presión Nominal | bar | 20 |
| Presión de trabajo @ 50 °C en 10 años de vida útil | Kg/cm ² | 13,1 |
| | psi | 186,3 |
| | kPa | 1.285 |
| Diámetro Tubería | pulg | 28 / 24 |
| | (mm) | (710) / (630) |
| Espesores Tubería | mm | 79,3 / 70,3 |
| Longitud | km | 4,70 / 11,52 |
| Rugosidad | mm | 0,021 |

Tabla 6: Caracterización Tubería Nueva Sistema de Electrolito Pobre (desde Tien-in km 0,1 hasta Tie-in km 16,32).

2.7 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES

La distribución de espesores para la tubería existente y proyectada para el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre se muestra a continuación en la Tabla 7.

| Desde (km) | Hasta (km) | Diámetro Exterior (in) | Diámetro Exterior (mm) | Espesor (mm) | Longitud (km) | Material | Observación |
|------------|------------|------------------------|------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-------------|
| 0,00 | 0,10 | 24 | 610 | 6,35 | 0,10 | Acero Inoxidable AISI 316L | Existente |
| 0,10 | 4,80 | 28 | 710 | 79,3 | 4,70 | HDPE PE 100 | Nueva |
| 4,80 | 16,32 | 24 | 630 | 70,3 | 11,52 | HDPE PE 100 | Nueva |
| 16,32 | 16,41 | 20 | 508 | 5,54 | 0,09 | Acero Inoxidable AISI 316L | Existente |

Tabla 7: Distribución de Espesores Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

Los valores indicados en la Tabla 7 deben ser verificados mediante simulación numérica de transientes, para mayor detalle ver documento N° BPI17009-H-6000-GR003 "Reporte Hidráulico Estado Transiente –Electrolito Rico".

Debería decir "han sido verificados"

También se debe mencionar que los espesores señalados en la Tabla 7 fueron verificados a la presión de colapso, resistiendo adecuadamente la condición de vacío (presión de vapor).

3 CONDICIÓN DE OPERACIÓN

3.1 PÉRDIDA DE CARGA

Las pérdidas de carga generadas en el *pipeline* para el caudal de diseño se muestran a continuación en la Tabla 8.

| Dimensionamiento Tubería Electrolito Pobre | | | | Condición de Diseño 1.875 m ³ /h | | | |
|--|------------------------|--------------|---------------|---|--------------|-------------|--------------|
| Diámetro Exterior (in) | Diámetro Exterior (mm) | Espesor (mm) | Longitud (km) | Velocidad (m/s) | Reynolds (–) | f Darcy (–) | dh/dx (m/km) |
| 24 | 610 | 6,35 | 0,10 | 1,86 | 666.143 | 0,0193 | 5,70 |
| 28 | 710 | 79,3 | 4,70 | 2,18 | 721.595 | 0,0130 | 5,71 |
| 24 | 630 | 70,3 | 11,52 | 2,77 | 813.011 | 0,0129 | 10,26 |
| 20 | 508 | 5,54 | 0,09 | 2,69 | 800.707 | 0,0200 | 14,83 |

Tabla 8: Pérdidas de Carga *Pipeline* Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

3.2 GRADIENTE HIDRÁULICO

La Figura 5 muestra el gradiente hidráulico para la condición de diseño de 1.875 m³/h para el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

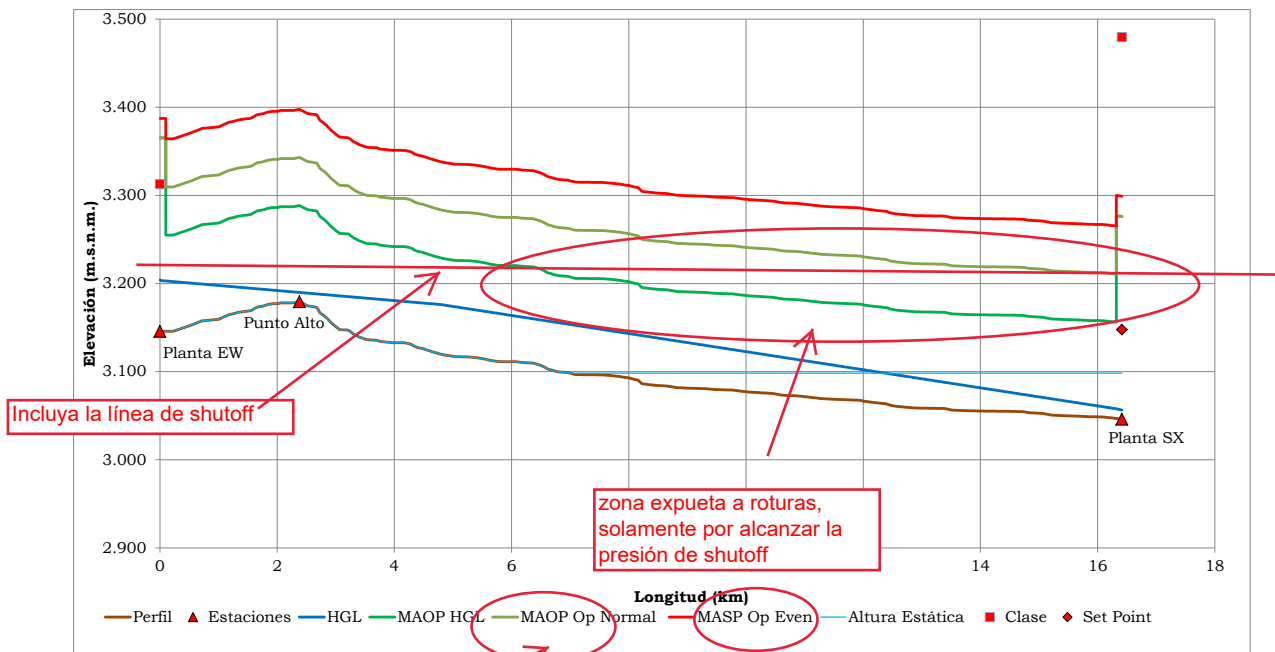


Figura 5: Gradiente Hidráulico para Caudal de Diseño Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

revisar según comentarios
en el criterio de diseño

| Estación | Kilometraje (km) | Elevación (msnm) | Clase ASME Estaciones (--) | TDH (mcf) | Disipación Válvula Control (kPa) | Apertura Válvula Control (%) | Presión Dinámica (kPa) | | Presión Estática (kPa) | |
|------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|--------------|--|------------------------------------|---------------------------|-----|---------------------------|----|
| | | | | | | | US | DS | US | DS |
| Planta EW | 0,00 | 3.146 | 150 | 56,3 | 6,41 | 93,7 | -- | 686 | -- | 0 |
| Punto Alto | 2,38 | 3.179 | -- | -- | -- | -- | 124 | | 0 | |
| Planta SX | 16,41 | 3.046 | 300 | -- | 27,45 | 86,8 | 122 | -- | 614 | -- |

Tabla 9: Presiones Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

Tal como se puede apreciar en la Figura 5 el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre debe considerar una modificación en la filosofía de operación para la detención de este. Esto debido a que los valores de esfuerzo admisibles de la tubería de HDPE no son capaces de soportar una detención presurizada del sistema; esta situación es válida para la condición actual (cambio parcial de tramos a HDPE) y la condición futura (cambio total a tubería a HDPE) del sistema.

incluir en el gráfico (fig 5) la línea de shutoff, para que realmente se pueda apreciar

Por lo tanto, como filosofía de operación para la detención del sistema de Electrolito Pobre se debe considerar detener el bombeo, luego dejar drenar el flujo hacia la estación terminal para luego efectuar el cierre de la válvula en la descarga del sistema (estación terminal).

Para poder realizar esta operación de drenaje se ha considerado utilizar el rebose del estanque TAG 3500-5TAA-222, el cual es direccionado al Cajón (común) de Rebose de los Estanques de Electrolito Pobre y Rico; para finalmente dirigirse a la Piscina Refino A Norte, la cual tiene una capacidad de 27.000 m³.

3.3 HOLGURAS SISTEMA

A continuación se indican en la Tabla 10 las holguras mínimas del sistema para el caudal de diseño de 1.875 m³/h.

| Holguras Mínimas (mcf) | | | |
|------------------------|-----------|----------------|---------------|
| Desde | Hasta | Perfil | MAOP - HGL SS |
| Punto Alto | | 10,5 | 98,6 |
| Planta EW | Planta SX | 8 ⁴ | 52,1 |
| Criterios | | >10 | >10 |

Tabla 10: Holguras Mínimas Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

⁴ Altura de llegada a los estanques al finalizar el trazado, 8 m.

3.4 SETEO DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

A continuación en la Tabla 11 se indica la nueva presión de seteo del dispositivo de seguridad ubicado en la estación terminal, el cual será modificado en el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre.

| Estación | TAG | Observación | Dispositivo | Presiones (kPa) | | | Clase ASME |
|-----------|------------|-------------|------------------|-----------------|-------|--------|------------|
| | | | | Máxima | Seteo | Mínima | |
| Planta SX | PSE - 2509 | Modificado | Disco de Ruptura | 1.255 | 1.195 | 1.135 | 300 |

Tabla 11: Nueva Presión de Seteo Dispositivo de Seguridad Electrolito Pobre.

Los valores indicados en la Tabla 11 deben ser verificados mediante simulación numérica de transientes, para mayor detalle ver documento N° BPI17009-H-6000-GR004 "Reporte Hidráulico Estado Transiente –Electrolito Pobre".

fuéron verificados

3.5 POTENCIA Y TDH EQUIPOS DE BOMBEO

A continuación en la Tabla 12 se verifica la potencia instalada del motor existente de acuerdo a las condiciones de operación actuales.

| Caudal (m³/h) | Equipos de Bombeo | TDH (mcf) | Potencia Hidráulica (kW) | Potencia al Eje (kW) | Potencia Consumida (kW) | Potencia Instalada (kW) |
|---------------|-------------------|-----------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1.875 | 3 | 56,3 | 115 | 149 ⁵ | 165 ⁶ | 185 |

Tabla 12: Potencia Equipos de Bombeo Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

⁵ Considera eficiencia equipo de bombeo 77%, mayor detalle ver Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.

⁶ Considera eficiencia de transmission 95% y eficiencia motor 95,4%, mayor detalle ver Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.

4 RESUMEN RESULTADOS

A partir de los cálculos presentados en este documento, se puede indicar los siguientes resultados:

- a) La tubería del Sistema de Transporte de Electrolito Pobre tiene las siguientes características que se detallan a continuación:

| Desde (km) | Hasta (km) | Diámetro Exterior (in) | Diámetro Exterior (mm) | Espesor (mm) | Longitud (km) | Material | Observación |
|------------|------------|------------------------|------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-------------|
| 0,00 | 0,10 | 24 | 610 | 6,35 | 0,10 | Acero Inoxidable AISI 316L | Existente |
| 0,10 | 4,80 | 28 | 710 | 79,3 | 4,70 | HDPE PE 100 | Nueva |
| 4,80 | 16,32 | 24 | 630 | 70,3 | 11,52 | HDPE PE 100 | Nueva |
| 16,32 | 16,41 | 20 | 508 | 5,54 | 0,09 | Acero Inoxidable AISI 316L | Existente |

Tabla 13: Distribución de Espesores Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

Los valores indicados en la Tabla 13 deben ser verificados mediante simulación numérica de transientes, para mayor detalle ver documento N° BPI17009-H-6000-GR004 "Reporte Hidráulico Estado Transiente – Electrolito Pobre".

fueron verificados

- b) Se define mantener la Clase ASME de las estaciones existentes, cuyo valor corresponde a Clase ASME 150 en la Planta EW y Clase ASME 300 en la Planta SX.
- c) La nueva presión de seteo del dispositivo de seguridad ubicado en la estación terminal para el Sistema de Transporte de Electrolito Pobre se muestra a continuación.

| Estación | TAG | Observación | Dispositivo | Presiones (kPa) | | | Clase ASME |
|-----------|------------|-------------|------------------|-----------------|-------|--------|------------|
| | | | | Máxima | Seteo | Mínima | |
| Planta SX | PSE - 2509 | Modificado | Disco de Ruptura | 1.255 | 1.195 | 1.135 | 300 |

Tabla 14: Nueva Presión de Seteo Dispositivo de Seguridad.

Los valores indicados en la Tabla 14 deben ser verificados mediante simulación numérica de transientes, para mayor detalle ver documento N° BPI17009-H-6000-GR004 "Reporte Hidráulico Estado Transiente – Electrolito Pobre".

Indicar el criterio para definir las presiones de seteo del disco de ruptura

- d) La potencia y TDH de los equipos de bombeo de acuerdo a las actuales condiciones de operación corresponde a la que se muestra a continuación:

| Caudal (m ³ /h) | Equipos de Bombeo | TDH (mcf) | Potencia Hidráulica (kW) | Potencia al Eje (kW) | Potencia Consumida (kW) | Potencia Instalada (kW) |
|-------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1.875 | 3 | 56,3 | 115 | 149 ⁷ | 165 ⁸ | 185 |

Tabla 15: Potencia Equipos de Bombeo Sistema de Transporte Electrolito Pobre.

- e) El Sistema de Transporte de Electrolito Pobre debe considerar una modificación en la filosofía de operación para la detención de este. Esto debido a que los valores de esfuerzo admisibles de la tubería de HDPE no son capaces de soportar una detención presurizada del sistema; esta situación es válida para la condición actual (cambio parcial de tramos a HDPE) y la condición futura (cambio total a tubería a HDPE) del sistema.

Se entiende que el sistema (el actual y el proyectado) no será capaz de resistir la presurización hasta shutoff.

Por lo tanto, como filosofía de operación para la detención del sistema de Electrolito Pobre se debe considerar detener el bombeo, luego dejar drenar el flujo hacia la estación terminal para luego efectuar el cierre de la válvula en la descarga del sistema (estación terminal).

- f) Para poder realizar la operación de drenaje se ha considerado utilizar el rebose del estanque TAG 3500-5TAA-222, el cual es direccionado al Cajón (común) de Rebose de los Estanques de Electrolito Pobre y Rico; para finalmente dirigirse a la Piscina Refino A Norte, la cual tiene una capacidad de 27.000 m³.

⁷ Considera eficiencia equipo de bombeo 77%, mayor detalle ver Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.

⁸ Considera eficiencia de transmisión 95% y eficiencia motor 95,4%, mayor detalle ver Bases y Criterios de Diseño para los Sistemas de Transporte de Electrolito Pobre y Rico documento N° BPI17009-H-6000-DC001 Revisión B.