

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**PROPUESTA DE SUMINISTRO DE 3 450 m³/d DE
AGUA DESALINIZADA PARA UNA PLANTA
PROCESADORA DE MINERAL**

INFORME DE COMPETENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

FREDY GONZÁLES ROCA

PROMOCIÓN 1998-2

LIMA-PERÚ

2014

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darme la oportunidad de seguir adelante.

Gracias al amor de mi padre Leónidas y de mi madre Clorinda

Quienes me dieron la vida,

y gracias a los familiares, amigos y profesores; quienes siempre me brindaron su apoyo y aliento en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre Clorinda Roca Zegarra por ser una madre coraje, por su empuje, por hacer personas de bien a todos sus hijos, por creer en la educación y por creer siempre en mí.

ÍNDICE

	PÁG.
PRÓLOGO	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	
1.1 ANTECEDENTES.....	04
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	04
1.3 OBJETIVO.....	04
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	04
CAPÍTULO II: SISTEMA DE BOMBEO	
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	05
2.1.1. Condiciones ambientales.....	05
2.1.2. Tipo de tubería para transporte de agua.....	06
2.1.3. Accesorios, válvulas y medidor de flujo.....	09
2.1.4. Equipo de impulsión.....	17
2.2 DATOS DEL FLUIDO Y DE LA TUBERÍA.....	22
2.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	22
CAPÍTULO III: CÁLCULO DEL DIÁMETRO ECONÓMICO DE LA TUBERÍA	
3.1 ESTIMADO DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS.....	28
3.1.1. Diámetro de la descarga.....	28
3.1.2. Diámetro de la succión.....	30
3.2 DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS.....	30
3.2.1. Pérdidas de carga primaria.....	30
3.2.2. Pérdidas de carga secundaria.....	33
3.2.3. Pérdidas de carga totales.....	35
3.3 POTENCIA DE LA BOMBA Y MOTOR.....	35
3.4 SELECCIÓN DE LA BOMBA Y MOTOR.....	45
3.5 DIÁMETRO ECONÓMICO.....	50
3.6 ESPECIFICACIÓN DEL NÚMERO DE REFERENCIA.....	51
3.7 VERIFICACIÓN DEL ESPESOR DE TUBERÍA.....	57
3.7.1. Cálculo de espesor de diseño de tubería.....	57

3.7.2. Cálculo de espesor mínimo requerido de tubería.....	57
--	----

CAPÍTULO IV: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	61
4.2 ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS.....	61
4.3 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE IMPULSIÓN.....	65

CAPÍTULO V: COSTOS DE LA INSTALACIÓN

5.1 COSTO TOTAL.....	71
5.2. DETALLE DE LOS COSTOS.....	72
5.2.1. Costo de equipos y materiales.....	72
5.2.2. Costo de mano de obra.....	73
5.2.3 Distribución de los costos.....	74

PRÓLOGO

En el presente informe de competencia profesional se muestra una metodología para una propuesta de un sistema de bombeo de agua.

El informe de competencia profesional se ha dividido en cinco capítulos:

En el **Capítulo I**, se describe los antecedentes, la justificación, el objetivo, alcances y limitaciones del informe de competencia profesional.

En el **Capítulo II**, Se describe el sistema de bombeo, las condiciones ambientales, tipo de tubería, tipo de válvulas, accesorios, medidor de flujo, la bomba de agua y el motor eléctrico, datos del fluido y alternativas de solución para la impulsión de agua en un sistema de bombeo.

En el **Capítulo III**, Se establece el diámetro de descarga y el diámetro de succión, el rango de valores del diámetro económico de descarga, para luego determinar las pérdidas primarias, pérdidas secundarias, las pérdidas de carga total, potencia de la bomba de agua y el motor eléctrico en cada uno de las alternativas de solución planteadas en el capítulo anterior, con estos valores seleccionamos la mejor alternativa, confirmando de esta manera las condiciones de operación proporcionados por el cliente, con la cual seleccionamos la bomba de agua y el motor eléctrico. Igualmente seleccionamos el diámetro económico, la especificación del número de referencia y verificamos el espesor de tubería.

En el **Capítulo IV**, Se describe las especificaciones técnicas de las válvulas, de la tubería y accesorios, de la bomba de agua y motor eléctrico para el sistema de bombeo seleccionado.

En el **Capítulo V**, Se determina el costo total del sistema de bombeo seleccionado con la tubería del diámetro económico, el detalle de los del equipo de bombeo, materiales, mano de obra y distribución de costos.

Igualmente se determinó el costo total del sistema de bombeo con tuberías de diámetros de 6 pulg., 8 pulg., 10 pulg., y 12 pulg. Conforme se muestran en la Tabla N° 5.1

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La Planta Concentradora de mineral de la Mina Cerro Lindo perteneciente a la empresa Compañía Minera Milpo se encuentra ubicada en el distrito de Chavín, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, a una distancia de 46 km aproximadamente de la Playa Jahuay. La Planta Concentradora de mineral requiere para su funcionamiento de 24 h/d de por lo menos 144 m³/h de agua y ésta debe suministrarse de la Playa Jahuay a 85 m.s.n.m. hasta un nivel de 2 241 m.s.n.m. que está ubicada la mina. Dicha tarea requiere de estaciones de bombeo intermedias localizadas a 803 m.s.n.m. y 1522 m.s.n.m. En la mina el agua se almacena en dos tanques reservorios de 3 800 m³ cada uno, de donde por gravedad se alimenta a la mina.

Las condiciones ambientales varían desde temperaturas de 10 °C a 30 °C y la presión desde 100,282 kPa hasta 77,381 kPa según Apéndice A. El tendido de la tubería es a través de terrenos muy variados, tales como: terreno arenoso, terreno rocoso, quebradas, etc. Esto, aunado a las necesidades de mantenimiento ha llevado a establecer el tendido de la tubería por el borde de la carretera existente, hasta donde sea posible.

La determinación del diámetro de la tubería de acero se ha realizado mediante la hoja de cálculo preparada para este propósito. La tubería y el equipo de impulsión han sido traídas del exterior, gestionadas por el cliente.

1.1. ANTECEDENTES

La única fuente de alimentación de agua hacia la mina es la línea que proviene de la playa Jahuay, motivo del presente trabajo de ingeniería.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La empresa Milpo envía documento de invitación a presentar la propuesta técnica económica para seleccionar y suministrar los equipos de bombeo para impulsar $144 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua desde la playa Jahuay (85 m.s.n.m.) hasta la mina a 2 241 m.s.n.m. La empresa Bombas Industriales, me designa para presentar la propuesta técnico económica, lo que me lleva a preparar el expediente técnico de los equipos, manuales y planos.

1.3. OBJETIVO

Dimensionar la tubería de acero y selección del equipo de impulsión para el suministro de $3\,450 \text{ m}^3/\text{d}$ de agua desalinizada de la playa a la mina ubicada a 2 241 m.s.n.m.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente informe de competencia profesional abarca el dimensionamiento de la línea de abastecimiento de agua y el equipo de bombeo de agua. No contempla los requerimientos de infraestructura eléctrica, infraestructura civil, instrumentación ni de control.

Los tanques reservorios, ubicados en la Playa Jahuay y en la mina ya están instalados, así mismo de requerir los tanques intermedios de almacenamiento de agua, se entregaran las dimensiones generales y la empresa Milpo se encargará de su construcción.

CAPÍTULO II SISTEMA DE BOMBEO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

El Sistema de bombeo comprende la impulsión de agua desalinizada desde el tanque sumidero contigua a la planta desalinizadora ubicada en la playa Jahuay en un nivel 85 m.s.n.m. hasta llegar a dos tanques reservorios ubicados en la planta concentradora de la mina de la Cía. Minera Milpo, en un nivel 2 241 m.s.n.m., haciendo un recorrido de 45 750 m.

En cada una de las tres estaciones de bombeo se instalan dos bombas, una en operación y otra en stand by. Las bombas son operadas alternadamente, a fin de garantizar su operatividad. En las descargas de las bombas se instalan válvulas de apertura-cierre, check y válvula de alivio.

El tendido de tubería se ha considerado paralelo a la carretera con el propósito de minimizar costos de transporte, tener un acceso rápido a la tubería ante cualquier imprevisto. La mayor longitud de tubería, va puesta sobre la superficie y en longitudes menores la tubería va enterrada a 1,10 m. bajo superficie, con el propósito de seguridad contra hurtos.

2.1.1. Condiciones ambientales

El requerimiento de la empresa Compañía Minera Milpo, es de suministrarle 144 m³/h de agua, a los tanques reservorios de la planta

concentradora de mineral de la mina Cerro Lindo de la Compañía Minera Milpo ubicados en el nivel 2 241 m.s.n.m., cuyas condiciones ambientales según el Apéndice A son las siguientes:

Presión : 77 381 Pa

Temperatura : 10°C-30°C

Para abastecer este suministro de agua se cuenta con una planta de desalinizadora de agua de mar, ubicada a 85 m.s.n.m., en la Playa Jahuay, siendo las condiciones ambientales, según el Apéndice A las siguientes:

Presión : 100 282 Pa

Temperatura : 10°C-30°C

Las propiedades del agua desalinizada proveniente de la planta desalinizadora según el Apéndice B son las siguientes:

Temperatura : 20°C

Densidad : 1 000 Kg/m³

Viscosidad : 1 005 x 10⁻³ Pa.s.

2.1.2. Tipo de tubería para transporte de agua

En el mercado existe tubería de:

Tubería de Acero, tubos de Acero, tubos de hierro dúctil, tubos de cobre, tuberías y tubos de plástico. De todos estos materiales existentes, el cliente pidió que se utilice la tubería de acero, la tabla siguiente indica las características de la tubería que se ha utilizado.

Cuadro N°2.1 Características de la Tubería de Acero.

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL DN	DIÁMETRO EXTERIOR D		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	ESPELOR DE PARED	PESO NOMINAL
pulg	pulg	mm	NR	m	mm	kg/m
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77
			80	0.12225	9.53	30.94
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26
			80	0.146329	10.97	42.56
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55
			80	0.193675	12.7	64.64
10	10.75	273.1	40	0.254508	9.27	60.29
			80	0.242874	15.09	95.97
12	12.75	323.9	40	0.303225	10.31	79.7
			80	0.288899	17.48	132.04

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TECNICA	F kg/mm 2	R kg/mm 2	A %
ASTM A-53 GR -B	25	42	18
ASTM A-106 GR -B	25	42	18

Fuente: FIERRO TRADI S.A. Distribuidor de tuberías de Acero.

Del cuadro anterior la tubería a utilizar es de:

DN= 8 pulg.(203.20 mm), NR= 80 y D = 193.675 mm.

2.1.3. Accesorios, válvulas y medidor de flujo

El Equipo de impulsión requiere el uso de:

Válvula de compuerta, válvula check o retención, válvula de alivio, válvula de venteo y válvula de bola. A continuación una breve descripción.

VÁLVULA DE COMPUERTA

Con estas válvulas se detiene el flujo por medio de un diseño móvil que se desplaza en forma paralela a un asiento. Estas válvulas están completamente cerradas o completamente abiertas, en la posición para estrangulación producirán rápidamente desgastes. Estas válvulas en la succión y en descarga trabajan completamente abiertas durante el servicio para asegurar el buen funcionamiento del equipo de impulsión y trabajaran completamente cerradas para el respectivo mantenimiento de las partes del equipo de impulsión. La válvula instalada a la salida de la bomba regula el caudal al valor deseado y evita, en un caso dado de sobrecarga del motor.

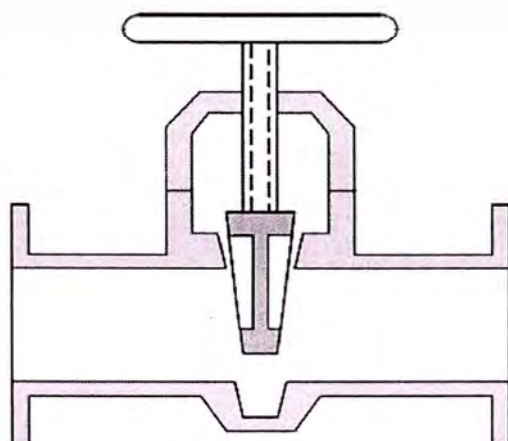
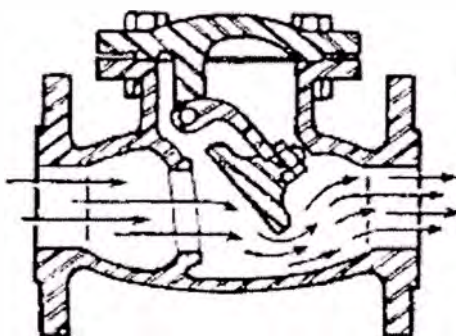


Fig 2.1 Válvula compuerta
Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.

VÁLVULA CHECK O DE RETENCIÓN

La única función de este tipo de válvulas es evitar que se invierta el sentido de flujo en un sistema de transportación por tubería. Está instalada en la tubería de impulsión para que, ante una repentina parada de la bomba por corte de corriente u otra causa, la columna de agua de toda la tubería de impulsión se contenga y no produzca el golpe de ariete que pueda estropear la bomba.

Tipo bisagra



Tipo elevación

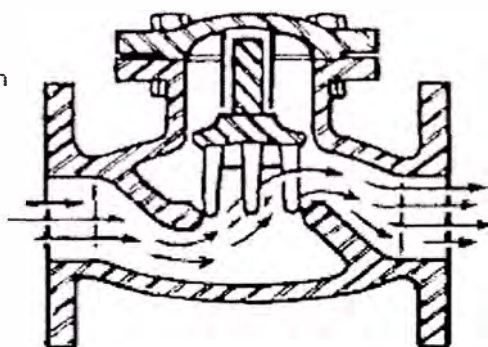


Fig. 2.2 Válvula check o de retención
Fuente: Crane Valves, Signall Hill, CA

VÁLVULA DE BOLA

Su diseño más habitual es una esfera que gira respecto a un eje perpendicular a la tubería. Un taladro cilíndrico, de la misma sección que la tubería permite un paso total cuando está orientado en la dirección axial. El

cierre se efectúa con un cuarto de vuelta para cerrar la válvula. Estas válvulas están instaladas para servicios auxiliares, como es el caso de su instalación en las válvulas de alivio para cuando se requiera realizar el respectivo mantenimiento.

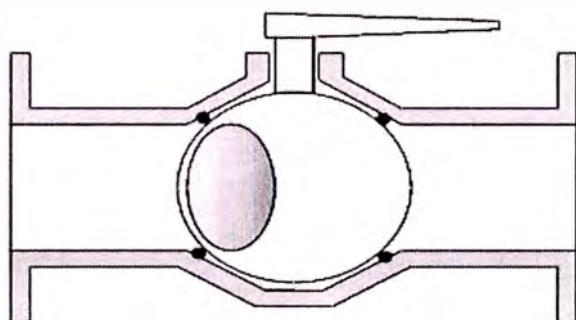


Fig. 2.3 Válvula de bola
Fuente: Karassik, Manual de bombas

VÁLVULA DE ALIVIO O DESFOGUE

Estas válvulas evitan que se acumule una presión excesiva que rebase los límites preestablecidos en los sistemas de bombeo, estas válvulas reducen la presión en sistemas donde ocurran sobrepresiones o simplemente donde las válvulas de descarga que permanece cerrado debiendo estar abiertas se producen sobrepresiones.

En estos tipos de válvula siempre hay un resorte que mantiene a un disco de cierre presionado contra su asiento y resistiendo una presión diferencial del sistema hasta cierto valor de calibración; una vez que se alcanza este el disco se abre y se reduce la presión.

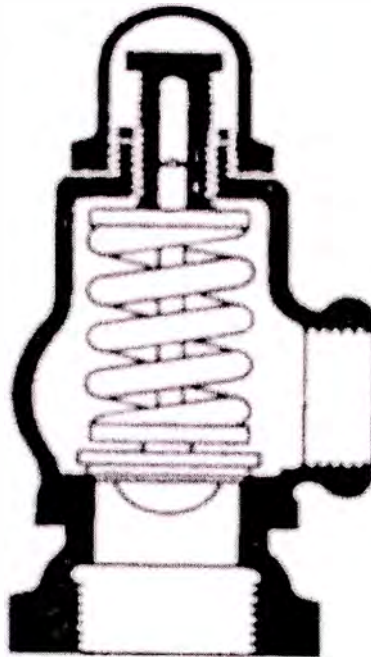


Fig. 2.4 Válvula de alivio o desfogue
Fuente: Crane Valves, Signall Hill, CA

VÁLVULA DE VENDEO

Es un dispositivo para eliminar gases en líquidos, diseñada para el sistema de bombeo para que trabaje a la máxima capacidad de flujo calculado. Un orificio de venteo automáticamente purga el aire acumulado en los puntos altos cuando el sistema está en operación y bajo presión.

El aire contenido en una línea de líquidos actúa como una válvula de seccionamiento parcialmente cerrada, lo que provoca problemas tales como mayor consumo de energía, en ocasiones la obstrucción del sistema y el golpe del ariete. Todo se evita colocando la válvula de venteo.



Fig. 2.5 Válvula eliminadoras de aire
Fuente: HR SIVA S.A.A Sistemas de vapor

MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO

Mide el flujo de agua desalinizada en la tubería de descarga, y está instalada en cada estación de bombeo, de tal manera que mida el caudal que impulsa la bomba y lo que está ingresando al tanque sumidero de cada estación de bombeo.

El fundamento es la ley de la inducción electromagnética de Faraday. El voltaje inducido entre dos puntos de un conductor que se mueve cortando en ángulo recto las líneas de flujo de un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor. En nuestro caso el conductor es el mismo fluido, cuyo caudal se quiere medir. La tubería del caudalímetro, que se embrida con la tubería principal, se introduce en el campo magnético creado por el arrollamiento de campo. Los electrodos montados en ángulo recto a las líneas de fuerza del campo magnético están en contacto con el líquido y se

comportan como las escobillas de un generador. Por ellos sale la corriente inducida, cuya medida nos da una medida del caudal.

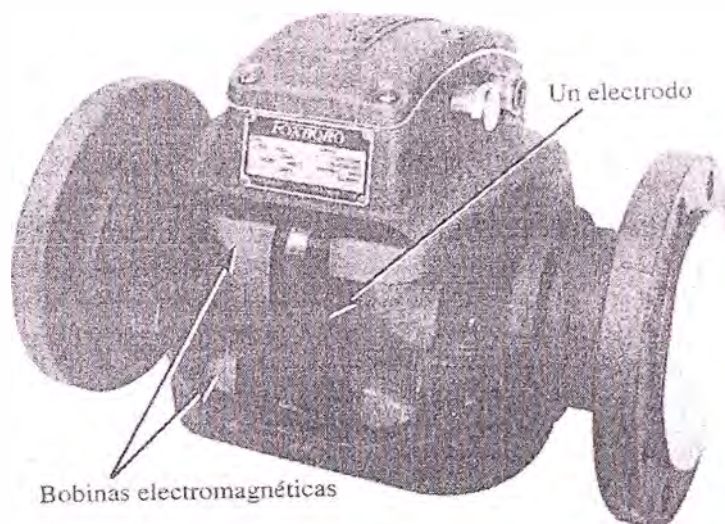


Fig. 2.6 Medidor de flujo magnético

Fuente: Invensys Foxboro. Invensys Process Systems, Foxboro, MA

2.1.4. Equipo de impulsión

Se utiliza dos bombas centrífugas en cada estación. Una en operación y otra en stand by.

Por razones de mantenimiento y operación del sistema de bombeo se tomó la decisión de instalar el mismo tipo de bomba en las tres estaciones de bombeo.

Se solicitó a la firma Ruhrpumpen proveer las bombas y los motores, para lo cual se envió el esquema del sistema de bombeo, la ubicación de las tres estaciones de bombeo, las especificaciones de la tubería a utilizar. El

proveedor respondió con cálculos realizados por ellos así como las especificaciones de las bombas que ellos recomiendan utilizar.

Las bombas utilizadas son bombas centrifugas horizontal, marca Ruhrpumpen, modelo 4JTN x 10 etapas, diseño API 610, succión bridada de 6 pulg en posición horizontal, descarga bridada de 4 pulg en posición horizontal, carcasa partida axialmente, montaje de los impulsores entre rodamientos, impulsores del tipo cerrado, rodamientos lubricación por aceite. Mayor información en el Apéndice I.

Accionada por motor eléctrico horizontal, marca US. MOTORS, de 800 HP, 2 polos, medio Voltaje, WP II, 3 fases, 60 HZ, 4160V, FS 1.0, Aislamiento clase F, para uso con variador de frecuencia y puede trabajar hasta 2 200 m.s.n.m. Mayor información en el Apéndice I.

NPSH Y CAVITACIÓN

Debemos diferenciar los dos valores de NPSH que se consideran en el campo de las Bombas centrifugas:

NPSH requerido($NPSH_r$) y NPSH disponible($NPSH_d$).

NPSH requerido ($NPSH_r$) depende exclusivamente del diseño de la Bomba y de las condiciones de operación, siendo su valor proporcionado por el fabricante.

Para que no Cavite una Bomba centrifuga el NPSH disponible debe superar al NPSH requerido, es decir debe cumplirse la siguiente relación:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

La Cavitación es un fenómeno que se produce cuando en algún punto la presión del fluido desciende por debajo de la presión de vapor, formándose entonces burbujas de vapor por ebullición, Las bajas presiones en el centro de los vórtices, pueden causar la aparición de burbujas de vapor. Cuando estas burbujas se ven afectadas por una presión superior, se vuelven inestables y colapsan violentamente. Esto provoca ruido, vibraciones y erosión. Estas burbujas colapsan antes de salir del impulsor originando erosión del material con el que está en contacto. Los elementos de la Bomba en contacto con la cavitación presentan una fuerte erosión.

NPSH disponible ($NPSH_d$) depende de las características del sistema en el cual opera la Bomba, del caudal y de las condiciones del líquido que se bombea y se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$NPSH_d = \frac{(P_s - P_v)}{9850 * GE} + H_s - H_{ps}$$

$NPSH_d$: NPSH disponible en metros (m).

P_s : Presión en el reservorio de succión en pascal (Pa).

P_v : Presión de vapor en pascal (Pa) a la temperatura del líquido.

GE : Gravedad específica del líquido a la temperatura de bombeo.

+ H_s : Altura de succión por encima del eje de la Bomba en metros (m).

- H_s : Altura de succión por debajo del eje de la Bomba en metros (m).

H_{ps} : Pérdidas totales de carga en la línea de succión en metros (m).

En el sistema de bombeo de tres estaciones de bombeo, la 1era. Estación de bombeo está ubicada en la playa Jahuay en el nivel 85 m.s.n.m. y su respectiva Presión atmosférica (P_s) se determinó del cuadro siguiente:

Cuadro N° 2.2 Presión atmosférica a varias altitudes.

metros sobre nivel del mar Z (msnm)	Patm(m) 15,6°C
0	10.33
400	9.83
800	9.33
1000	9.13
1200	8.93
1400	8.73
1800	8.33
2000	8.13
2400	7.73

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Del Cuadro anterior:

$P_s = 100\,282.81 \text{ Pa}$.

La Presión de vapor (P_v) y la Gravedad específica (GE) del líquido a la temperatura de 20°C, se determinó del cuadro siguiente:

Cuadro N° 2.3 Propiedades del agua a varias temperaturas.

Temperatura °C	Gravedad específica GE Ref. 15,6°C	Presión vapor P_v PSI
0	1.002	0.0885
4.4	1.001	0.1217
7.2	1.001	0.1475
10	1.001	0.1781
12.8	1	0.2141
15.6	1	0.2563
18.3	0.999	0.3056
21.1	0.999	0.3631
23.9	0.998	0.4298

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Del cuadro anterior:

$P_v = 2\,447 \text{ Pa}$.

GE= 0.999.

Pérdidas de cargas totales en la succión (H_{ps})

Resumiendo, podemos calcular las pérdidas de cargas totales (primaria más secundarias), mediante la siguiente ecuación:

$$H_{ps} = \frac{f * (Ls) * V^2}{D * 2 * g} + \frac{f * (\Sigma Le) * V^2}{D * 2 * g}$$

H _{ps}	:	Perdidas de cargas totales en la línea de succión en m.
f	:	Factor de fricción, de la superficie tubería y accesorios.
Ls	:	Longitud de tubería en la succión en m.
V	:	Velocidad del fluido, en m/s.
ΣLe	:	Suma de longitudes equivalentes de accesorios en m.
D	:	Diámetro interior, en m.
g	:	Aceleración de la gravedad (9,81 m/s ²)

El factor de fricción (f) se determina en función al Número de Reynolds (Re), la rugosidad relativa (ε) y la ecuación de Colebrook:

$$f = (-2 * \text{Log}((2,51/(Re * \sqrt{f})) + (\epsilon/3,7)))^2$$

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} \quad \text{y} \quad \epsilon = \frac{e}{D}$$

Donde:

Re	:	Número de Reynolds.
ρ	:	Densidad del agua en Kg/m ³
μ	:	Viscosidad dinámica del fluido en Pa-s.
e	:	Rugosidad absoluta de la tubería en m.
ε	:	Rugosidad relativa de la tubería.

En la 1era. Estación de bombeo, para la succión la tubería es DN = 8 pulgadas de diámetro nominal, longitud $L_s = 10$ m, SCH= 80 y diámetro interior $D = 7.625$ pulg.

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Reemplazando valores:

$$V = 1,3578 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 1,005 \times 10^{-3} \text{ Pa-s}$ a 20°C se han tomado del Apéndice B.

Reemplazando valores:

$$\text{Re} = 261\,184.890.$$

Reemplazando valores en la ecuación de Colebrook, coeficiente de fricción:

$$f = 0,016778.$$

A continuación resumen de los parámetros obtenidos, en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 2.4: Parámetros en los puntos 1 y 2 del fluido en 1era. Estación bombeo.

	1 (PLAYA Jahuay)			2 (MINA)		
T (°C)	P_1 (Pa)	Z_1 (m)	V_1 (m/s)	P_2 (Pa)	Z_2 (m)	V_2 (m/s)
20	100 282.811	85,00	0.000005	91480.386	803,65	1.3578

Fuente: Elaboración propia

Las longitudes equivalente (L_e) de los accesorios diversos utilizados en la succión para la tubería de 8 pulgadas, en el cuadro N° 2.5.

CUADRO N° 2.5 Longitudes equivalente de Válvulas y Accesorios

Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total
5	Válv. venteo y Valv. alivio	3.5	17.5
4	Válvula de compuerta	1.4	5.6
24	Bridas	4.3	103.2
1	Válvula de retención	25	25
2	Y 45°	13	26
6	Codos 45°	3	18
2	Codos 90°	6.4	12.8
1	uniones soldadas	4.3	4.30
2	Reducción	6.4	12.8
		$\Sigma Le =$	225.20

Fuente: Bominox S.A. Fabricantes de bombas de agua.

Reemplazando valores en la ecuación de Pérdidas de cargas totales (H_{ps}) en la línea de succión, se determinó:

$$H_{ps} = 7.8063 \text{ m.}$$

Según la instalación de las bombas en las tres estaciones de bombeo la Altura de succión es por encima del eje de la bomba.

$$H_s = +6.5 \text{ m.}$$

Reemplazando valores en la ecuación del NPSH disponible se determinó:

$$NPSH_d = 8.6 \text{ m.}$$

El $NPSH_{requerido} = 13.26 \text{ pie (4.04 m)}$. Es proporcionado por el fabricante.

De esta manera confirmamos que la bomba en la 1era. Estación de bombeo NO CAVITA, porque se cumple la siguiente relación:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

A continuación los valores calculados del coeficiente de fricción (f) en la siguiente hoja de cálculo la tabla N° 2.1 para la obtención del NPSH disponible:

TABLA 2.1 FACTOR DE FRICCIÓN PARA EL NPSH disponible PARA EL CASO DE (03) ESTACIONES DE BOMBEO

3 ESTACIONES DE BOMBEO
 Nivel de referencia : Z1 = 85 msnm Z2 = 803.65 msnm Z3 = 1522.3 msnm Zf = 2241 msnm
 Longitud total tubería = Lt = 45750 m
 Longitud tubería en cada estación (L) = 15250 m

Fluido: Agua desalinizada				Contorno de la conducción						Tubería de Acero sin costura Sch 80							
Temperatura	Densidad	Viscosidad	Caudal	Inicial			Final			Diámetro	Diámetro interior	Rugosidad	L. succion	Rugosidad relativa	V. succion	Reynolds	Coeficiente
T	ρ	μ	Q	p1	z1	V1	p2	z2	V2	DN	D	e	Ls	ϵ	Vs	Re	f
°C	kg / m ³	Pa-s	m ³ / s	Pa	m	m / s	Pa	m	m / s	pulg	m	m	m	(ϵ /D)	m / s		
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	2.3785	6	0.146329	0.00004572	10	0.000312447	2.3785	345693.496	0.016843
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	1.3578	8	0.193675	0.00004572	10	0.000236066	1.3578	261184.890	0.016778
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	0.8634	10	0.242874	0.00004572	10	0.000188246	0.8634	208276.652	0.016927
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	0.6102	12	0.288899	0.00004572	10	0.000158256	0.6102	175095.738	0.017154

Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z1 = 85 msnm Obtenemos : p1 = 100282.811 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z2 = 803.65 msnm Obtenemos : p2 = 91480.386 Pa
Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z3 = 1522.3 msnm Obtenemos : p3 = 84431.285 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Zf = 2241 msnm Obtenemos : pf = 77381.694 Pa

Cuadro N° 2.2. Presión atmosférica a varias altitudes.

Presión atmosférica vs Nivel del mar	
m sobre nivel del mar	Patm(m)
Z (msnm)	15,6°C
0	10.33
400	9.83
800	9.33
1000	9.13
1200	8.93
1400	8.73
1800	8.33
2000	8.13
2400	7.73
2600	7.53

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Colebrook : Reemplazar valores de Re y ϵ , para obtener f

D(Pulg)	f _{asum}	f _{calc}	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843
6	0.001000	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843	0.016843
8	0.001000	0.021194	0.016549	0.016792	0.016777	0.016778	0.016778	0.016778
10	0.001000	0.022084	0.016611	0.016950	0.016925	0.016927	0.016927	0.016927
12	0.001000	0.022895	0.016765	0.017187	0.017152	0.017155	0.017155	0.017154

**TABLA 2.2 NPSH disponible PARA EL CASO DE (03) ESTACIONES DE BOMBEO
(03) ESTACIÓN DE BOMBEO**

TRES ESTACIONES DE BOMBEO	Pérdida de carga en la succión				Altura succión estática	Presión succión en recipiente abierto	Presión de vapor del líquido	Gravedad específica del líquido	NPSH disponible
	Coeficiente	Primaria	Secundaria	Totales	Tanque de succión por encima de la bomba	Presión en el lugar de la instalación	A la temperatura de 20°C	A la temperatura de 20°C	Según instalación
		f	Δ hf	hs	Hps	Hs	Ps	Pv	GE	NPSH d
		m	m	m	m	Pa	Pa		m
1ERA. ESTACION	0.016778	0.332	7.47	7.8063	6.5	100282.8110	2447	0.9991	8.6
2DA. ESTACION	0.016778	0.081	1.83	1.91	6.5	91480.3858	2447	0.9991	13.6
3ERA. ESTACION	0.016778	0.026	0.60	0.62	6.5	84431.2852	2447	0.9991	14.2

Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total
5	Válv. venteo y Valv. alivio	3.5	17.5
4	Válvula de compuerta	1.4	5.6
24	Bridas	4.3	103.2
1	Válvula de retención	25	25
2	Y 45°	13	26
6	Codos 45°	3	18
2	Codos 90°	6.4	12.8
1	uniones soldadas	4.3	4.30
2	Reduccion	6.4	12.8
		Σ Le =	226.20

PROPIEDADES DEL AGUA A VARIAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °F	DENSIDAD Kg/m³	GRAVEDAD ESPECIFICA GE	PRESION DE VAPOR Pa
0	32	999.8	1.0007	611
5	41	1000.0	1.0009	872
7	45	999.9	1.0008	1001
10	50	999.7	1.0006	1227
13	55	999.4	1.0003	1401
15.6	60	999.1	1.0000	1761
18	64	998.7	0.9995	2062
20	68	998.2	0.9991	2447
21	70	998.1	0.9989	2485
24	75	997.4	0.9982	2982
27	81	996.6	0.9975	3564
30	86	995.7	0.9966	4241
32	90	995.1	0.9960	4753
35	95	994.0	0.9949	5622
37	99	993.3	0.9942	6274
43	109	991.1	0.9920	8639

El procedimiento descrito anteriormente para calcular el NPSH disponible en el 1er. Estación de bombeo, también se empleó para realizar los cálculos del NPSH disponible ($NPSH_d$) para la 2da. Estación de bombeo y el NPSH disponible ($NPSH_d$) para la 3era. Estación de bombeo, los resultados obtenidos del NPSH disponible ($NPSH_d$) de estas tres Estaciones de bombeo se observan en la Tabla N° 2.2 para la Alternativa N° 3 (Utilizando tres estaciones de bombeo).

2.2. DATOS DEL FLUIDO Y DE LA TUBERÍA

De acuerdo al documento de requerimiento de la Compañía Minera Milpo S.A., mostrado en el Apéndice F, los datos del agua proveniente de la planta de desalinización de agua de mar, según el Apéndice G es como sigue:

Fluido	: agua desalinizada
Temperatura	: 20°C
Densidad	: 1 000 Kg/m ³
Caudal	: 0,04 m ³ /s
Sólidos en suspensión	: 140 mg/l
PH	: 6

La propiedad física, viscosidad del agua, se ha tomado del Apéndice B.

Viscosidad absoluta	: 1 005 x 10 ⁻³ Pa-s
---------------------	---------------------------------

2.3. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Como resultado del análisis del problema, se plantean tres (03) alternativas de solución:

Alternativa N° 1 (Utilizando una estación de bombeo):

La bomba de la estación de bombeo, se alimentará desde el tanque de 78 m³ de la planta desalinizadora ubicada en zona contigua a dicha estación de

bombeo, para impulsar el agua hasta los tanques reservorios de 3 800m³, ubicados en zona contigua a la planta concentradora de la mina a 2 241 m.s.n.m.

La planta desalinizador y la estación de bombeo ubicadas a 85 m.s.n.m., con una longitud de tubería de descarga de 45 750 m.

Según se muestra en el esquema N°2.1

Alternativa N° 2 (Utilizando dos estaciones de bombeo):

La bomba de la primera estación de bombeo, descargará el agua en tanque sumidero, ubicado en zona contigua a la segunda estación de bombeo.

La bomba de la segunda estación impulsará el agua hasta los tanques reservorios, ubicados en zona contigua a la planta concentradora de la mina a 2 241 m.s.n.m.

La bomba de la primera estación, se alimentará desde el tanque de la planta desalinizadora, ubicada en una zona contigua a la primera estación de bombeo.

La bomba de segunda estación de bombeo se alimentará del tanque sumidero adjunto a ella.

La primera estación de bombeo ubicada a 85 m.s.n.m., con una longitud de tubería de descarga de 22 875 m. y la segunda estación ubicada a 1 163 m.s.n.m. con una longitud de tubería de descarga de 22 875 m.

Según se muestra en el esquema N° 2.2

Alternativa N° 3 (Utilizando tres estaciones de bombeo):

Las bombas de la primera y segunda estación de bombeo, descargarán el agua en tanques sumideros, ubicados en zonas contiguas a la segunda y tercera estación de bombeo respectivamente.

La bomba de la tercera estación descargará el agua en los dos tanques reservorios, ubicados en zona contigua a la planta concentradora de la mina.

La bomba de la primera estación, se alimentará desde el tanque de la planta desalinizadora, ubicada en una zona contigua a la primera estación de bombeo.

Las bombas de la segunda y tercera estación de bombeo se alimentarán de los tanques sumideros adjuntos a ellas.

La primera estación ubicada a 85 m.s.n.m. con una longitud de tubería de descarga de 15 250 m., la segunda estación ubicada a 803 m.s.n.m. con una longitud de tubería de descarga igual a 15 250 m. y la tercera estación de bombeo ubicada a 1 522 m.s.n.m. con longitud de tubería de descarga de 15 250 m.

Según se muestra en el esquema N° 2.3

En cada una de las alternativas se determina el diámetro económico y la potencia de las bombas y motores requeridos. Luego se determina el espesor mínimo de la tubería para que soporte con seguridad la presión hidrostática de prueba, y este exista en el mercado.

Esto es considerando el espesor de las tuberías y la existencia de la bomba y motor en el mercado.

La tubería debe satisfacer los siguientes requisitos:

Transportar el caudal de $144 \text{ m}^3/\text{h}$.

Debe poseer un mínimo valor de espesor para que soporte la presión de prueba (1,5 veces la presión máxima de servicio).

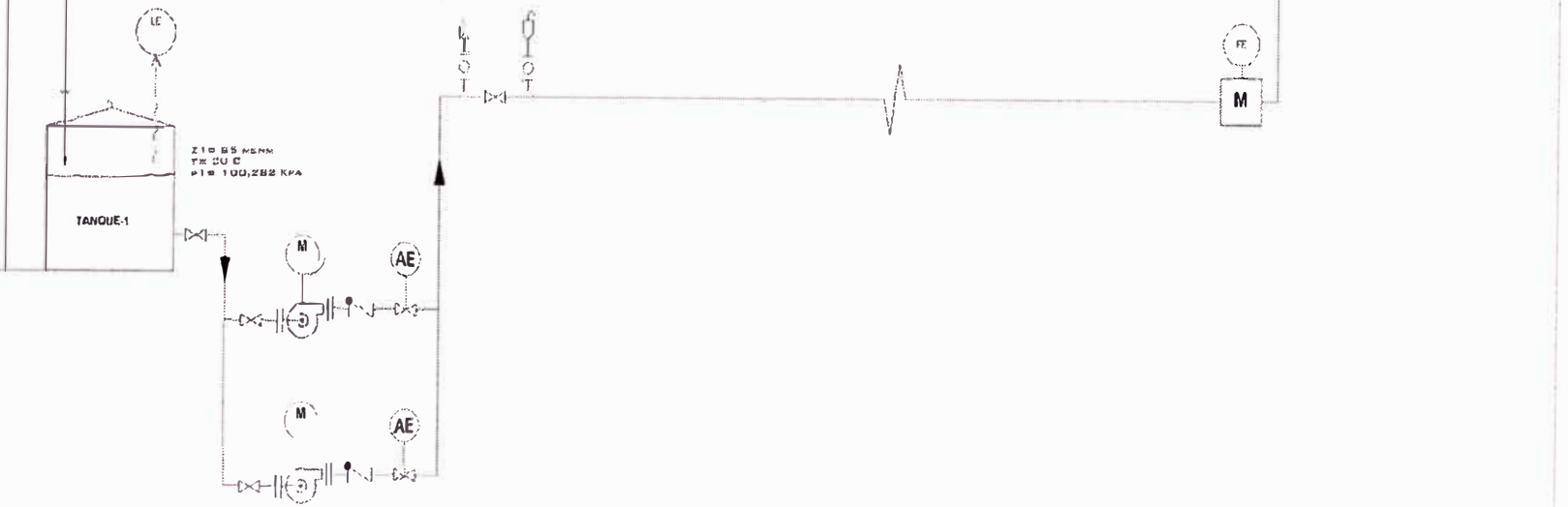
El costo de la tubería debe ser el mínimo.

LEYENDA		LEYENDA	
(M)	MEDIDOR DE FLUJO MASICO	(M)	ACTUADOR MOTORIZADO
(P)	BOMBA CENTRIFUGA	(V)	VALVULA DE SERVIDO
(C)	INSTUMENTO	(V)	VALVULA DE ALZADA
(V)	VALVULA CHECK	(V)	VALVULA DE BAJA
(V)	VALVULA CONTROLADA ELECTRICAMENTE	(P)	FLUJO PRINCIPAL
(V)	VALVULA CONTROLADA ELECTRICAMENTE	(P)	UNION BOMBERA
(C)	VALVULA DE CLAP	(M)	ANEMON ELECTRICICO
(C)	VALVULA PARA MANEJO	(C)	CONTROL DE NIVEL ULTRASONICO
(C)	VALVULA PARA MANEJO		

NOMENCLATURA

FE: FLECCIONERO LE: SERVIDOR DE NIVEL

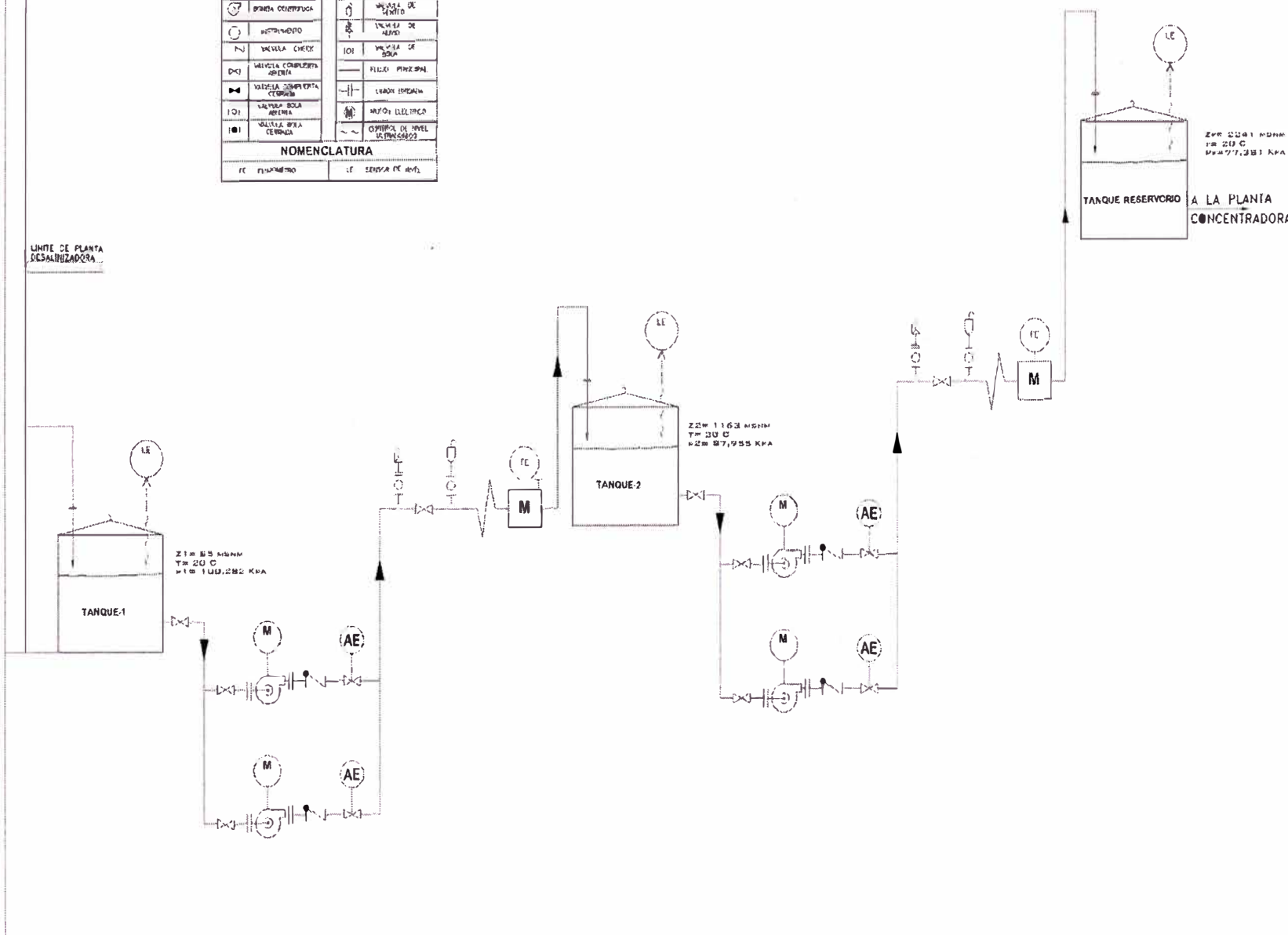
LIMITE DE PLANTA DESALINIZADORA



ESQUEMA No. 2.1 : ALTERNATIVA No. 1

LEYENDA		LEYENDA	
	INDICIO DE FLUJO MARCHA		MOTOR MOTORIZADO
	BOMBA CENTRIFUGA		VALVULA DE NIVEL
	INSTRUMENTO		VALVULA DE ABERTO
	VALVULA CHECK		VALVULA DE BOLA
	VALVULA COMPLETA ABERTA		VALVULA DE BOLA
	VALVULA COMPLETA CERRADA		VALVULA DE BOLA
	VALVULA BOLA ABERTA		VALVULA DE BOLA
	VALVULA BOLA CERRADA		VALVULA DE BOLA
	VALVULA BOLA CERRADA		VALVULA DE BOLA
NOMENCLATURA			
FE	FILMETERO	LE	SENSOR DE NIVEL

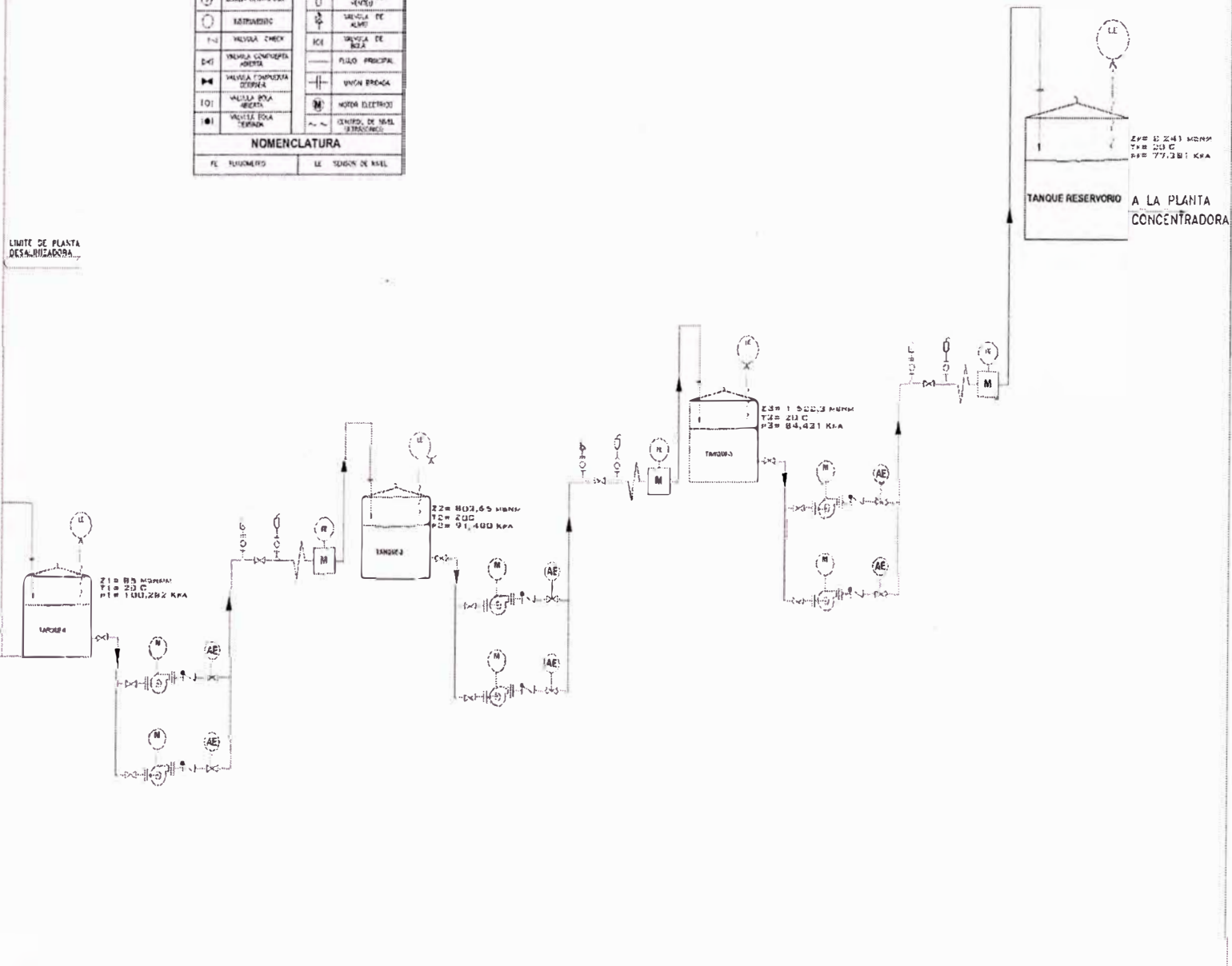
LIMITE DE PLANTA DESAMINIZADORA



ESQUEMA No. 2.2 : ALTERNATIVA No. 2

LEYENDA		LEYENDA	
	MEJOR DE FLUJO INDICADOR		ACTUADOR ROTACIONAL
	BOMBA CENTRIFUGA		VALVULA DE CHECK
	ISOLACION		VALVULA DE ALMO
	VALVULA CHECK		VALVULA DE BOIA
	VALVULA CONTROLADA ABIERTA		FIJALO PRINCIPAL
	VALVULA CONTROLADA CERRADA		UNION BRANCA
	VALVULA BOIA ABERTA		MOTOR ELECTRICO
	VALVULA BOIA CERRADA		SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO
NOMENCLATURA			
FE: FLUJOMETRO		LE: SENSON DE NIVEL	

LIMITE DE PLASTA
DESALINIZADORA



ESQUEMA No. 2.3 : ALTERNATIVA No. 3

CAPÍTULO III

CÁLCULO DEL DIÁMETRO ECONÓMICO DE LA TUBERÍA

3.1 ESTIMADO DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS

3.1.1 Diámetro de la descarga

La adopción del diámetro para la tubería en el tramo de impulsión admite en principios tantas soluciones como se quieran, siempre y cuando se disponga de la potencia necesaria y de bombas adecuadas, ya que cualquiera diámetro puede ser factible de conducir el caudal que se desee; sin embargo, esta indeterminación desaparece si se pretende encontrar la solución más económica.

A medida que se adopte un menor diámetro la pérdida de carga será mayor y se precisará mayor potencia de motor; e inversamente, a mayor diámetro corresponderá menor potencia pero mayor costo de materiales. Por consiguiente el problema está en determinar un diámetro intermedio, que hará que la instalación sea más económica.

Considerando el transporte de agua en tuberías largas, del Apéndice H de velocidades recomendables en la tubería se tiene la siguiente velocidad:

V=0,5 m/s a 1,0 m/s

De la siguiente formula:

$$Q = \frac{V \cdot \pi \cdot D^2}{4} \dots\dots\dots (1)$$

Despejando el Diámetro (D) de la ecuación N° 1:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}} \dots \dots \dots (2)$$

Reemplazando en la ecuación N° 2 el caudal a transportar de 0,04 m³/s y las velocidades recomendables máxima y mínima respectivamente, se obtienen los siguientes diámetros:

$$D=0,22567 \text{ m}[8,88 \text{ pulg}]$$

Y

$$D=0,31915 \text{ m}[12,56 \text{ pulg}]$$

El diámetro económico se encuentra entre 8 pulgadas y 12 pulgadas. Para los cálculos se ha considerado los diámetros de descarga de 6 pulgadas, 8 pulgadas, 10 pulgadas y 12 pulgadas.

Considerando una tubería de Diámetro nominal de 6 pulgadas, número de referencia 80, del apéndice C se obtiene el siguiente cuadro N° 3.1

Cuadro N° 3.1: Dimensiones de tubería de acero sin costura.

Diámetro Nominal (D _N)	Cedula N° Referencia (N _R)	Diámetro Exterior (D _e)	Espesor De pared (t)	Diámetro Interior (D)	Rugosidad Relativa (ε)
(pulg)		(pulg)	(pulg)	(pulg)	
6	80	6,625	0,432	5,761	0,000312

Fuente: Elaboración propia

$$D_N = 6 \text{ pulg.}$$

$$N_R = 80$$

$$D_e = 6,625 \text{ pulg.}$$

$$D = 5,761 \text{ pulg } [0,14633 \text{ m}]$$

$$\varepsilon = 0,000312$$

$$t = 0,432 \text{ pulg} [0,010972 \text{ m}]$$

Para los cálculos hidráulicos y los de resistencia mecánica de la tubería.

1.1.2. Diámetro de la succión

El diámetro de la tubería de succión debe ser idéntico o superior a la brida de succión de la bomba, de tal manera que nos produzca la menor cantidad de pérdidas de carga con la finalidad de aprovechar al máximo el límite teórico de aspiración total de una bomba, que es de 10,33 m., de columna de agua a nivel del mar. Como la longitud de succión es pequeña con respecto a la longitud de la descarga en este cálculo preliminar se consideró el diámetro de la tubería de succión igual al diámetro de la tubería de descarga. Cuando se determine el diámetro económico del sistema de bombeo de agua desalinizada se considerará el diámetro de succión mayor que el diámetro de descarga y con dicho valor se calculará el costo del sistema de bombeo.

3.2 DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS

3.2.1 Pérdidas de carga primaria (Δh_f)

Pérdidas por fricción en las paredes de las tuberías. Para determinar las pérdidas de energía por fricción se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$\Delta h_f = \frac{f * L * V^2}{D * 2 * g} \dots (3)$$

Dónde:

- Δhf : Pérdida de carga primaria, pérdida de presión en m de fluido.
 f : Factor de fricción, relacionado con el número de Reynolds.
 L : Longitud de tubería en m.
 V : Velocidad del fluido, en m/s.
 D : Diámetro interior, en m.
 g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

El factor de fricción (f) se determina en función al Número de Reynolds (Re), la rugosidad relativa (ε) y la ecuación de Colebrook:

$$f = (-2 * \text{Log}((2,51/(R_e * \sqrt{f})) + (\varepsilon/3,7)))^2 \dots \dots \dots (4)$$

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} \dots \dots \dots (5)$$

$$\varepsilon = \frac{e}{D} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds.
 V : Velocidad en m/s.
 ρ : Densidad del agua en Kg/m³
 D : Diámetro interior de la tubería en m.
 μ : Viscosidad dinámica del fluido en Pa-s.
 e : Rugosidad absoluta de la tubería en m.
 ε : Rugosidad relativa de la tubería.
 f : Factor de fricción.

Considerando la longitud de tubería $L=45\ 750$ m, $D_N=6$ pulg, $D=0,14633$ m, un caudal de $0,04$ m³/s, y la tubería de succión igual a la tubería de descarga se tiene la velocidad del llenado:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \dots \dots \dots (7)$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 7:

$$V = \frac{4 * 0,04}{\pi * 0,14633^2}$$

$$V = 2,3785 \text{ m/s}$$

En el punto N° 1 (Playa Jahuay) altitud $Z_1=85$ m.s.n.m., del Cuadro N° 2.2, se tiene:

$$P_1=100\ 282.811 \text{ Pa}$$

En el punto N° 2 (Mina) altitud $Z_2=2\ 241$ m.s.n.m., del Cuadro N° 2.2, se tiene:

$$P_2=77\ 381.694 \text{ Pa}$$

A continuación resumen de la obtención de los parámetros requeridos en el punto N° 1 (Playa Jahuay) y el punto N° 2 (Mina) en el cuadro N° 3.2.

Cuadro N° 3.2: Parámetros en los puntos 1 y 2 del fluido.

T (°C)	1 (PLAYA JAHUAY)			2 (MINA)		
	P_1 (Pa)	Z_1 (m)	V_1 (m/s)	P_2 (Pa)	Z_2 (m)	V_2 (m/s)
20	100 282.811	85,00	0.000005	77 381.694	2 241,00	2 3785

Fuente: Elaboración propia

Las propiedades del agua a 20°C se han tomado del Apéndice B:

$$\rho=998,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu=1,005 \times 10^{-3} \text{ Pa-s}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 5:

$$Re = \frac{998,2 \times 2,3785 \times 0,14633}{1\ 005 \times 10^{-3}}$$

$$Re=345\,693,496$$

La Rugosidad relativa de la tubería se ha tomado del Apéndice C:

$$\epsilon=0,000312$$

La ecuación de Colebrook, nos da el valor del coeficiente de fricción f:

$$f = \left[-2 * \text{Log}(2,51 / (345693,496 * \sqrt{f}) + (0,000312 / 3,7)) \right]^{-2}$$

$$f = 0,016843$$

Reemplazando valores en la ecuación N°3:

$$\Delta hf = \frac{0,016843 * 45750 * 2,3785^2}{0,14633 * 2 * 9,81}$$

$$\Delta hf = 1\,518,4 \text{ m}$$

3.2.2 Pérdidas de carga secundaria (hs)

En el método de cálculo de la pérdidas secundaria se utiliza la misma ecuación de Darcy-Weisbach para pérdidas primarias pero sustituyendo de dicha formula la longitud de la tubería (L) por la suma de las longitudes equivalentes ($\sum Le$) de los accesorios diversos.

$$h_s = \frac{f * (\sum Le) * V^2}{D * 2 * g} \dots \dots \dots (8)$$

- h_s : Pérdida de carga secundaria, pérdida de presión en m., de fluido.
- f : Factor de fricción, relacionado con el número de Reynolds.
- $\sum Le$: Suma de longitudes equivalentes de los accesorios diversos en m.

- V : Velocidad del fluido, en m/s.
- D : Diámetro interior de la tubería en m.
- g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Donde consideramos como accesorios diversos a las válvulas, los codos, las curvas, las uniones soldadas, la entrada y salida en la tubería. Las longitudes equivalente (L_e) de los accesorios diversos se encuentra mediante tablas ábaco que están en función del diámetro de la tubería, se muestra en el siguiente cuadro N° 3.3 del Apéndice J, Longitudes equivalentes de los accesorios diversos, para una tubería de 6 pulgadas se tiene lo siguiente:

CUADRO N° 3.3: Longitudes equivalente de Válvulas y Accesorios

Cantidad	DIÁMETRO 6"	L_e (m)	Total
12	Válvula de venteo	2,5	30
4	Válvula de compuerta	1,1	4,4
1	Válvula de alivio	2,5	2,5
1	Válvula de retención	19,3	19,3
2	Y 45"	10	20
6	Codos 45"	2,3	13,8
2	Codos 90"	4,9	9,8
6 536	Uniones soldadas	3,4	22 222,4
$\Sigma L_e =$			22 322,2

Fuente: Bominox S.A. Fabricantes de bombas de agua.

Reemplazando en la ecuación N° 8:

$$h_s = \frac{0,016843 * 22322,2 * 2,3785^2}{0,14633 * 2 * 9,81}$$

$$h_s = 740,8 \text{ m}$$

3.2.3 Pérdidas de carga totales ((Δh))

Resumiendo, podemos calcular las pérdidas de cargas totales (primaria más secundarias), mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta h = \Delta h_f + h_s \dots \dots (9)$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 9:

$$\Delta h = 1\ 518,4 + 740,8$$

$$\Delta h = 2\ 259,2 \text{ m.}$$

3.3 POTENCIA DE LA BOMBA Y MOTOR

La potencia de la Bomba se determina de la siguiente manera:

$$PB = \frac{\gamma * H_B * Q}{1000} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

- PB : Potencia de la Bomba en kW.
 γ : Peso específico del fluido en N/m³.
 H_B : Altura total de la bomba o Altura dinámica total en m.
 Q : Caudal del fluido m³/s.

Altura total de la Bomba (H_B) se determina con la siguiente ecuación:

$$H_B = \frac{(P_2 - P_1)}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2 * g} + \Delta h \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

$p_1/\gamma, p_2/\gamma$: Alturas de presión en los puntos 1 y 2 en m.

Z_1, Z_2 : Alturas geodésicas en los puntos 1 y 2 respecto nivel del mar en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

$\frac{V_1^2}{2 * g}, \frac{V_2^2}{2 * g}$: Alturas de velocidad en los puntos 1 y 2 en m.

Δh : Perdidas de carga totales entre los puntos 1 y 2 en m.

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Los puntos 1 y 2 serán puntos del fluido que están en cada uno de los extremos de la instalación (nivel de agua del tanque de succión y la salida de la tubería de descarga)

Las propiedades del agua a 20°C se han tomado del Apéndice B:

$$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma = \rho * g \dots \dots \dots (12)$$

Reemplazando valores obtenemos el Peso específico del fluido:

$$\gamma = 998,2 * 9,81$$

$$\gamma = 9792,342 \text{ N/m}^3$$

Tomando los valores de $P_1, Z_1, V_1, P_2, Z_2, V_2$ del Cuadro N° 3.2.

Reemplazando valores obtenemos lo siguiente:

$$\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) = \left(\frac{77\,381 - 100\,246}{9\,792,342}\right)$$

$$\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) = -2,338 \text{ m}$$

$$(Z_2 - Z_1) = (2\,241 - 85)$$

$$(Z_2 - Z_1) = 2\,156 \text{ m}$$

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * g} = \frac{(23\,785^2 - 0,000005^2)}{2 * 9,81}$$

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * g} = 0,2883 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 11:

$$H_B = -2\,338 + 2\,156 + 0,2883 + 2\,259,2$$

$$H_B = 4\,413,2 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación N° 10

$$PB = \frac{9\,792,342 * 4\,413,2 * 0,04}{1\,000}$$

$$PB = 1\,728,6 \text{ kW [2\,317,1 HP]}$$

Considerando la eficiencia de una Bomba de $\eta_b = 72\%$ le corresponderá un motor de Potencia según ecuación siguiente:

$$P_m = \frac{\gamma * HB * Q}{\eta_b * 1000} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

P_m : Potencia del motor en kW.

γ : Peso específico del fluido en N/m³.

H_B : Altura de la bomba en m.

Q : Caudal del fluido en m³/s.

η_b : Eficiencia de la Bomba (72%).

Reemplazando valores en la ecuación N° 13

$$P_m = \frac{9\,792,342 * 4\,413,2 * 0,04}{0,72 * 1\,000}$$

$$P_m = 2\,400,9 \text{ kW} [3\,218,3 \text{ HP}]$$

Aplicaremos el mismo procedimiento descrito anteriormente para calcular la Potencia de la Bomba y el Motor en las tuberías de diámetros de 8 pulg., 10 pulg., 12 pulg., los resultados obtenidos se observaran en la Tabla N° 3.1 y Tabla N° 3.2 para la Alternativa N° 1 (Utilizando una estación de bombeo).

También aplicaremos el mismo procedimiento descrito anteriormente para calcular la Potencia de la Bomba y el Motor en las tuberías de diámetros de 8 pulg., 10 pulg., 12 pulg., los resultados obtenidos se observaran en la Tabla N° 3.3 y Tabla N° 3.4 para la Alternativa N° 2 (Utilizando dos estaciones de bombeo).

Igualmente aplicaremos el mismo procedimiento descrito anteriormente para calcular la Potencia de la Bomba y el Motor en las tuberías de diámetros de 8 pulg., 10 pulg., y 12pulg. los resultados obtenidos se observaran en la Tabla N° 3.5 y Tabla N° 3.6 para la alternativa N° 3 (Utilizando tres estaciones de bombeo).

Tabla 3.1. Potencia efectiva de la bomba para el caso de (01) estaciones de bombeo

1 ESTACIONES DE BOMBEO
 Nivel de referencia : Z1 = 85 msnm Z2 = 2241.00 msnm Z = 2241 msnm
 Longitud total tubería = Lt = 45750 m
 Longitud tubería en cada estación (L) = 45750 m

Fluido: Agua desalinizada				Contorno de la conducción						Tubería de Acero sin costura Sch 80							
Temperatura	Densidad	Viscosidad	Caudal	Inicial			Final			Diámetro	Diámetro interior	Rugosidad	Longitud	Rugosidad relativa	Velocidad	Reynolds	Coficiente
T	ρ	μ	Q	p1	z1	V1	p2	z2	V2	DN	D	e	L	ϵ	V	Re	f
°C	kg / m ³	Pa-s	m ³ / s	Pa	m	m / s	Pa	m	m / s	pulg	m	m	m	(ϵ/D)	m / s		
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	77381.694	2241.00	2.3785	6	0.14633	0.00004572	45750	0.000312447	2.3785	345693.496	0.016843
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	77381.694	2241.00	1.3578	8	0.19368	0.00004572	45750	0.000236066	1.3578	261184.890	0.016778
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	77381.694	2241.00	0.8634	10	0.24287	0.00004572	45750	0.000188246	0.8634	208276.652	0.016927
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	77381.694	2241.00	0.6102	12	0.28890	0.00004572	45750	0.000158256	0.6102	175095.738	0.017154

Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z1 = 85 msnm Obtenemos : p1 = 100282.811 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z2 = 2241 msnm Obtenemos : p2 = 77381.694 Pa
Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z = 2241 msnm Obtenemos : pf = 77381.694 Pa	

Cuadro N° 2.2: Presión atmosférica a varias altitudes.

Presión atmosférica vs Nivel del mar

m sobre nivel del mar	Patm(m)
Z (msnm)	15.6°C
0	10.33
400	9.83
800	9.33
1000	9.13
1200	8.93
1400	8.73
1800	8.33
2000	8.13
2400	7.73
2600	7.53

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Colebrook : Reemplazar valores de Re y ϵ , para obtener f

D(Pulg)	f _{asum}	f _{calc}							
6	0.001000	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843	0.016843	0.016843
8	0.001000	0.021194	0.016549	0.016792	0.016777	0.016778	0.016778	0.016778	0.016778
10	0.001000	0.022084	0.016611	0.016950	0.016925	0.016927	0.016927	0.016927	0.016927
12	0.001000	0.022895	0.016765	0.017187	0.017152	0.017155	0.017155	0.017155	0.017154

Tabla 3.2 Potencia efectiva de la bomba para el caso de (01) estaciones de bombeo

Perdida de carga			Potencia efectiva de la bomba (Potencia hidráulica)									
Primaria	Secundaria	Totales	Altura de la bomba (HB)			Presión prueba hidrostática	Presión que soporta la tubería		Potencia bomba	Eficiencia	Potencia motor	
Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta v^2 / 2g$	HB	HB	SCH 80	SCH 40	PB	η_B	Pm
m	m	m	m	m	m	m	PSI	PSI	PSI	PSI	%	KW
1518.445	740.875	2259.3205	-2.3387	2156	0.2883	4413.270	6269.71	9404.6	2740.00	1780.00	72	2400.9028
372.390	229.85	602.24	-2.3387	2156	0.0940	2755.991	3915.30	5873.0	2430.00	1570.00	72	1499.3116
121.143	95.63	216.78	-2.3387	2156	0.0380	2370.474	3367.62	5051.4	2320.00	1430.00	72	1289.5831
51.556	45.16	96.71	-2.3387	2156	0.0190	2250.394	3197.02	4795.5	2270.00	1340.00	72	1224.2569

Cantidad	Ø 6"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 10"	Le(m)	Total
12	Válvula de venteo	2.5	30	12	Válvula de venteo	3.5	42	12	Válvula de venteo	4.5	54
4	Válvula de compuerta	1.1	4.4	4	Válvula de compuerta	1.4	5.6	4	Válvula de compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula de retención	19.3	19.3	1	Válvula de retención	25	25	1	Válvula de retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.8	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6536	uniones soldadas	3.4	22222.40	6536	uniones soldadas	4.3	28104.80	6536	uniones soldadas	5.5	35948.00
			Σ Le = 22322.20				Σ Le = 28237.70				Σ Le = 36116.90

Cantidad	Ø 12"	Le(m)	Total
12	Válvula de venteo	5.5	66
4	Válvula de compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula de retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6536	uniones soldadas	6.1	39869.60
			Σ Le = 40072.10

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg	mm					NR	lb/pulg ²	kg/cm^{2}
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			80	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por Laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	F	R	A
	kg/mm ²	kg/mm ²	%
ASTM A-53 GR -B	25	42	18
ASTM A-106 GR -B	25	42	18

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

Tabla 3. 3 Potencia efectiva de la bomba para el caso de (02) estaciones de bombeo

2 ESTACIONES DE BOMBEO				
Nivel de referencia :	Z1 = 85	msnm	Z2 = 1163.00 msnm	Zf = 2241 msnm
Longitud total tubería =	Lt = 45750	m		
Longitud tubería en cada estación (L) =	22875	m		

Fluido: Agua desalinizada				Contorno de la conducción						Tubería de Acero sin costura Sch 80							
Temperatura	Densidad	Viscosidad	Caudal	Inicial			Final			Diámetro	Diámetro interior	Rugosidad	Longitud	Rugosidad relativa	Velocidad	Reynolds	Coefficiente
T	ρ	μ	Q	p1	z1	V1	p2	z2	V2	DN	D	e	L	ϵ	V	Re	f
°C	kg / m ³	Pa-s	m ³ / s	Pa	m	m / s	Pa	m	m / s	pulg	m	m	m	(e/D)	m / s		
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	87955.590	1163.00	2.3785	6	0.14633	0.00004572	22875	0.000312447	2.3785	345693.496	0.016843
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	87955.590	1163.00	1.3578	8	0.19368	0.00004572	22875	0.000236066	1.3578	261184.890	0.016778
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	87955.590	1163.00	0.8634	10	0.24287	0.00004572	22875	0.000188246	0.8634	208276.652	0.016927
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	87955.590	1163.00	0.6102	12	0.28890	0.00004572	22875	0.000158256	0.6102	175095.738	0.017154

Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z1 = 85 msnm Obtenemos : p1 = 100282.811 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Z2 = 1163 msnm Obtenemos : p2 = 87955.590 Pa
Interpolando del Cuadro N° 2.2: Para Zf = 2241 msnm Obtenemos : pf = 77381.694 Pa	

Cuadro N° 2.2: Presión atmosférica a varias altitudes.

Presión atmosférica vs Nivel del mar	
m sobre nivel del mar Z (msnm)	Patm(m) 15,6°C
0	10.33
400	9.83
800	9.33
1000	9.13
1200	8.93
1400	8.73
1800	8.33
2000	8.13
2400	7.73
2600	7.53

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Colebrook : Reemplazar valores de Re y ϵ , para obtener f

D(Pulg)	fasum =	fcalc =	0.001000	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843
6	fasum =	fcalc =	0.001000	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843
8	fasum =	fcalc =	0.001000	0.021194	0.016549	0.016792	0.016777	0.016778	0.016778
10	fasum =	fcalc =	0.001000	0.022084	0.016611	0.016950	0.016925	0.016927	0.016927
12	fasum =	fcalc =	0.001000	0.022895	0.016765	0.017187	0.017152	0.017155	0.017154

Tabla 3.4 Potencia efectiva de la bomba para el caso de (02) estaciones de bombeo

Perdida de carga			Potencia efectiva de la bomba (Potencia hidráulica)										
Primaria	Secundaria	Totales	$\Delta p / \gamma$			Altura de la bomba (HB)		Presión prueba hidrostática	Presión que soporta la tubería		Potencia bomba	Eficiencia	Potencia motor
Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta v^2 / 2g$	HB	HB		SCH 80	SCH 40	PB	η_B	Pm
m	m	m	m	m	m	m	PSI	PSI	PSI	PSI	KW	%	KW
759.223	740.264	1499.4871	-1.2589	1078	0.2883	2576.517	3659.19	5488.8	2740.00	1780.00	1009.2053	72	1401.6740
186.195	229.64	415.83	-1.2589	1078	0.0940	1492.670	2119.90	3179.9	2430.00	1570.00	584.6694	72	812.0409
60.571	95.55	156.12	-1.2589	1078	0.0380	1232.897	1750.97	2626.5	2320.00	1430.00	482.9179	72	670.7193
25.778	45.11	70.89	-1.2589	1078	0.0190	1147.651	1629.90	2444.9	2270.00	1340.00	449.5278	72	624.3442

Cantidad	\varnothing 6"	Le(m)	Total	Cantidad	\varnothing 8"	Le(m)	Total	Cantidad	\varnothing 10"	Le(m)	Total
6	Válvula de venteo	2.5	15	6	Válvula de venteo	3.5	21	6	Válvula de venteo	4.5	27
4	Válvula de compuerta	1.1	4.4	4	Válvula de compuerta	1.4	5.6	4	Válvula de compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula de retención	19.3	19.3	1	Válvula de retención	25	25	1	Válvula de retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.8	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6535	uniones soldadas	3.4	22219.00	6535	uniones soldadas	4.3	28100.50	6535	uniones soldadas	5.5	35942.50
		$\Sigma Le =$	22303.80			$\Sigma Le =$	28212.40			$\Sigma Le =$	36083.40

Cantidad	\varnothing 12"	Le(m)	Total
6	Válvula de venteo	5.5	33
4	Válvula de compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula de retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6535	uniones soldadas	6.1	39863.50
		$\Sigma Le =$	40033.00

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	F kg/mm ²	R kg/mm ²	A %
ASTM A-53 GR -B	25	42	18
ASTM A-106 GR -B	25	42	18

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL pulg	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE NR	DIÁMETRO INTERIOR m	ESPESOR DE PARED mm	PESO NOMINAL kg/m	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg	mm					lb/pulg ²	kg/cm ²
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			80	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

Tabla 3.5 Potencia efectiva de la bomba para el caso de (U3) estaciones de bombeo

3 ESTACIONES DE BOMBEO
 Nivel de referencia : Z1 = 85 msnm Z2 = 803.65 msnm Z3 = 1522.3 msnm Z = 2241 msnm
 Longitud tubería = Lt = 45750 m
 Longitud tubería en cada estación (L) = 15250 m

Fluido: Agua desalinizada				Contorno de la conducción						Tubería de Acero sin costura Sch 80							
Temperatura	Densidad	Viscosidad	Caudal	Inicial			Final			Diámetro	Diámetro interior	Rugosidad	Longitud	Rugosidad relativa	Velocidad	Reynolds	Coefficiente
T	ρ	μ	Q	p1	z1	V1	p2	z2	V2	DN	D	e	L	ϵ	V	Re	f
°C	kg / m ³	Pa-s	m ³ / s	Pa	m	m / s	Pa	m	m / s	pulg	m	m	m	(e/D)	m / s		
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	2.3785	6	0.14633	0.00004572	15250	0.000312447	2.3785	345693.496	0.016843
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	1.3578	8	0.19368	0.00004572	15250	0.000236066	1.3578	261184.890	0.016778
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	0.8634	10	0.24287	0.00004572	15250	0.000188246	0.8634	208276.652	0.016927
20	998.2	0.001005	0.04	100282.811	85	0.000005	91480.386	803.65	0.6102	12	0.28890	0.00004572	15250	0.000158256	0.6102	175095.738	0.017154

Interpolando del Cuadro N° 2.2 Para Z1 = 85 msnm Obtenemos : p1 = 100282.811 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2 Para Z2 = 803.65 msnm Obtenemos : p2 = 91480.386 Pa
Interpolando del Cuadro N° 2.2 Para Z3 = 1522.3 msnm Obtenemos : p3 = 84431.285 Pa	Interpolando del Cuadro N° 2.2 Para Z = 2241 msnm Obtenemos : pf = 77381.694 Pa

Cuadro N° 2.2 Presion atmosferica a varias altitudes.

Presión atmosférica vs Nivel del mar	
m sobre nivel del mar	Patm(m)
Z (msnm)	15.6°C
0	10.33
400	9.83
800	9.33
1000	9.13
1200	8.93
1400	8.73
1800	8.33
2000	8.13
2400	7.73
2600	7.53

Fuente: HIDROSTAL. Fabricante de bombas para agua.

Colebrook : Reemplazar valores de Re y ϵ , para obtener f

D(Pulg)	f _{asum}	0.001000	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843
6	f _{calc}	0.020373	0.016704	0.016849	0.016843	0.016843	0.016843	0.016843
8	f _{asum}	0.001000	0.021194	0.016549	0.016792	0.016777	0.016778	0.016778
	f _{calc}	0.021194	0.016549	0.016792	0.016777	0.016778	0.016778	0.016778
10	f _{asum}	0.001000	0.022084	0.016611	0.016950	0.016925	0.016927	0.016927
	f _{calc}	0.022084	0.016611	0.016950	0.016925	0.016927	0.016927	0.016927
12	f _{asum}	0.001000	0.022895	0.016765	0.017187	0.017152	0.017155	0.017154
	f _{calc}	0.022895	0.016765	0.017187	0.017152	0.017155	0.017154	0.017154

Tabla 3.6. Potencia efectiva de la bomba para el caso de (03) estaciones de bombeo

Perdida de carga			Potencia efectiva de la bomba (Potencia hidráulica)										
Primaria	Secundaria	Totales	Altura de la bomba (HB)			Presión prueba	Presión que soporta la tubería		Potencia bomba	Eficiencia	Potencia motor		
Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta v^2 / 2g$	HB	HB	SCH 80	SCH 40	PB	η_B	Pm	
m	m	m	m	m	m	m	PSI	PSI	PSI	PSI	KW	%	KW
506.148	740.099	1246.2470	-0.8989	718.65	0.2883	1964.286	2789.70	4184.5	2740.00	1780.00	769.3986	72	1068.6091
124.130	229.58	353.71	-0.8989	718.65	0.0940	1071.558	1521.84	2282.8	2430.00	1570.00	419.7225	72	582.9479
40.381	95.52	135.90	-0.8989	718.65	0.0380	853.692	1212.42	1818.6	2320.00	1430.00	334.3859	72	464.4249
17.185	45.10	62.29	-0.8989	718.65	0.0190	780.056	1107.84	1661.8	2270.00	1340.00	305.5431	72	424.3654

Cantidad	Ø 6"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 10"	Le(m)	Total
4	Válvula de venteo	2.5	10	4	Válvula de venteo	3.5	14	4	Válvula de venteo	4.5	18
4	Válvula de compuerta	1.1	4.4	4	Válvula de compuerta	1.4	5.6	4	Válvula de compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula de retención	19.3	19.3	1	Válvula de retención	25	25	1	Válvula de retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.8	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6535	uniones soldadas	3.4	22219.00	6535	uniones soldadas	4.3	28100.50	6535	uniones soldadas	5.5	35942.50
		$\Sigma Le =$	22298.80			$\Sigma Le =$	28205.40			$\Sigma Le =$	36074.40

Cantidad	Ø 12"	Le(m)	Total
4	Válvula de venteo	5.5	22
4	Válvula de compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula de retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6535	uniones soldadas	6.1	39863.50
		$\Sigma Le =$	40022.00

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg	mm					lb/pulg ²	kg/cm ²
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			80	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por Laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	F	R	A
	kg/mm ²	kg/mm ²	%
ASTM A-53 GR -B	25	42	18
ASTM A-106 GR -B	25	42	18

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

3.4 SELECCIÓN DE LA BOMBA Y MOTOR

Para la selección de la bomba necesitamos como dato mínimo el caudal y la altura de la bomba (HB=Altura dinámica total), de los cuales tenemos el caudal igual a 0.04 m³/s y el HB (ADT) dependerá del diámetro de la tubería y el diámetro dependerá de las alternativas del sistema de bombeo, entonces primero seleccionaremos la mejor alternativa de las tres alternativas de solución planteada.

En cada una de las tres alternativas se determinó la Potencia de la bomba y la Potencia de los motores requeridos conforme se muestran en la Tabla N° 3.1 y la Tabla N° 3.2 para la Alternativa N° 1 (Utilizando una estación de bombeo), en la Tabla N° 3.3 y la Tabla N° 3.4 para Alternativa N° 2 (Utilizando dos estaciones de bombeo), en la Tabla N° 3.5 y la Tabla N° 3.6 para la Alternativa N° 3 (Utilizando tres estaciones de bombeo) y de estas tres alternativas la única alternativa donde se cumplió la prueba de la Presión hidrostática en la tuberías según Apéndice K fue en la Alternativa N° 3 (Sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo) y en esta alternativa las únicas tuberías que soportan con seguridad la Presión hidrostática de prueba según Apéndice K son las tuberías de diámetros de 8 pulg., 10 pulg., y 12 pulg., para estos diámetros de tuberías verificamos confrontando las Presiones de trabajo mostradas en las Tablas N° 3.5 y N° 3.6 con las Presiones de prueba permitidas según el Apéndice K, finalmente seleccionamos la Alternativa N° 3 (Sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo).

Ratificando de esta manera las Condiciones de Operación del Sistema de bombeo entregados por el Cliente Cía. Minera Milpo S.A. según indicado en el Apéndice L.

De acuerdo al documento de requerimiento de condiciones de operación de la Cía. Minera Milpo S.A. según Apéndice L indicaron lo siguiente:

Estación de bombeo N° 1 (primera estación de bombeo):

Altura dinámica de diseño = 954,01 m.

Caudal máximo = 40 l/s

Estación de bombeo N° 2 (segunda estación de bombeo):

Altura dinámica de diseño = 923,18 m.

Caudal máximo = 40 l/s.

Estación de bombeo N° 3 (tercera estación de bombeo):

Altura dinámica de diseño = 902,43 m.

Caudal máximo = 40 l/s.

Introduciendo estas condiciones de operación al sistema de selección de bomba basado en la página web del fabricante (www.ruhrpumpen.com) e ingresando a la opción Global Proposal System (GPS) según Apéndice M el cual mostrara en pantalla de la PC las posibles alternativas de bombas de agua del cual se seleccionara la bomba de agua más eficiente para luego obtener la Data sheet de las curvas de performance de las bombas de agua seleccionadas para la estación de bombeo N° 1, estación de bombeo N° 2 y la estación de bombeo N° 3 según lo mostrado en las siguientes Figuras N° 3.1, N° 3.2 y N° 3.3 respectivamente.

Resultando el siguiente Equipo de impulsión:

Bomba Centrifuga Horizontal, diseño API, marca Ruhrpumpen, modelo 4 JTN x 10 pasos. Mayor información en el Capítulo IV y en el Apéndice D.

Accionada por motor eléctrico horizontal, marca US MOTORS, de 800HP, 2 polos, 3 fases, 60Hz, 4160V. Mayor información en el Capítulo IV y en el Apéndice E.

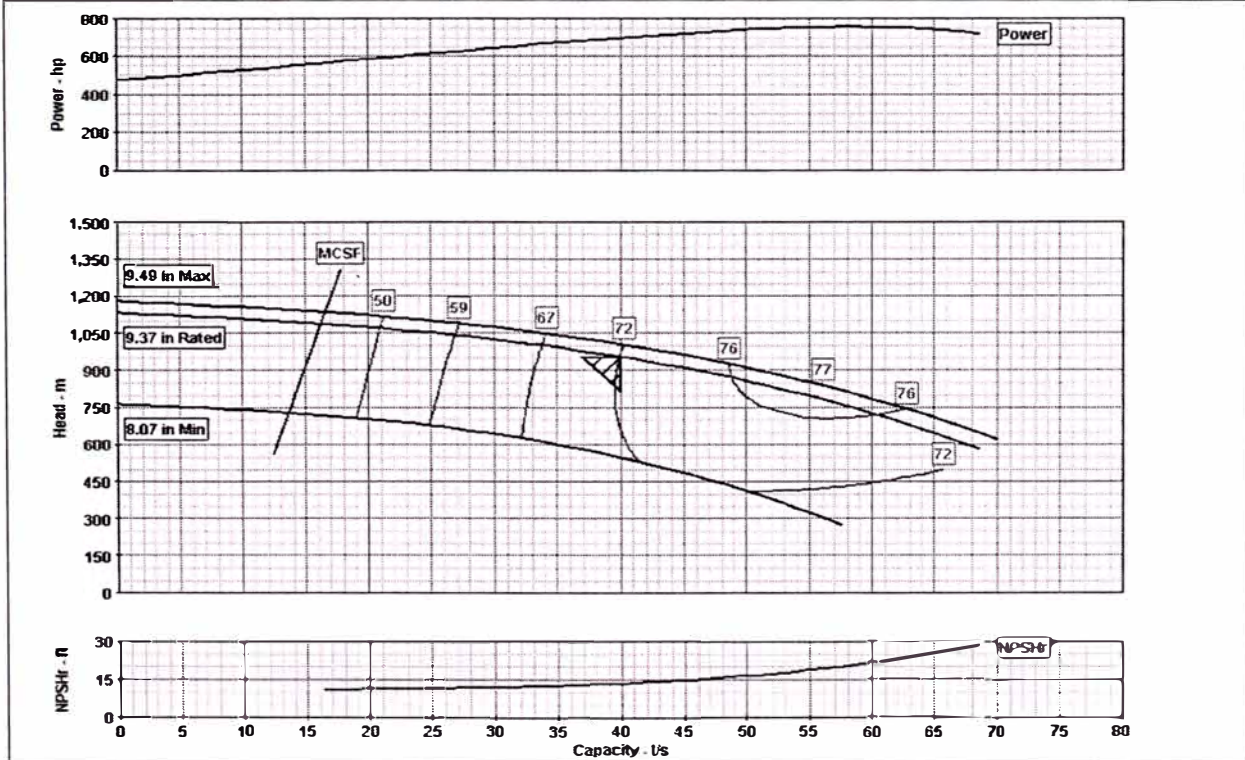
Fig. N° 3.1: Curvas de performance de la Bomba de la estación N° 1



Global Proposal System 5.0.5.94

Pump Performance Datasheet

Customer	: Cerro Lindo - Minera	Quote number	: 6RP0247 Rev01
Customer reference	:	Pump size	: JTN 4 " (A)
Item number	: PP-001	Stages	: 10
Service	: Desalinized Water Unit	Based on curve number	: OKH 100 814.20
Quantity of pumps	: 2	Date last saved	: 22 May 2006
Operating Conditions		Liquid	
Flow, rated	: 40.0 l/s	Liquid type	: Water
Head, rated (requested)	: 954 m	Additional liquid description	:
Head, rated (actual)	: 964 m	Solids diameter, max	: 0.00 in
Suction pressure, rated / max	: 0.00 / 0.00 psi.g	Temperature, max	: 68.00 deg F
NPSH available, rated	: Ample	Fluid density, rated / max	: 1.000 / 1.000 SG
Frequency	: 60 Hz	Viscosity, rated	: 1.00 cP
Performance		Material	
Pump speed, rated	: 3,550 rpm	Material requested	: Standard
Impeller diameter, rated	: 9.37 in	Material selected	: Standard
Impeller diameter, maximum	: 9.49 in	Pressure Data	
Impeller diameter, minimum	: 8.07 in	Maximum working pressure	: 1,610.7 psi.g
Efficiency	: 72.01 %	Maximum allowable working pressure	: N/A
NPSH required / margin required	: 13.26 / 0.00 ft	Maximum allowable suction pressure	: N/A
Specific speed / Suction specific speed	: 1,554 / 11,792 US units	Hydrostatic test pressure	: N/A
MCSF	: 16.4 l/s	Driver & Power Data	
Head, maximum, rated diameter	: 1,132 m	Driver sizing specification	: Rated power
Head rise to shutoff	: 18.70 %	Margin over specification	: 0.00 %
Flow, best eff. point (BEP)	: 54.6 l/s	Service factor	: 1.00
Flow ratio (rated / BEP)	: 73.24 %	Power, hydraulic	: 501 hp
Diameter ratio (rated / max)	: 98.76 %	Power, rated	: 696 hp
Head ratio (rated dia / max dia)	: 94.92 %	Power, maximum, rated diameter	: 752 hp
Viscous coefficients (CQ / CH / CE)	: 1.00 / 1.00 / 1.00	Minimum recommended motor rating	: 700 hp / 522 kW
Selection status	: Acceptable		



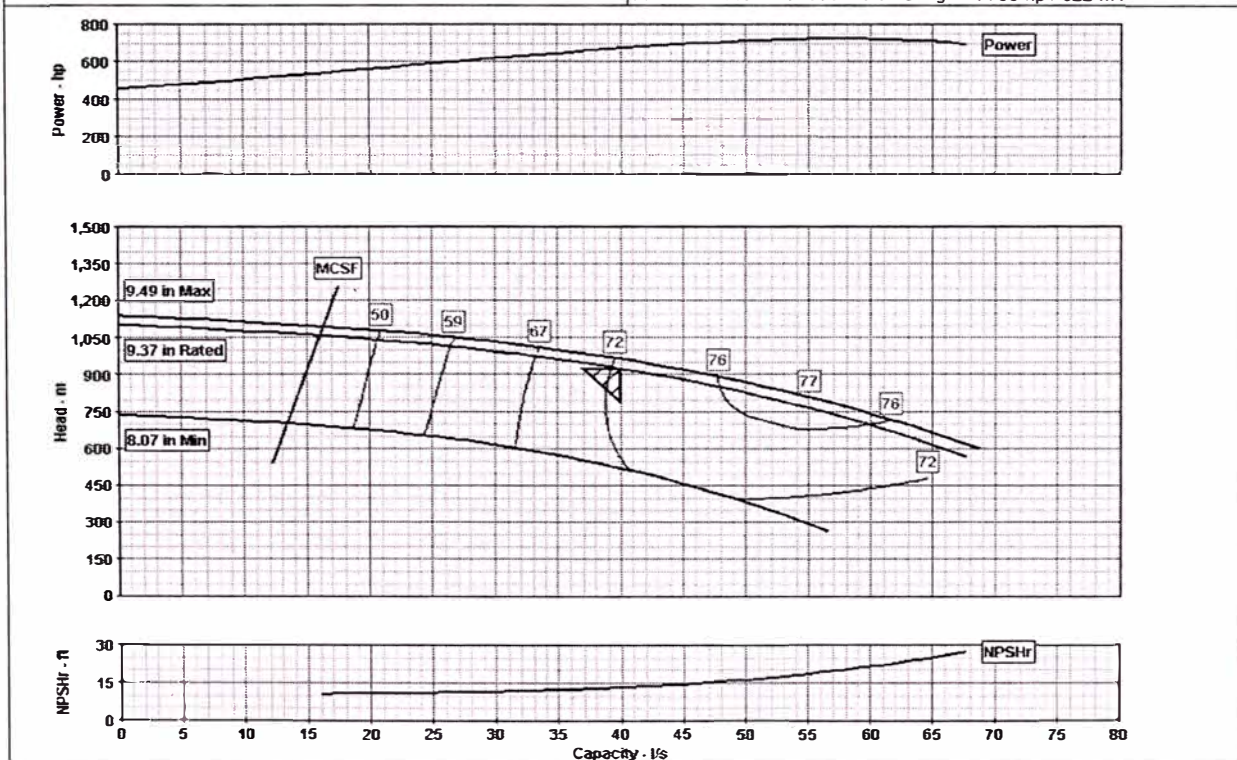
Fuente: Elaboración propia

Fig. N° 3.2: Curvas de performance de la Bomba de la estación N° 2



Global Proposal System 5.0.5.94

Pump Performance Datasheet			
Customer	: Cerro Lindo - Minera	Quote number	: 6RP0247 Rev01
Customer reference	:	Pump size	: JTN 4 " (A)
Item number	: PP-002	Stages	: 10
Service	: Desalinized Water Unit	Based on curve number	: OKH 100 814.20
Quantity of pumps	: 2	Date last saved	: 22 May 2006
Operating Conditions		Liquid	
Flow, rated	: 40.0 l/s	Liquid type	: Water
Head, rated (requested)	: 923 m	Additional liquid description	:
Head, rated (actual)	: 923 m	Solids diameter, max	: 0.00 in
Suction pressure, rated / max	: 0.00 / 0.00 psi.g	Temperature, max	: 68.00 deg F
NPSH available, rated	: Ample	Fluid density, rated / max	: 1.000 / 1.000 SG
Frequency	: 60 Hz	Viscosity, rated	: 1.00 cP
Performance		Material	
Pump speed, rated	: 3,486 rpm	Material requested	: Standard
Impeller diameter, rated	: 9.37 in	Material selected	: Standard
Impeller diameter, maximum	: 9.49 in	Pressure Data	
Impeller diameter, minimum	: 8.07 in	Maximum working pressure	: 1,565.6 psi.g
Efficiency	: 72.45 %	Maximum allowable working pressure	: N/A
NPSH required / margin required	: 12.99 / 0.00 ft	Maximum allowable suction pressure	: N/A
Specific speed / Suction specific speed	: 1,554 / 11,760 US units	Hydrostatic test pressure	: N/A
MCSF	: 16.1 l/s	Driver & Power Data	
Head, maximum, rated diameter	: 1,101 m	Driver sizing specification	: Rated power
Head rise to shutoff	: 19.23 %	Margin over specification	: 0.00 %
Flow, best eff. point (BEP)	: 53.8 l/s	Service factor	: 1.00
Flow ratio (rated / BEP)	: 74.32 %	Power, hydraulic	: 485 hp
Diameter ratio (rated / max)	: 98.76 %	Power, rated	: 669 hp
Head ratio (rated dia / max dia)	: 95.83 %	Power, maximum, rated diameter	: 721 hp
Viscous coefficients (CQ / CH / CE)	: 1.00 / 1.00 / 1.00	Minimum recommended motor rating	: 700 hp / 522 kW
Selection status	: Acceptable		

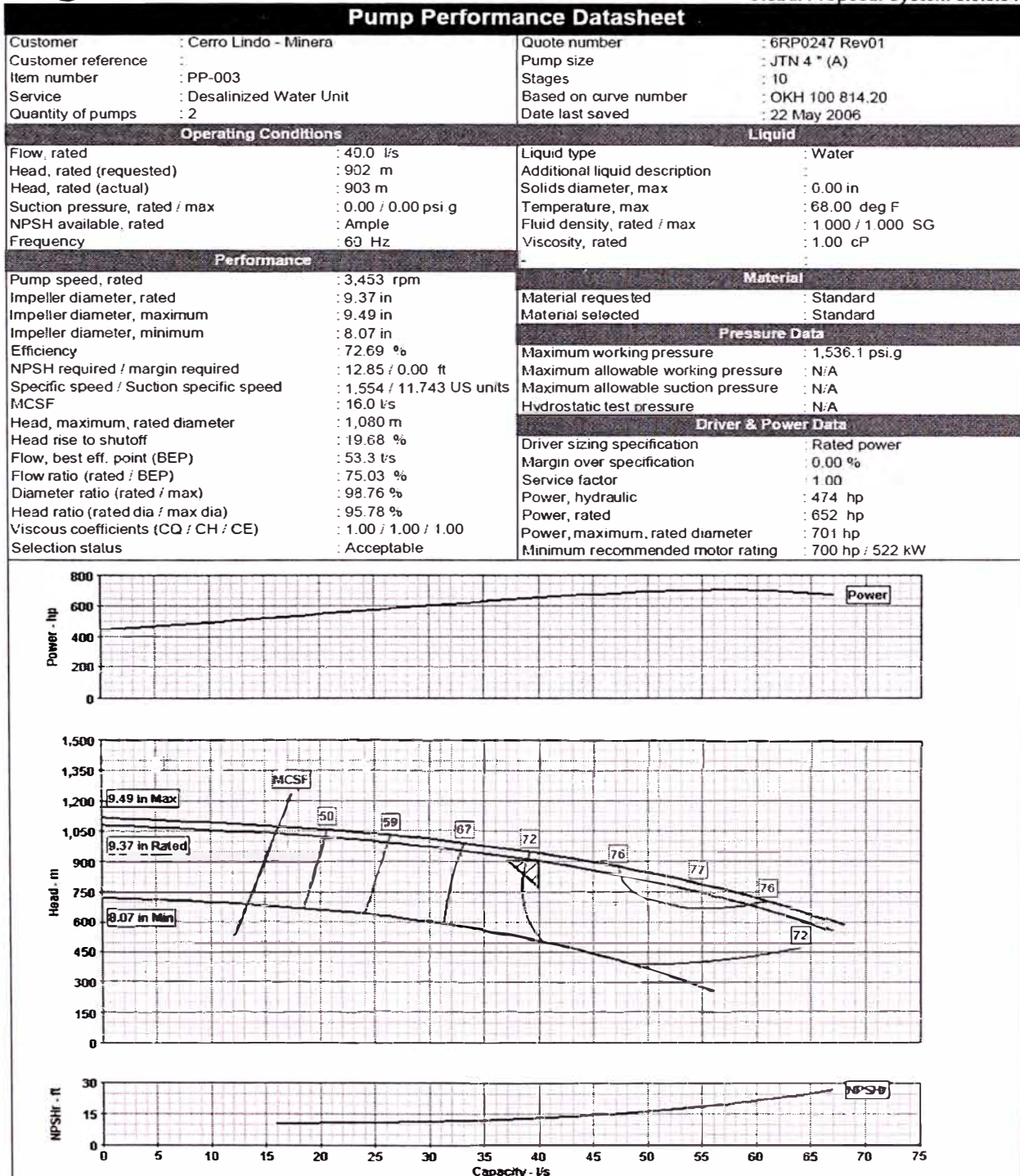


Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.3: Curvas de performance de la Bomba de la estación N° 3



Global Proposal System 5.0.5.94



Fuente: Elaboración propia

3.5 DIÁMETRO ECONÓMICO

De las Velocidades recomendables según el Apéndice H se tiene:

$V_{\min}=0,5$ m/s hasta $V_{\max}=1,0$ m/s.

Despejando el diámetro de la ecuación N° 1 se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}} \dots \dots \dots (14)$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 13 para $V=0,5$ m/s y $Q=0,04 \frac{m^3}{s}$.

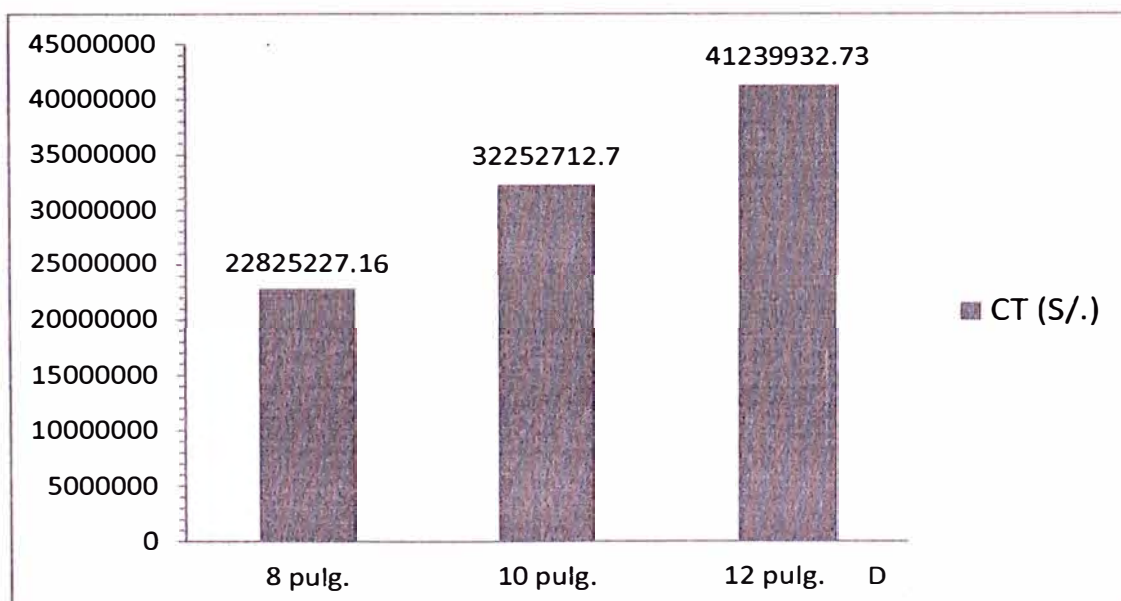
Se obtiene $D= 0,319$ m [12,60 pulg].

Reemplazando valores en la ecuación N° 13 para $V=1,0$ m/s y $Q=0,04 \frac{m^3}{s}$.

Se obtiene $D=0,2256$ m [8,88pulg.].

El diámetro económico se seleccionara entre las tuberías de 8 pulg., 10 pulg. y 12 pulg., dicha selección dependerá del mínimo costo total del sistema de bombeo para el caso de la alternativa seleccionada con las tuberías de diámetros antes mencionados según Figura N° 3.4.

Fig. N° 3.4: Diámetro económico



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla siguiente se muestra el Costo total para el caso de la alternativa seleccionada (sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo) de las tres alternativas planteadas inicialmente del cual obtenemos la Figura N° 3.4 de donde podemos observar que el costo total del sistema de bombeo aumenta con el aumento del diámetro de la tubería y que el mínimo costo total pertenece a dicho sistema de bombeo trabajando con una tubería de 8 pulg y por ende el diámetro económico sería de 8 pulg.

3.6 ESPECIFICACIÓN DEL NÚMERO DE REFERENCIA

$$NR = \frac{1000 * p}{S} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

p: Presión de trabajo (PSI)

S: Esfuerzo de fluencia (PSI)

Considerando tubería de Acero ASTM-A53 grado B según Apéndice N:

S=20 kPSI [20000 PSI]

La presión (p) se calcula:

$$p = \gamma * H_B \dots \dots \dots (16)$$

De la ecuación N° 12 tenemos el valor del γ y el valor del H_B lo obtenemos de la Tabla N° 3.2 caso de una estación de bombeo, iniciaremos los cálculos trabajando con una tubería de diámetro 6 pulg., reemplazamos los valores en la ecuación N° 16 para obtener la presión (p):

COSTO INSTALACION / COSTO TOTAL PARA EL CASO DE 03 ESTACIONES DE BOMBEO

3	Estaciones de bombeo
3	Bombas funcionando
3	Bombas stand by
6	Total de equipos de bombeo

DIÁMETRO Tubería DN	LONGITUD tubería en c/estación L	COSTO unitario tubería Cu	POTENCIA Motor comercial de cada bomba HP	COSTO UNITARIO Bomba-Motor-Arrancador CB	COSTO Total equipos bombeo CE	COSTO Total de Tuberías CTU= Lt.Cu	COSTO Total Accesorios CA	COSTO Mano de Obra MO	COSTO TOTAL CT CE+CTU+CA+MO
Pulg	m	S / m	HP	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
6	15250	223.89	1500	2037708.0	6113123.86	10242876.00	654756.48	283665.37	17294421.71
8	15250	400.01	800	1086777.6	3260332.72	18300366.00	768088.44	496440.00	22825227.16
10	15250	606.70	700	950930.4	27756708.13	27756708.00	897348.48	745865.09	32252712.70
12	15250	802.70	600	815083.2	2445249.54	36723708.00	1086768.48	984206.70	41239932.73

Sistema de bombeo Tubería Sch 80	Resultado Motor NO comercial (HP)	Seleccionar Motor comercial (HP)	Costo unitario Tubería (Cu) US\$ / m
Ø 6"	1076.161	1500	79.96
Ø 8"	670.926	800	142.86
Ø 10"	576.572	700	216.68
Ø 12"	547.152	600	286.68

Usaremos Motores Comerciales HP	Motores Comerciales kW	Costo unitario Arrancador (\$/kW)	Costo unitario Bomba-motor (\$/kW)
1500	1119	68.36	291
800	596.8	68.36	291
700	522.2	68.36	291
600	447.6	68.36	291

DESCRIPCIÓN	CANT. HOMBRES	P. UNITARIOS (\$)	CANT. DÍAS
Ingeniero	1	200	60
Capataz	1	120	60
Técnico mecánico	6	110	60
Electricista	2	110	60
Instrumentista	1	110	30
Ayudantes general	18	50	60
Técnico albañil	8	100	60

		1 estación bombeo Cantidad	03 estaciones Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$
Tubería Ø 6"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 1500HP/4160V	1	3	727752.8	2183258.52
Tubería Ø 8"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 800HP/4160V	1	3	388134.8	1164404.54
Tubería Ø 10"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 700HP/4160V	1	3	339618.0	1018853.98
Tubería Ø 12"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 600HP/4160V	1	3	291101.1	873303.41
Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 6" CL 600 motorizada	3	9	12,600.00	113400
	Valv. Compuerta 6" CL 150	3	9	2,500.00	22500
	Valv. Check 6" CL 600	2	6	1,050.00	6300
	Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
	Y45' de 6" y Codos 90'	4	12	460.00	5520
	Codos 45'	6	18	35.00	630
	Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	10,600.00	31800
	Bridas slip on	24	72	230	16560
	Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				233841.6
Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 8" CL 600 motorizada	3	9	13,775.00	123975
	Valv. Compuerta 8" CL 150	3	9	3,453.20	31078.8
	Valv. Check 8" CL 600	2	6	1498.65	8991.9
	Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
	Y45' de 8" y Codos 90'	4	12	700.00	8400
	Codos 45'	6	18	50.00	900
	Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	11,800.00	35400
	Bridas slip on	24	72	395	28440
	Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				274317.3
Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 10" CL 600 motorizada	3	9	15,500.00	139500
	Valv. Compuerta 10" CL 150	3	9	5,000.00	45000
	Valv. Check 10" CL 600	2	6	3000.00	18000
	Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
	Y45' de 10" y Codos 90'	4	12	815.00	9780
	Codos 45'	6	18	65	1170
	Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	12,500.00	37500
	Bridas slip on	24	72	450	32400
	Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				320481.60
Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 12" CL 600 motorizada	3	9	18,000.00	162000
	Valv. Compuerta 12" CL 150	3	9	7,500.00	67500
	Valv. Check 12" CL 600	2	6	4300.00	25800
	Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
	Y45' de 12" y Codos 90'	4	12	930.00	11160
	Codos 45'	6	18	80.00	1440
	Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	14,500.00	43500
	Bridas slip on	24	72	550.00	39600
	Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				388131.60

$$p=9792.34*4413.27$$

$$p = 43216250.7 \text{ Pa [6269.72 PSI]}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 15:

$$NR = \frac{1000 * 6269.7}{20000}$$

$$NR = 313$$

De igual forma se obtiene el NR trabajando con tuberías de 8 pulg., 10 pulg. y 12 pulg., conforme se muestra en la Tabla N° 3.7.

Este resultados del NR es mucho mayor al NR 80, significa que el sistema de bombeo que se requiere debe impulsar a una menor altitud, motivo por el cual que pasamos a la segunda alternativa que es el caso de un sistema de bombeo con dos estaciones de bombeo. Con el valor del γ que ya es conocido y con el valor de H_B obtenido de la Tabla N° 3.4 caso de dos estaciones de bombeo, iniciaremos los cálculos trabajando con una tubería de diámetro 6 pulg., reemplazamos los valores en la ecuación N° 16 para obtener la presión (p):

$$p=9792.34*2576.62$$

$$p = 25231231.84 \text{ Pa [3660.49 PSI]}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 15:

$$NR = \frac{1000 * 3660.49}{20000}$$

$$NR = 183$$

De igual forma se obtiene el NR trabajando con tuberías de 8 pulg., 10 pulg. y 12 pulg., conforme se muestra en la Tabla N° 3.8.

Este resultado del NR es mucho mayor al NR 80, significa que el sistema de bombeo que se requiere debe impulsar a una menor altitud, motivo por el cual que pasamos a la tercera alternativa que es el caso de un sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo. Con el valor del γ que ya es conocido y con el valor de H_B obtenido de la Tabla N° 3.6 caso de tres estaciones de bombeo, iniciaremos los cálculos trabajando con una tubería de diámetro 6 pulg., reemplazamos valores en la ecuación N° 16 para obtener la presión (p):

$$p = 9792.34 * 1964.3$$

$$p = 19236065.4 \text{ Pa [2790.7 PSI]}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 15:

$$NR = \frac{1000 * 2790.7}{20000}$$

$$NR = 139$$

De igual forma se obtiene el NR trabajando con tuberías de 8 pulg., 10 pulg. y 12 pulg., conforme se muestra en la Tabla N° 3.9, de donde el NR es igual a 80 trabajando con estas tres últimas tuberías a excepción con la tubería de 6 pulg., donde el NR resulto mayor que 80. Por tanto el sistema requerido es un sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo.

Tabla 3.7 Numero de referencia de la tubería para el caso de (01) estaciones de bombeo

Coeficiente	Perdida de carga			Numero referencia de la tubería para el caso de 01 estacion de bombeo								
	Primaria	Secundaria	Totales	Numero referencia de la tubería para el caso de 01 estacion de bombeo			Altura de la bomba	Peso específico	Altura de la bomba	Presión trabajo	Esfuerzo fluencia	Numero referencia
	Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta V^2 / 2g$	HB	γ	HB	P	S	NR
m	m	m	m	m	m	m	N/m ³	Pa	PSI	PSI		
0.016843	1518.445	740.875	2259.3205	-2.3387	2156	0.2883	4413.270	9792.34	43216241.92	6269.71	20000.00	313.49
0.016778	372.390	229.85	602.24	-2.3387	2156	0.0940	2755.991	9792.34	26987603.84	3915.30	20000.00	195.77
0.016927	121.143	95.63	216.78	-2.3387	2156	0.0380	2370.474	9792.34	23212491.15	3367.62	20000.00	168.38
0.017154	51.556	45.16	96.71	-2.3387	2156	0.0190	2250.394	9792.34	22036618.85	3197.02	20000.00	159.85

Cantidad	Ø 6"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 10"	Le(m)	Total
12	Válvula de venteo	2.5	30	12	Válvula de venteo	3.5	42	12	Válvula de venteo	4.5	54
4	Válvula compuerta	1.1	4.4	4	Válvula compuerta	1.4	5.6	4	Válvula compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula retención	19.3	19.3	1	Válvula retención	25	25	1	Válvula retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.8	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6536	uniones soldadas	3.4	22222.40	6536	uniones soldadas	4.3	28104.80	6536	uniones soldadas	5.5	35948.00
		Σ Le =	22322.20			Σ Le =	28237.70			Σ Le=	36115.90

Cantidad	Ø 12"	Le(m)	Total
12	Válvula de venteo	5.5	66
4	Válvula compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6536	uniones soldadas	6.1	39869.60
		Σ Le =	40072.10

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B / ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	S	F	R
	PSI	kg/mm ²	kg/mm ²
ASTM A-53 GR -B	20000	24.60	42.20

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	PESO	PRUEBA DE PRUEBA	
	pulg	mm					lb/pulg ²	kg/cm ²
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			80	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

Tabla 3.8 Numero de referencia de la tubería para el caso de (02) estaciones de bombeo

Coeficiente	Perdida de carga			Numero referencia de la tubería para el caso de 02 estaciones de bombeo								
	Primaria	Secundaria	Totales				Altura de la bomba	Peso específico	Altura de la bomba	Presión trabajo	Esfuerzo fluencia	Numero referencia
	Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta v^2 / 2g$	HB	γ	HB	P	s	NR
m	m	m	m	m	m	m	N/m ³	Pa	PSI	PSI		
0.016843	759.223	740.377	1499.6000	-1.2589	1078	0.2883	2576.629	9792.34	25231231.84	3660.49	20000.00	183.02
0.016778	188.195	229.67	415.87	-1.2589	1078	0.0940	1492.705	9792.34	14617075.44	2120.61	20000.00	106.03
0.016927	60.571	95.56	156.13	-1.2569	1076	0.0380	1232.911	9792.34	12073066.99	1751.54	20000.00	87.58
0.017154	25.778	45.12	70.90	-1.2589	1078	0.0190	1147.658	9792.34	11238259.86	1830.42	20000.00	81.52

Cantidad	Ø 6"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 10"	Le(m)	Total
6	Válvula de venteo	2.5	15	6	Válvula de venteo	3.5	21	6	Válvula de venteo	4.5	27
4	Válvula compuerta	1.1	4.4	4	Válvula compuerta	1.4	5.6	4	Válvula compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula retención	19.3	19.3	1	Válvula retención	25	25	1	Válvula retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.6	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6535	uniones soldadas	3.4	22222.40	6535	uniones soldadas	4.3	28104.80	6535	uniones soldadas	5.5	35948.00
			Σ Le = 22307.20				Σ Le = 28216.70				Σ Le = 36088.90

Cantidad	Ø 12"	Le(m)	Total
6	Válvula de venteo	5.5	33
4	Válvula compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6535	uniones soldadas	6.1	39869.60
			Σ Le = 40039.10

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	PESOR DE PARED	PESO	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg	mm					lb/pulg ²	kg/cm ²
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			60	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	S	F	R
	PSI	kg/mm ²	kg/mm ²
ASTM A-53 GR -B	20000	24.60	42.20

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

Tabla 3.9 Numero de referencia de la tubería para el caso de (03) estaciones de bombeo

Coeficiente	Perdida de carga			Numero referencia de la tubería para el caso de 03 estaciones de bombeo								
	Primaria	Secundaria	Totales	Altura de la bomba			Peso específico	Altura de la bomba	Presión trabajo	Esfuerzo fluencia	Numero referencia	
	Δhf	hs	Δh	$\Delta p / \gamma$	ΔZ	$\Delta v^2 / 2g$	HB	γ	HB	P	s	NR
f	m	m	m	m	m	m	m	N/m ³	Pa	PSI	PSI	
0.016843	506.148	740.211	1246.3598	-0.8989	718.65	0.2883	1964.399	9792.34	19236065.43	2790.72	20000.00	139.54
0.016778	124.130	229.62	353.75	-0.8989	718.65	0.0940	1071.593	9792.34	10493402.93	1522.36	20000.00	76.12
0.016927	40.381	95.54	135.92	-0.8989	718.65	0.0380	853.707	9792.34	8359789.22	1212.82	20000.00	60.64
0.017154	17.185	45.11	62.29	-0.8989	718.65	0.0190	780.063	9792.34	7638643.82	1108.20	20000.00	55.41

Cantidad	Ø 6"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 8"	Le(m)	Total	Cantidad	Ø 10"	Le(m)	Total
4	Válvula de venteo	2.5	10	4	Válvula de venteo	3.5	14	4	Válvula de venteo	4.5	18
4	Válvula compuerta	1.1	4.4	4	Válvula compuerta	1.4	5.6	4	Válvula compuerta	1.7	6.8
1	Válvula de alivio	2.5	2.5	1	Válvula de alivio	3.5	3.5	1	Válvula de alivio	4.5	4.5
1	Válvula retención	19.3	19.3	1	Válvula retención	25	25	1	Válvula retención	32	32
2	Y 45°	10	20	2	Y 45°	13	26	2	Y 45°	16	32
6	Codos 45°	2.3	13.8	6	Codos 45°	3	18	6	Codos 45°	3.8	22.8
2	Codos 90°	4.9	9.8	2	Codos 90°	6.4	12.8	2	Codos 90°	7.9	15.8
6535	uniones soldadas	3.4	22222.40	6535	uniones soldadas	4.3	28104.80	6535	uniones soldadas	5.5	35948.00
		$\Sigma Le =$	22302.20			$\Sigma Le =$	28209.70			$\Sigma Le =$	36079.90

Cantidad	Ø 12"	Le(m)	Total
4	Válvula de venteo	5.5	22
4	Válvula compuerta	2.1	8.4
1	Válvula de alivio	5.5	5.5
1	Válvula retención	38	38
2	Y 45°	19	38
6	Codos 45°	4.6	27.6
2	Codos 90°	9.5	19
6535	uniones soldadas	6.1	39869.60
		$\Sigma Le =$	40028.10

TUBERÍAS DE ACERO SIN COSTURA

ASTM A-53 GRADO B/ ASTM A-106 / API 5L B

Descripción: Producto que se obtiene por laminación en caliente de un tocho de Acero estructural

Usos:

ASTM A-53: Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106: Tubos para servicios a altas temperaturas

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	S	F	R
	PSI	kg/mm ²	kg/mm ²
ASTM A-53 GR-B	20000	24.60	42.20

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	DIÁMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	PESO	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg	mm					NR	lb/pulg ²	kg/cm^{2}
5	5.563	141.3	40	0.128193	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.122250	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	0.154051	7.11	28.26	1780	125.0
			80	0.146329	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	0.2027174	8.18	42.55	1570	110.0
			80	0.193675	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.1	40	0.254508	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.242874	15.09	95.97	2320	162.0
12	12.750	323.9	40	0.303225	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.288899	17.48	132.04	2270	159.0
14	14.000	355.6	40	0.333349	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.3175	19.05	158.1	2250	158.0

Tuberías de Acero sin costura de Longitud de 7 m.

3.7 VERIFICACIÓN DEL ESPESOR DE TUBERÍA

De acuerdo a la norma ASME B31.3, se presenta la forma para evaluar el espesor mínimo de pared que debe tener una tubería sometida a presión interna, este procedimiento solo es aplicable para tubería que cumplan con las siguientes relaciones:

$$t_m < D/6 \dots \dots \dots (17)$$

y

$$P/(SE) < 0.385 \dots \dots \dots (18)$$

A continuación se describen los pasos a seguir para determinar el espesor:

3.7.1 Cálculo del espesor de diseño de tubería bajo presión interna

$$t_m = \frac{D * P}{2 * (S * E + Y * P)} \dots \dots \dots (19)$$

t_m = Espesor de diseño de tubería bajo presión interna (pulg.).

P= Presión interna de tubería (PSI).

D= Diámetro exterior de la tubería (pulg.).

S= Esfuerzo permisible del material a la temperatura de diseño (PSI).

E= Factor calidad de junta.

Y= Factor de corrección que depende del material, válido para $t_m < D/6$.

3.7.2 Cálculo del espesor mínimo requerido de tubería

Así mismo el espesor mínimo requerido (t) debe ser igual al espesor de diseño más la suma de los espesores debidos a las tolerancias mecánicas, de erosión y corrosión.

Se tienen las siguientes ecuaciones:

$$t = t_m + C \dots \dots \dots (20)$$

$$T_n = t + T_f \dots\dots\dots(21)$$

$$T_c \geq T_n \dots\dots\dots(22)$$

De donde:

t = Espesor mínimo requerido (pulg.).

t_m = Espesor de diseño de tubería bajo presión interna (pulg.).

C = Tolerancias por corrosión y erosión (pulg.).

T_n = Espesor nominal (pulg.).

T_f = Tolerancia de fabricación, que debiera restarse del espesor nominal.

T_c = Espesor comercial (pulg.).

Calcularemos el Espesor de tubería para un sistema de bombeo con tres estaciones de bombeo (mejor alternativa) iniciaremos los cálculos con una tubería de diámetro de 6 pulg.

Condición inicial:

En la ecuación N° 18, la Presión interna (P) se obtiene de la Tabla N° 3.9, el Esfuerzo permisible del material (S) del Apéndice N y el Factor de junta (E) del Apéndice O, reemplazando valores tenemos:

$$2790.72 / (20000 * 1.0) < 0.385$$

$$0.139 < 0.385 \text{ Por tanto OK.}$$

CÁLCULO DEL ESPESOR DE DISEÑO TUBERÍA (t_m): Obtenemos el Diámetro exterior (D) del Apéndice C y el Factor de corrección (Y) del Apéndice P, la Presión interna (P), el Esfuerzo permisible (S) y el Factor de junta (E) ya fueron obtenidos en el paso anterior, reemplazando valores en la ecuación N° 19:

$$t_m = \frac{6.625 * 2790.72}{2 * (20000 * 1.0 + 0.4 * 2790.72)}$$

$$t_m = 0.437 \text{ pulg.}$$

CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO REQUERIDO (t): La suma de las tolerancias por corrosión y erosión (C) se obtiene del Apéndice Q, reemplazando en la ecuación N° 20:

$$t = 0.437 + 0.065$$

$$t = 0.502 \text{ pulg.}$$

CÁLCULO DEL ESPESOR NOMINAL (T_n): El valor de la Tolerancia de fabricación (T_f) se obtiene del Apéndice R, valor que deberá restarse del espesor nominal, reemplazando en la ecuación N° 21:

$$T_n - 12.5\% * T_n = t$$

$$T_n = t / (87.5\%)$$

$$T_n = 0.502 / 0.875$$

$$T_n = 0.57 \text{ pulg.}$$

$$T_c \geq 0.57 \text{ pulg. NO CUMPLE.}$$

Porque el espesor de la tubería de 6 pulg de sch.80 es igual a 0.432 pulg., este espesor especificado es menor al espesor calculado por lo cual NO CUMPLE para una tubería de sch 80 de diámetro 6 pulg.

Igualmente calcularemos el espesor de tubería para diámetros 8 pulg., 10 pulg., y 12 pulg. tal como se muestra en la Tabla N° 3.10, estos espesores obtenidos se consideran OK por ser menores a los espesores especificados de tuberías de sch. 80, los resultados se pueden apreciar en la hoja de resultados en formato Excel según Tabla N° 3.10.

Tabla 3.10 Verificación del espesor de la tubería para el caso de 03 estaciones de bombeo

Tubería de Acero sin costura Sch 80							TOLERANCIAS		VERIFICACIÓN DE ESPESOR DE TUBERÍA			
Diámetro	Diámetro exterior	Espesor pared	Esfuerzo fluencia	Presión trabajo	Factor de junta	Factor corrección	Fabricación	Corrosión y erosión	Espesor diseño	Espesor requerido	Espesor nominal	Espesor comercial
DN	D	e	S	P	E	Y	Tf	C	Tm	t	Tn	Tc
pulg	pulg	pulg	PSI	PSI			%	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.
6	6.625	0.432	20000.00	2790.72	1.00	0.40	12.5	0.065	0.43778	0.5028	0.57	0.432
8	8.625	0.500	20000.00	1522.36	1.00	0.40	12.5	0.065	0.31856	0.3836	0.44	0.500
10	10.750	0.594	20000.00	1212.82	1.00	0.40	12.5	0.065	0.31823	0.3832	0.44	0.594
12	12.750	0.688	20000.00	1108.20	1.00	0.40	12.5	0.065	0.34558	0.4106	0.47	0.688

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Cuadro 4.1 Tuberías

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Tub 8" sch 80 A53-B, BBE, Seamless	45 750	m

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.2 Accesorios

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Brida slip on, 8", RF, A105 clase 600	60	pieza
2	Codo 8",90°,radio largo BBE A234-WPB XS SMLS	12	pieza
3	Codo 8",45°,radio largo BBE A234-WPB XS SMLS	18	pieza
4	Y 8" 45°, Sch 120, A234-WPB	12	pieza

Fuente: Elaboración propia

4.2 ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS

Cuadro 4.3 Válvula de compuerta 10" clase 150

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	TIPO		BRIDADA
2	Clase de presión		150
3	Normas aplicables		ANSI, API, MSS, BS,DIN, ISO
4	Condiciones de operación		
	PRESIÓN DE SERVICIO		1

		Bar	
	Accionamiento		Reductor
5	Tipo de servicio		Heavy duty
6	Materiales		
	Cuerpo		ASTM A216 WCB
	Disco		ASTM A351 – CF8M
	Asiento		Revestido con stellita
	Ejes		ASTM A564 GR 630
	Empaques de eje		Grafito

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.4 válvula de compuerta 8" clase 600 motorizada

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	Tipo		BRIDADA
2	Clase de presión		600
3	Normas aplicables		ANSI, API, MSS, BS, DIN, ISO
4	Condiciones de operación		
	PRESIÓN DE SERVICIO	bar	95
	Accionamiento		Actuador motorizado
5	Tipo de servicio		Heavy duty
6	Materiales		
	Cuerpo		ASTM A216 WCB
	Disco		ASTM A351 – CF8M
	Asiento		Revestido con stellita
	Ejes		ASTM A564 GR 630
	Empaques de eje		Grafito

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.5 válvula check 8" clase 600 de cierre lento

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	Tipo		SWING WAFER DE CIERRE LENTO
2	Clase de presión		600
3	Normas aplicables		ANSI, API, MSS, BS, DIN, ISO
6	Condiciones de operación		
	PRESIÓN DE SERVICIO	bar	95
7	Tipo de servicio		Heavy duty
8	Materiales		
	Cuerpo		ASTM A216 WCB
	Disco		ASTM A351 – CF8M
	Brazo basculante		ASTM A536
	Eje		ASTM A564 GR 630
	Asiento		ASTM A216 WCB
	Resorte de torsión		Alloy X750
	Amortiguador		Neumático o hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.6 válvula de venteo de 2"

Item	Descripción	Unidad	Requerido
1	Tipo		BRIDADA
2	Clase de presión		
3	Normas aplicables		ANSI, API, MSS, BS, DIN, ISO
6	Condiciones de operación		
	PRESIÓN DE SERVICIO	bar	Variable
7	Tipo de servicio		Heavy duty

8	Materiales		
	Unidad automática		
	Cuerpo		ASTM A216 WCB
	Flotador		A-316

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.7 Válvula de alivio 2 x 3

Item	Descripción	Unidad	Requerido
1	Tipo		BRIDADA CON RESORTE
2	Clase de presión		600
3	Normas aplicables		ANSI, API
6	Condiciones de operación		
	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	°C	30
	PRESIÓN DE SERVICIO	bar	95
	PRESIÓN DE ALIVIO O APERTURA	bar	95
	Capacidad de descarga	L/s	40
	Designación de letra de orificio		T
7	Tipo de servicio		Heavy duty
8	Materiales		
	Cuerpo		ASTM A216 WCB
	Tapa		ASTM A216 WCB
	Resorte		Acero al cromo con dureza 40 HR C

Fuente: Elaboración propia

4.3 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE IMPULSIÓN

Cuadro 4.8 Bomba y Motor de la Estación de bombeo N° 1

	Descripción	Unidad	Requerido	Ofertado
Servicio	Flujo máx./min	m ³ /h	14 4/72	14 4/72
	Altura estática	m	621.85	621.85
	Perdidas	m	322.16	322.16
	Cabeza dinámica total	m	954.01	954.01
	Velocidad de la bomba	rpm		3550
	Potencia al eje	kW	522.64	519.21
	Servicio	h/día	24	24
	NPSH disponible	m	8.92	4.04
Datos de Bomba	Marca/ modelo			Ruhrpumpen / 4JTN x 10stg
	Peso	kg		1622
	Succión/ descarga (tamaño nominal)	pulg		6 / 4
	NPSH Req	m		4.04
	Diámetro impulsor: Min/Max/ suminist.	m		0.204/0.241/0.237
	Numero de etapas			10
	Tipo de impulsor			Cerrado
	Velocidad periférica de impulsor	m/min		2643.17
	Potencia/ eficiencia	kW./%		519.21 / 72.01%
	% Max. Cap./% Max cabeza (relativa o nominal)			73.24% / 98.76%
	Tipo de sello de eje			Estopero
	Tipo de empaque			No Asbestos

	Materiales: Carcaza de cada etapa Carcaza de descarga Carcaza de succión IMPULSOR IMPULSOR DE SUCCIÓN DIFUSOR ANILLO DE DESGASTE EJE PLACA BASE			A216 WCA A216 WCA A278 CL30 A278 CL30 A351 CF-3NM A278 CL30 A278 CL30 A434 Gr4140 A36
	Cojinetes: - Tipo de cojinete - Tipo de lubricación			Antifricción Aceite
Datos de Transmisión	Acoplamiento: Fab/ N° modelo Tamaño/ tipo de guarda Tipo aislado o no aislado			SKF ó similar Guardacople antichispa
Datos de motor	Fabricante			US Motors ó similar
	Potencia/ rpm/ blindaje	HP/		800 / 3550 / WP11
	Voltaje/ Hz/fase	V/Hz/F	4160/60/3	4160 / 60 / 3
	Tamaño de frame			5012 SS
	Torque de arranque			Directo de línea
	Montaje de motor			Horizontal
	Tipo de motor		Inverter duty	Inverter duty

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.9 Bomba y Motor de la Estación de bombeo N° 2

Descripción		Unidad	Requerido	Ofertado
Servicio	Flujo max/min	m ³ /h	144/72	144/72
	Altura estática	m	820.65	820.65
	Altura de perdidas	m	102.53	102.53
	Cabeza dinámica total	m	923.18	923.18
	Velocidad de la bomba	rpm		3486
	Potencia al eje	kW	505.74	499.07
	Servicio	h/día	24	24
	NPSH disponible	m	8.31	3.95
Datos de Bomba	Marca/ modelo			Ruhrpumpen / 4JTN x 10stg
	Peso	Kg		1622
	Succión/ descarga (tamaño nominal)	Pulg		6 / 4
	NPSH Req	m		3.95
	Diámetro impulsor: Min/Max/ suminist.	m		0.204/0.241/0.237
	Numero de etapas			10
	Tipo de impulsor			Cerrado
	Velocidad periférica de impulsor	m/min		2595.52
	Potencia/ eficiencia	KW./%		499.07 / 72.45%
	% Max. Cap./% Max cabeza (relativa o nominal)			74.32% / 98.76%
	Tipo de sello de eje			Estopero
	Tipo de empaque			No Asbestos

	Materiales: carcaza de cada etapa carcaza de descarga carcaza de succión impulsor impulsor de succión difusor anillo de desgaste eje placa base			A216 WCA A216 WCA A278 CL30 A278 CL30 A351 CF-3NM A278 CL30 A278 CL30 A434 Gr4140 A36
	Cojinetes: - Tipo de cojinete - Tipo de lubricación			Antifricción Aceite
Datos de Transmisión	Acoplamiento: Fab/ N° modelo Tamaño/ tipo de guarda Tipo aislado o no aislado			SKF ó similar Guardacople antichispa
Datos de motor	Fabricante			US Motors ó similar
	Potencia/ rpm/ blindaje	HP/		800/3550/WP II
	Voltaje/ Hz/fase	V/Hz/F	4160/60/3	4160 / 60 / 3
	Tamaño de frame			5012 SS
	Torque de arranque			Directo de linea
	Montaje de motor			Horizontal
	Tipo de motor		Inverter duty	Inverter duty

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.10 Bomba y Motor de la Estación de bombeo N° 3

Descripción		Unidad	Requerido	Ofertado
Servicio	Flujo max/min	m ³ /h	144/72	144/72

	Altura estática	m	713.83	713.85
	Altura de pérdidas	m	188.58	188.58
	Cabeza dinámica total	m	902.43	902.43
	Velocidad de la bomba	rpm		3453
	Potencia al eje	kW	490.90	486.39
	Servicio	h/día	24	24
	NPHS disponible	m	7.46	3.91
Datos de Bomba	Marca/ modelo			Ruhrpumpen / 4JTN x 10stg
	Peso	kg		1622
	Succión/ descarga (tamaño nominal)	pulg		6 / 4
	NPSH Req	m		3.91
	Diámetro impulsor: Min/Max/ suminist.	m		0.204/0.241/0.237
	Numero de etapas			10
	Tipo de impulsor			Cerrado
	Velocidad periférica de impulsor	m/min		2570.95
	Potencia/ eficiencia	KW./%		486.39 / 72.69%
	% Max. Cap./% Max cabeza (relativa o nominal)			75.03% / 98.76%
	Tipo de sello de eje			Estopero
	Tipo de empaque			No Asbestos
	Materiales: Carcaza de cada etapa Carcaza de descarga Carcaza de succión IMPULSOR IMPULSOR DE SUCCIÓN DIFUSOR ANILLO DE DESGASTE EJE PLACA BASE			A216 WCA A216 WCA A278 CL30 A278 CL30 A351 CF-3NM A278 CL30 A278 CL30 A434 Gr4140 A36

	Cojinetes: - Tipo de cojinete - Tipo de lubricación			Antifricción Aceite
Datos de Transmisión	Acoplamiento: Fab/ N° modelo Tamaño/ tipo de guarda Tipo aislado o no aislado			SKF ó similar Guardacople antichispa
Datos de motor	Fabricante			US Motors ó similar
	Potencia/ rpm/ blindaje	HP/		800 / 3550 / WP II
	Voltaje/ Hz/fase	V/Hz/F	4160/60/3	4160 / 60 / 3
	Tamaño de frame			5012 SS
	Torque de arranque			Directo de línea
	Montaje de motor			Horizontal
	Tipo de motor		Inverter duty	Inverter duty

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

COSTOS DE LA INSTALACIÓN

5.1 COSTO TOTAL

El costo del sistema de bombeo incluye: El Equipo de impulsión, los componentes y accesorios, la mano de obra, dirección técnica e imprevistos.

El costo del Equipo de impulsión es de acuerdo a la Cotización según Apéndice I, el metrado del sistema de bombeo, es de acuerdo a los elementos mostrados en el plano FG01 y FG02, a continuación se mostrara la obtención del Costo total del Sistema de bombeo de 03 Estaciones bombeo con un tendido de 45 750 m de tubería de diámetro nominal de 8 pulg según la selección por Diámetro económico.

CUADRO 5.1 RESUMEN DE COSTO DE EQUIPAMIENTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. \$	TOTAL \$	TOTAL S/.
			A	B	C=AxB	C=AxB
1	Suministro de Equipos de bombeo de Agua	glb	6	173 668,80	1 042 012,80	2 917 635,84
2	Tablero electrico	glb	3	40 797,24	122 391,72	342 696,82
3	Suministro de Tubería	m	45750,00	142,86	6 535 845,00	18 300 366,00
4	Suministro de Válvulas	glb		222 177,30	222 177,30	622 096,44
5	Suministro Medidor de flujo y Sensor de nivel	pza	3	4 800,00	14 400,00	40 320,00
6	Suministro de Accesorios	glb		37 740,00	37 740,00	105 672,00
7	Mano de obra				177 300,00	496 440,00
TOTAL						S/.22825227,1

Fuente: Elaboración propia

5.2 DETALLE DE LOS COSTOS

5.2.1 COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES

CUADRO 5.2 COSTO DE EQUIPO Y MATERIALES

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.		PU \$	PT \$	PT \$/.
	Tuberías				6 535 845,00	18 300 366,00
1	Tub 8" sch 80 A53-B, BBE, Seamless	45750	m	142,86	6 535 845,00	18 300 366,00
	Válvulas				222 177,30	622 096,44
1	Check 8" wafer cl 600, cuerpo A216 WCB, disco A316, asiento TFE, Contrapeso (amortiguada)	6	Unid.	1498.65	8 991,9	25 177,32
2	Compuerta 8" cl 600, bridada, cuerpo A216-WCB, disco A351 CF8M, asiento Estellita, vástago AISI 563 GR630, empaq. Grafito, Motorizada	9	Unid.	13 775	123 975,00	347 130,00
3	Compuerta 8" cl 150, bridada, cuerpo A216-WCB, disco A351 CF8M, asiento Estellita, vástago AISI 563 GR630, empaq. Grafito, Reductor	9	Unid.	3453.2	31 078,80	87 020,64
4	Ventoe 2" bridada, cl 600, cuerpo A216-WCM, flotador A316	12	Unid.	3094.3	37 131,60	103 968,48
5	Alivio 2" x 3" cl 600, bridada, 634 gpm, inox	3	Unid.	7000,00	21 000,00	58 800,00

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.		PU \$	PT \$	PT S/.
	Accesorios				37 740,00	105 672,00
1	Brida slip on, 8", RF, A105 clase 600	72	Unid.	395,00	28 440,00	79 632,00
2	Codo 8",90°,radio largo BBE A234-WPB XS SMLS	12	Unid.	50,00	600,00	1 680,00
3	Codo 8",45°,radio largo BBE A234-WPB XS SMLS	18	Unid.	50,00	900,00	2 520,00
4	Y 8" 45°, Sch 120, A234-WPB	12	Unid.	650	7 800,00	21 840,00
	Equipo de bombeo				1 042 012,80	2 917 635,84
1	Bomba centrifuga horizontal multietapas para agua accionado por motor eléctrico trifásico 800 HP, 4160 V, 60 Hz.	6	Unid.	173668,80	1 042 012,80	2 917 635,84
	Tablero electrico				122 391,72	342 696,82
1	Tablero arrancador 800 HP, 3F, 4160 V, 3600 RPM, 60Hz.	3	Unid.	40797,24	122 391,72	342 696,82
	Medidor de flujo y Sensor nivel				14 400,00	40 320,00
1	Medidor de caudal electromagnético	3	Unid.	3800,00	11 400,00	31 920,00
2	Sensor de nivel ultrasónico	3	Unid.	1000,00	3 000,00	8 400,00

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. COSTO DE MANO DE OBRA

Cuadro 5.3 Costos de Mano de Obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT. HOMBRES	P. UNITARIOS	CANT. DÍAS	PRECIOS PARCIALES	PRECIOS PARCIALES
			\$		\$	S/.
1	INGENIERO	1	200	60	12 000	33 600,00
2	CAPATAZ	1	120	60	7 200	20 160,00
3	TÉCNICO MECÁNICO	6	110	60	39 600	110 880,00

4	TÉCNICO ELECTRICISTA	2	110	60	13 200	36 960,00
5	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	1	110	30	3 300	9 240,00
6	AYUDANTES GENERALES	18	50	60	54 000	151 200,00
7	TÉCNICO ALBAÑIL	8	100	60	48 000	134 400,00
TOTAL=					177 300	496 440,00

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. DISTRIBUCION DE LOS COSTOS

Cuadro 5.4 Distribución de costos

Item	Descripción	Monto \$	Porcentaje %
1	INGENIERO	12 000	6.76
2	CAPATAZ	7 200	4.06
3	TÉCNICO MECÁNICO	39 600	22.33
4	TÉCNICO ELECTRICISTA	13 200	7.45
5	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	3 300	1.86
6	AYUDANTES GENERALES	54 000	30.45
7	TÉCNICO ALBAÑIL	48 000	27.07

Fuente: Elaboración propia

Igualmente se obtendrá el costo total del sistema con tres estaciones de bombeo con tuberías de diámetros de 6 pulg., 8 pulg., 10 pulg., y 12 pulg., dichos valores obtenidos se mostrara en la siguiente Tabla N° 5.1.

Tabla 5.1. Costo instalación / costo total para el caso de 03 estaciones de bombeo

TABLA 5.1 COSTO INSTALACION / COSTO TOTAL PARA EL CASO DE 03 ESTACIONES DE BOMBEO

3	Estaciones de bombeo
3	Bombas funcionando
3	Bombas stand by
6	Total de equipos de bombeo

DIÁMETRO Tubería DN	LONGITUD tubería en c/estación L	COSTO unitario tubería Cu	POTENCIA Motor comercial de cada bomba	COSTO UNITARIO Bomba-Motor-Arrancador CB	COSTO Total equipos bombeo CE	COSTO Total de Tuberías CTU= Lt. Cu	COSTO Total Accesorios CA	COSTO Mano de Obra MO	COSTO TOTAL CT CE+CTU+CA+MO
Pulg	m	S / m	HP	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
6	15250	223.89	1500	2037708.0	6113123.86	10242876.00	654756.48	283665.37	17294421.71
8	15250	400.01	800	1086777.6	3260332.72	18300366.00	768088.44	496440.00	22825227.16
10	15250	606.70	700	950930.4	2852791.13	27756708.00	897348.48	745865.09	32252712.70
12	15250	802.70	600	815083.2	2445249.54	36723708.00	1086768.48	984206.70	41239932.73

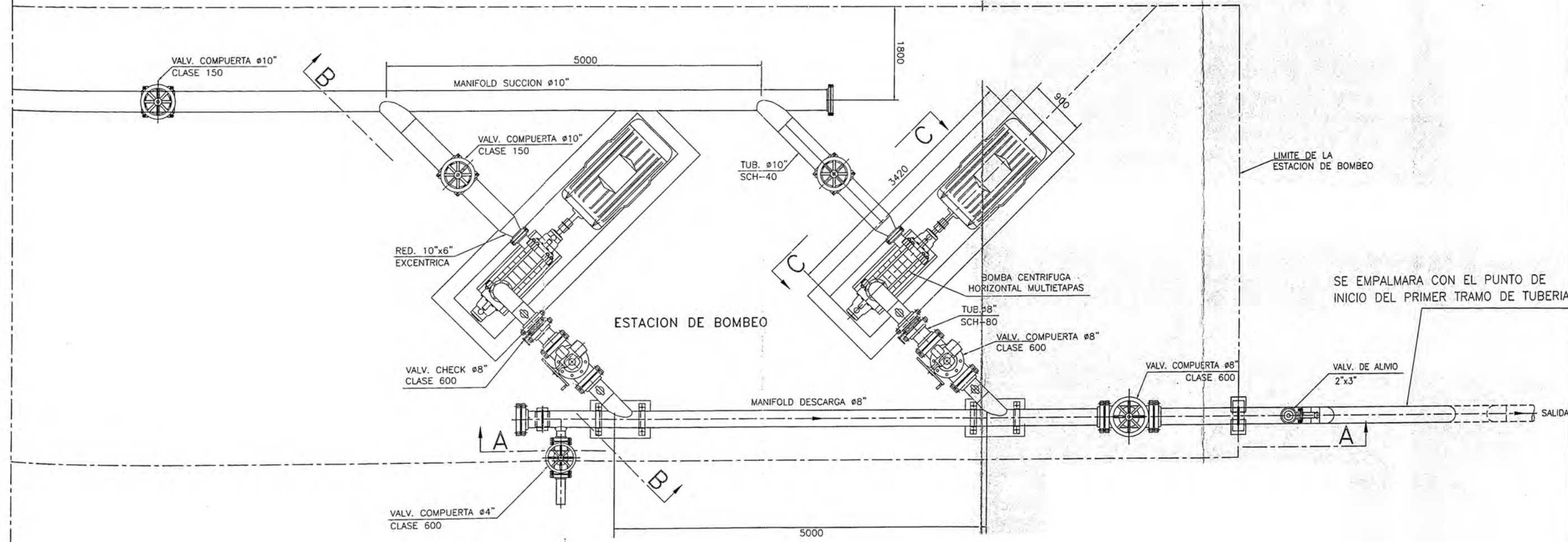
Sistema de bombeo Tubería Sch 80	Resultado Motor NO comercial (HP)	Seleccionar Motor comercial (HP)	Costo unitario Tubería (Cu) US\$ / m		1 estación bombeo Cantidad	03 estaciones Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$	
Ø 6"	1076.161	1500	79.96	Tubería Ø 6"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 1500HP/4160V	1	3	727752.8	2183258.52
Ø 8"	670.926	800	142.86	Tubería Ø 8"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 800HP/4160V	1	3	388134.8	1164404.54
Ø 10"	576.572	700	216.68	Tubería Ø 10"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 700HP/4160V	1	3	339618.0	1018853.98
Ø 12"	547.152	600	286.68	Tubería Ø 12"	2 Bombas + 2 Motores + 1 Tablero arrancador 600HP/4160V	1	3	291101.1	873303.41
				Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 6" CL 600 motorizada	3	9	12,600.00	113400
					Valv. Compuerta 6" CL 150	3	9	2,500.00	22500
					Valv. Check 6" CL 600	2	6	1,050.00	6300
					Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
					Y45° de 6" y Codos 90°	4	12	460.00	5520
					Codos 45°	6	18	35.00	630
					Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	10,600.00	31800
					Bridas slip on	24	72	230	16560
					Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				233841.6
Usaremos Motores Comerciales HP	Motores Comerciales kW	Costo unitario Arrancador (\$/kW)	Costo unitario Bomba-motor (\$/kW)	Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 8" CL 600 motorizada	3	9	13,775.00	123975
1500	1119	68.36	291		Valv. Compuerta 8" CL 150	3	9	3,453.20	31078.8
800	596.8	68.36	291		Valv. Check 8" CL 600	2	6	1498.65	8991.9
700	522.2	68.36	291		Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
600	447.6	68.36	291		Y45° de 8" y Codos 90°	4	12	700.00	8400
					Codos 45°	6	18	50.00	900
					Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	11,800.00	35400
					Bridas slip on	24	72	395	28440
					Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				274317.3
DESCRIPCIÓN	CANT. HOMBRES	P. UNITARIOS (\$)	CANT. DÍAS	Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 10" CL 600 motorizada	3	9	15,500.00	139500
Ingeniero	1	200	60		Valv. Compuerta 10" CL 150	3	9	5,000.00	45000
Capataz	1	120	60		Valv. Check 10" CL 600	2	6	3000.00	18000
Técnico mecánico	6	110	60		Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
Electricista	2	110	60		Y45° de 10" y Codos 90°	4	12	815.00	9780
Instrumentista	1	110	30		Codos 45°	6	18	65	1170
Ayudantes general	18	50	60		Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	12,500.00	37500
Técnico albañil	8	100	60		Bridas slip on	24	72	450	32400
					Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				320481.60
				Válvulas, accesorios, medidor de flujo y sensor de nivel	Valv. Compuerta 12" CL 600 motorizada	3	9	18,000.00	162000
					Valv. Compuerta 12" CL 150	3	9	7,500.00	67500
					Valv. Check 12" CL 600	2	6	4300.00	25800
					Valv. Venteo	4	12	3,094.30	37131.6
					Y45° de 12" y Codos 90°	4	12	930.00	11160
					Codos 45°	6	18	80.00	1440
					Válvula alivio, Caudalimetro y Sensor de nivel	1	3	14,500.00	43500
					Bridas slip on	24	72	550.00	39600
					Costo válvulas, accesorios, medidor flujo y sensor de nivel =				388131.60

CONCLUSIONES

1. Debido al requerimiento de resistencia mecánica de las tuberías por la presión que genera la altura que debe soportar, se determinó el uso de tres estaciones de bombeo: la primera estación a 85 m.s.n.m., la segunda a 803 m.s.n.m. y la tercera estación a 1 522 m.s.n.m.
2. Las tuberías a lo largo de toda la trayectoria de descarga es de diámetro nominal de 8 pulg. y NR de 80. A través de esta tubería se impulsa un caudal de 3 450 m³/d, igual que el que se requiere que es de 3 450 m³/d.
3. En cada estación de bombeo se han especificado 02 bombas de 420 kw cada una y 02 motores de 597 kw respectivamente. Esto para facilidades de mantenimiento.

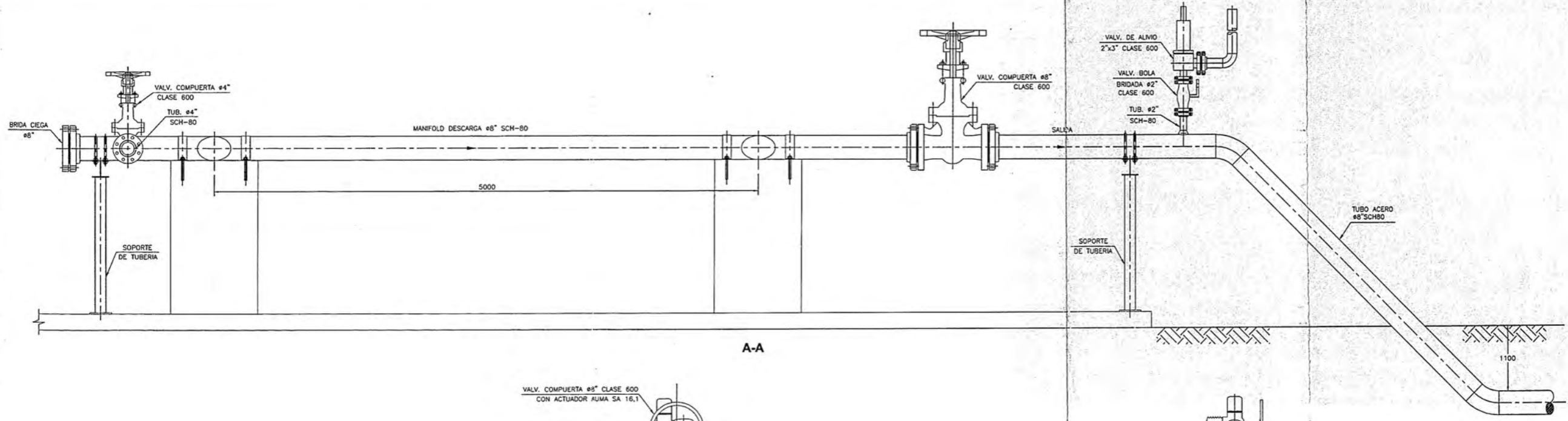
BIBLIOGRAFÍA

1. Mecánica de fluidos
Sexta Edición, Robert L. Mott
2. Bombas selección, uso y mantenimiento.
Kenneth Mc Naughton
3. Hidráulica de tuberías
Juan Saldarriaga
4. Mecánica de fluidos
Irving H. Shames
5. Curso de cañerías industriales (PIPING)
Fernando Golzman
6. Manual de bombas
Igor J. Karassik
7. Mecánica de fluidos y Maquinas hidráulicas
Claudio Mataix

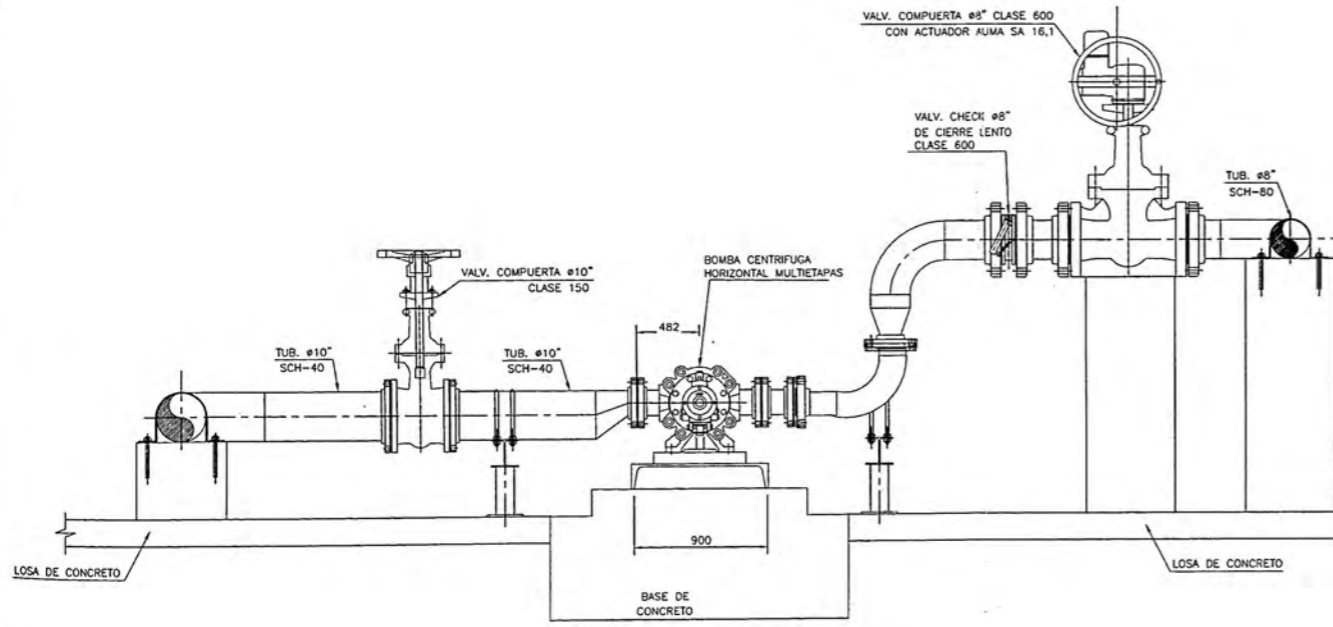


PLANTA

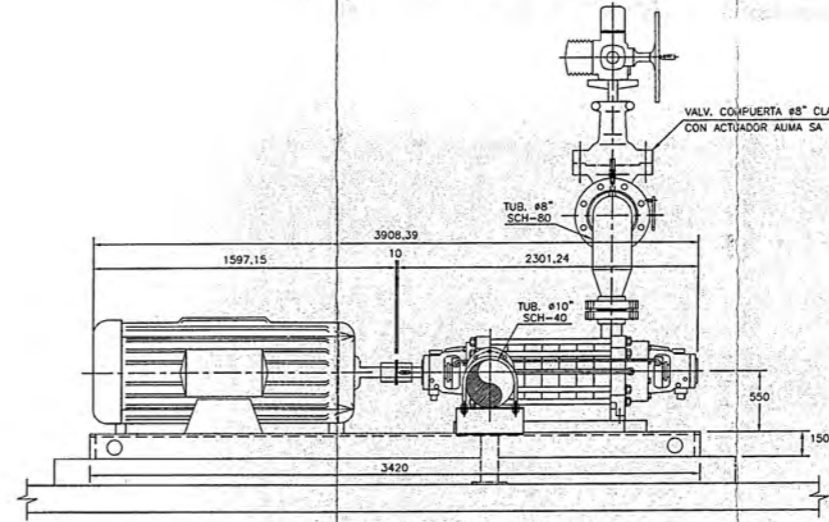
0					
1					
2					
REV.					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
PLANO DE PLANTA				PLANO FG01	
AREA ESTACION DE BOMBEO					



A-A



B-B



C-C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
PLANO DE ELEVACION Y DISTRIBUCION EN PLANTA			PLANO FG02	
AREA ESTACION DE BOMBEO		Diseño: F GONZALES	Aprobado: F GONZALES	Fecha: 30/09/08

PLANOS

PLANO FG01- PLANO DE PLANTA

PLANO FG02-PLANO DE ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

APÉNDICE

APÉNDICE A: CONDICIONES DEL SITIO.

APÉNDICE B: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA.

APÉNDICE C: DIMENSIONES DE TUBERÍA DE ACERO SIN COSTURA

APÉNDICE D: BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL MULTITETAPAS.

APÉNDICE E: MOTOR HORIZONTAL AC.

APÉNDICE F: REQUERIMIENTO DE LA CIA. MINERA MILPO.

APÉNDICE G: EL AGUA QUE PROVIENE DE LA PLANTA DESALINIZADORA.

APÉNDICE H: VELOCIDADES RECOMENDABLES.

APÉNDICE I: COTIZACIÓN DEL EQUIPO DE IMPULSIÓN.

APÉNDICE J: LONGITUDES EQUIVALENTES DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS.

APÉNDICE K: PRESIÓN DE PRUEBA EN TUBERÍA DE ACERO Y SIN COSTURA.

APÉNDICE L: CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO.

APÉNDICE M: SISTEMA DE SELECCIÓN DE BOMBA DE AGUA, GPS.

APÉNDICE N: ESFUERZO PERMISIBLE DEL MATERIAL DE TUBERÍA.


APÉNDICE O: FACTOR DE CALIDAD DE JUNTA DE TUBERÍA.

APÉNDICE P: COEFICIENTE DE CORRECCIÓN DEL MATERIAL.

APÉNDICE Q: TOLERANCIAS POR CORROSIÓN Y EROSIÓN.

APÉNDICE R: TOLERANCIA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA.

Apéndice A: Condiciones del sitio.

	Condiciones del Sitio y Estándares Mecánicos y Eléctricos	Revisión	
		Nº	Fecha
		A	04 Abril 2006

1.0 GENERAL

La información proporcionada aquí establece los criterios de diseño mínimos para el suministro de equipos, dimensionamiento de componentes y selección de materiales. En caso de contradicción entre las estipulaciones contenidas aquí y las Especificaciones Técnicas de las cuales ésta forma parte, prevalecerá lo indicado en la Especificación Técnica.

2.0 CÓDIGOS Y NORMAS.

El diseño de los equipos, sistemas de cañerías, cableados, aceros estructurales, concretos y materiales cumplirán con la edición aplicable más reciente de los Códigos y Normas indicadas en la Especificaciones Técnicas

El diseño también estará en concordancia con los requisitos de todas las leyes, ordenanzas y reglamentos de Perú

En caso de conflicto entre códigos y normas, se aplicará la más estricta.

3.0 UBICACIÓN DEL SITIO

El sitio del proyecto se ubica:

País: Perú
 Distrito: Chavin
 Provincia: Chicha
 Departamento: ICA
 Ciudad cercana: Chincha

A 80 km. al este de Chincha a una altitud de 2125 a 2154 m.s.n.m.

La Planta de Procesos ubicado en la zona de Pahuaypite de 2154 msnm,

La bocamina de acceso se encuentra a una Altura de 1820msnm

La planta desaladora de ubicará a una altura de 85 msnm aproximadamente a 400 mts de la playa

4.0 CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura entre 10° a 30° C
 Viento 75 km/h máxima dirección de sur oeste a nor este
 Evaporación promedio anual 3.2 mm/a
 Humedad Relativa de 30% a 70%
 Aceleración Sísmica 0.3 g

5.0 SERVICIOS

Servicios de Aire de Instrumentación 7 kg/cm²

Energía Eléctrica Disponible

10,000 V 3 fases 60 Hz.	Distribución primaria
4160 V 3 fases 60 Hz.	Distribución primaria
480 V 3 fases 60 Hz	Distribución secundaria
230 V 1 fases 60 Hz	Alumbrado y TC

6.0 MOTORES ELÉCTRICOS

Los voltajes nominales y de control de los motores serán los siguientes:

Sobre 200 HP	<u>4160</u>	V, trifásico, 60 Hz
½ a 200 HP	<u>460</u>	V, trifásico, 60 Hz
Menos de ½ HP	<u>220</u>	V, 1 fase, 60 Hz
Voltaje de control	<u>120</u>	V, 1 fase, 60 Hz

Los motores deberán ser adecuados para operar con voltaje nominal a régimen de plena carga bajo las condiciones ambientales especificadas aquí. Los motores de inducción de jaula de ardillas para equipos de procesos, deberán ser adecuados para operar en plantas industriales y en procesos químicos. Los motores deberán tener cojinetes antifricción.

Todos los motores de inducción de 460 V deberán estar diseñados para arranque a plena tensión, los motores mayores de 40 HP deben ser arrancados a tensión reducida, excepto donde se indique lo contrario. El tipo de motor será definido en forma individual para accionamientos que requieran control de torque de partida o control de velocidad. Los motores menores de 0.37 kW tendrán arranque de condensadores para un alto torque o arranque con bobina de fase dividida cuando se requiere torque de arranque normal.

En general, los bastidores y soportes de estatores como las cubiertas de ventiladores serán de hierro fundido.

Los tipos de alojamientos se determinarán mediante el grado de exposición al polvo y humedad, generalmente como sigue:

Motores menores ó iguales a 1.1 kW : TEFC o TENV
 Motores de 1.5 a 132 kW : TEFC
 Motores mayores de 132 kW, intemperie o interior húmedo : TEFC o WP-II con bobinas selladas y revestimiento resistente a la abrasión

El aislamiento en motores de 460 V será de Clase F con aumento de temperatura Clase B. El factor de servicio normalmente será 1.15 a la elevación de la planta. Todos los motores de 4160 V tendrán aislamiento de Clase F con aumento de temperatura Clase B y factor de servicio de 1.0.

Se suministrarán calefactores para todos los motores de 22 kW y mayores instalados a la intemperie y para todos los motores de 132 kW y más instalados en interiores.

Todos los motores de 0.75 kW a 132 kW deberán ser del tipo alta eficiencia.

7.0 CONTROLES ELÉCTRICOS

En general, los equipos mecánicos serán suministrados por el fabricante sin arrancador de motores, excepto cuando los arrancadores o controladores formen parte integral de los equipos suministrados por el fabricante. Todos los elementos de control suministrados por el fabricante de los equipos vendrán montados en gabinetes herméticos sellados con empaquetaduras a prueba del polvo y chorreos de agua. Los bloques de terminales serán suministrados en tableros armados y cableados en fábrica para conexiones internas y remotas. Cada extremo de los conductores deberá estar dotado de una marca del tipo de manga de vinilo termocontraíble con su número de identificación.

Apéndice B: Propiedades física del agua.

Temperatura, °C	Densidad ρ , kg / m ³	Viscosidad μ , (N · s / m ²) × 10 ⁻³	Viscosidad cinemática ν , m ² / s × 10 ⁻⁶	Módulo de elasticidad volumétrica κ , Pa × 10 ⁷	Tensión superficial σ , N / m × 10 ⁻²	Presión de vapor, Pa
0	999.9	1.792	1.792	204	7.62	588
5	1000.0	1.519	1.519	206	7.54	882
10	999.7	1.308	1.308	211	7.48	1,176
15	999.1	1.140	1.141	214	7.41	1,666
20	998.2	1.005	1.007	220	7.36	2,447
30	995.7	0.801	0.804	223	7.18	4,297
40	992.2	0.656	0.661	227	7.01	7,400
50	988.1	0.549	0.556	230	6.82	12,220
60	983.2	0.469	0.477	228	6.68	19,600
70	977.8	0.406	0.415	225	6.50	30,700
80	971.8	0.357	0.367	221	6.30	46,400
90	965.3	0.317	0.328	216	6.12	68,200
100	958.4	0.284	0.296	207	5.94	97,500

Fuente: Irving H. Shames, Mecánica de fluidos.

Apéndice C: Dimensiones de tubería de acero sin costura.

Diámetro nominal	Cédula	Diámetro exterior	Espesor de pared	Diámetro interior	Área interna	Diámetro interior	Área interna	e/D $e = 0.00015$ pie		
Pulgadas		Pulgadas	Pulgadas	Pulgadas	Pulgadas ²	Pies	Pies ²			
5	40 (S)	5.563	0.258	5.047	20.01	0.4206	0.1389	0.000357		
	80 (X)		0.375	4.813	18.19	0.4011	0.1263	0.000374		
	120		0.500	4.563	16.95	0.3803	0.1136	0.000394		
	160		0.625	4.313	14.61	0.3594	0.1015	0.000417		
	(XX)		0.750	4.063	12.97	0.3386	0.09004	0.000443		
6	40 (S)	6.625	0.280	6.065	28.89	0.5054	0.2006	0.000293		
	80 (X)		0.432	5.761	26.07	0.4801	0.1810	0.000312		
	120		0.562	5.501	23.77	0.4584	0.1650	0.000327		
	160		0.719	5.187	21.13	0.4323	0.1467	0.000347		
	(XX)		0.864	4.897	18.83	0.4081	0.1308	0.000368		
8	20	8.625	0.250	8.125	61.85	0.6771	0.3601	0.000222		
	30		0.277	8.071	51.16	0.6726	0.3553	0.000223		
	40 (S)		0.322	7.981	50.03	0.6651	0.3474	0.000226		
	60		0.406	7.813	47.94	0.6511	0.3329	0.000230		
	80 (X)		0.500	7.625	45.66	0.6354	0.3171	0.000236		
	100		0.594	7.437	43.44	0.6198	0.3017	0.000242		
	120		0.719	7.187	40.57	0.5989	0.2817	0.000250		
	140		0.812	7.001	38.50	0.5834	0.2673	0.000257		
	160		0.875	6.875	37.12	0.5729	0.2678	0.000262		
	(XX)		0.906	6.813	36.46	0.5678	0.2632	0.000264		
	10		20	10.75	0.250	10.250	82.52	0.85417	0.5730	0.000176
30		0.307	10.186		80.69	0.84467	0.5604	0.000178		
40 (S)		0.365	10.020		78.86	0.83500	0.5476	0.000180		
60 (X)		0.500	9.750		74.66	0.8125	0.5185	0.000185		
80		0.594	9.562		71.81	0.7968	0.4987	0.000188		
100		0.719	9.312		68.11	0.7760	0.4730	0.000193		
120		0.844	9.062		64.50	0.7552	0.4479	0.000199		
140 (XX)		1.000	8.750		60.13	0.7292	0.4178	0.000206		
160		1.125	8.500		56.75	0.7083	0.3941	0.000212		
12		20	12.75		0.250	12.250	117.86	1.0208	0.8185	0.000147
		30			0.330	12.090	114.80	1.0075	0.7972	0.000149
	40 (S)	0.375		12.000	113.10	1.0000	0.7854	0.000150		
	60 (X)	0.406		11.938	111.93	0.99483	0.7773	0.000151		
	80	0.500		11.750	108.43	0.97917	0.7530	0.000153		
	100	0.562		11.626	106.16	0.96883	0.7372	0.000155		
	120	0.688		11.374	101.61	0.94783	0.7056	0.000158		
	140 (XX)	0.844		11.062	96.11	0.92183	0.6674	0.000163		
	160	1.000		10.750	90.76	0.89583	0.6303	0.000167		
	(XX)	1.125		10.500	88.59	0.87500	0.6013	0.000171		
	160	1.312		10.126	80.53	0.84383	0.5592	0.000178		
14 OD	10	14.00	0.250	13.500	143.14	1.1250	0.9940	0.000138		
	20		0.312	13.376	140.52	1.1147	0.9758	0.000135		
	30 (S)		0.375	13.250	137.89	1.1042	0.9575	0.000136		
	40		0.438	13.124	135.28	1.0937	0.9394	0.000137		
	60 (X)		0.500	13.000	132.67	1.0833	0.9213	0.000138		
	80		0.594	12.812	128.92	1.0677	0.8953	0.000140		
	100		0.750	12.500	122.72	1.0417	0.8522	0.000144		
	120		0.938	12.124	115.45	1.0104	0.8017	0.000148		
	140		1.094	11.812	109.58	0.98433	0.7610	0.000152		
	160		1.250	11.500	103.87	0.95833	0.7213	0.000157		
	(XX)		1.408	11.188	98.31	0.93233	0.6827	0.000161		

S = Espesor de pared, designación anterior "peso normal".

X = Espesor de pared, designación anterior "extra fuerte".

XX = Espesor de pared, designación anterior "doble, extra fuerte".

Nota: Extractada de American Standard Wrought Steel and Wrought Iron Pipe, (ASA B36.10-1959) con permiso de los editores American Society of Mechanical Engineers (ASME).

Los espesores de pared en decimales para tubo de hierro forjado soldado, pueden variar ligeramente en relación con la tabla. Para un listado completo de todas las cédulas, consultar ASA B36.10-1959.

Fuente: Karassik, Manual de bombas.



J T N

**Heavy Duty, Multi-stage,
API 610 Process Pump**



JTN

Process Pump

For over 50 years the name Ruhrpumpen has been synonymous worldwide with innovation and reliability for pumping technology.

The pumps of the JTN model are heavy-duty centrifugal pumps for universal applications.

The pumps meet the stringent specifications of API Standard 610 and reflect the many years of our experience in the design, manufacture, quality assurance and operation of process pumps under heavy duty conditions. These pumps also complies with the requirements specified in ISO 9905.

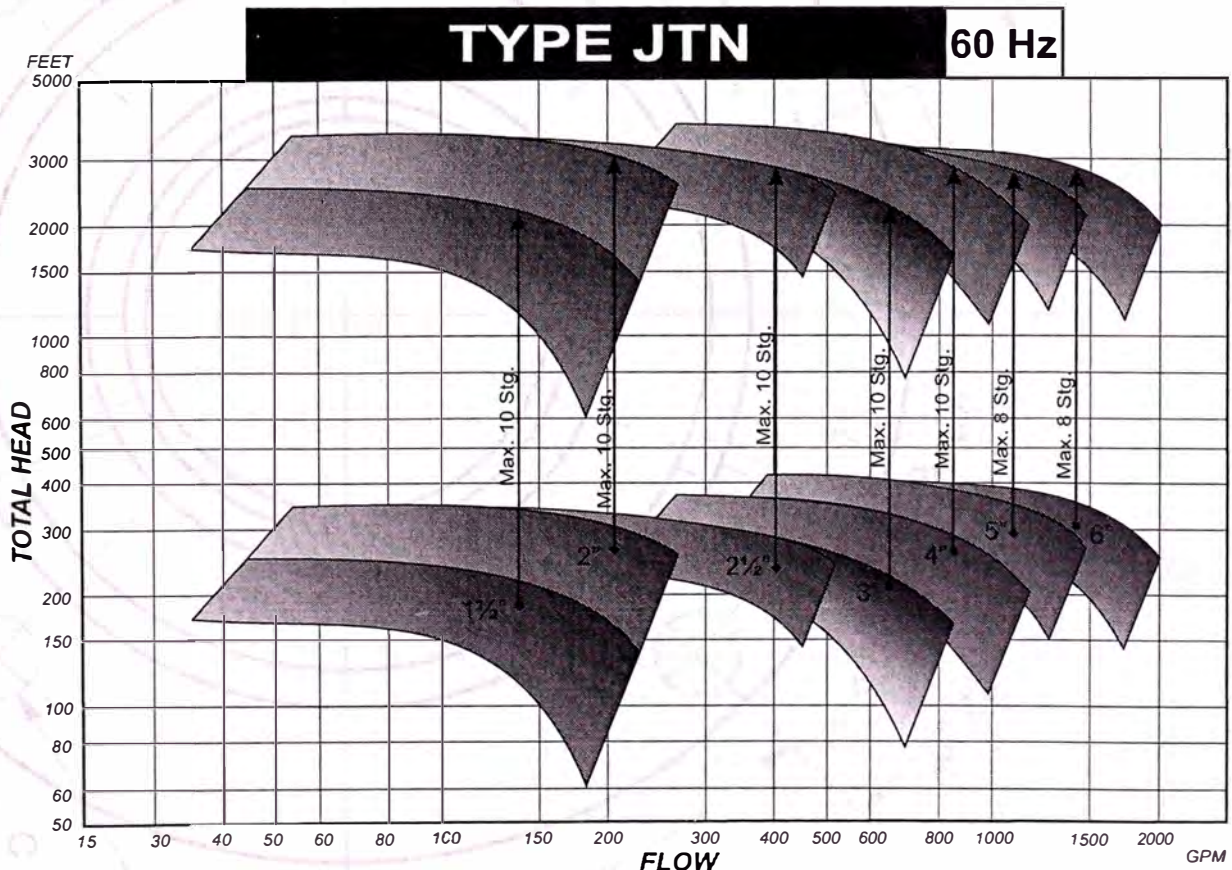
Qualified specialists in all departments ensure the pumps and equipment from our facilities are able to operate under the most severe conditions.

Intensive research and development ensures the products of Ruhrpumpen are continuously improved to meet the latest technical requirements.

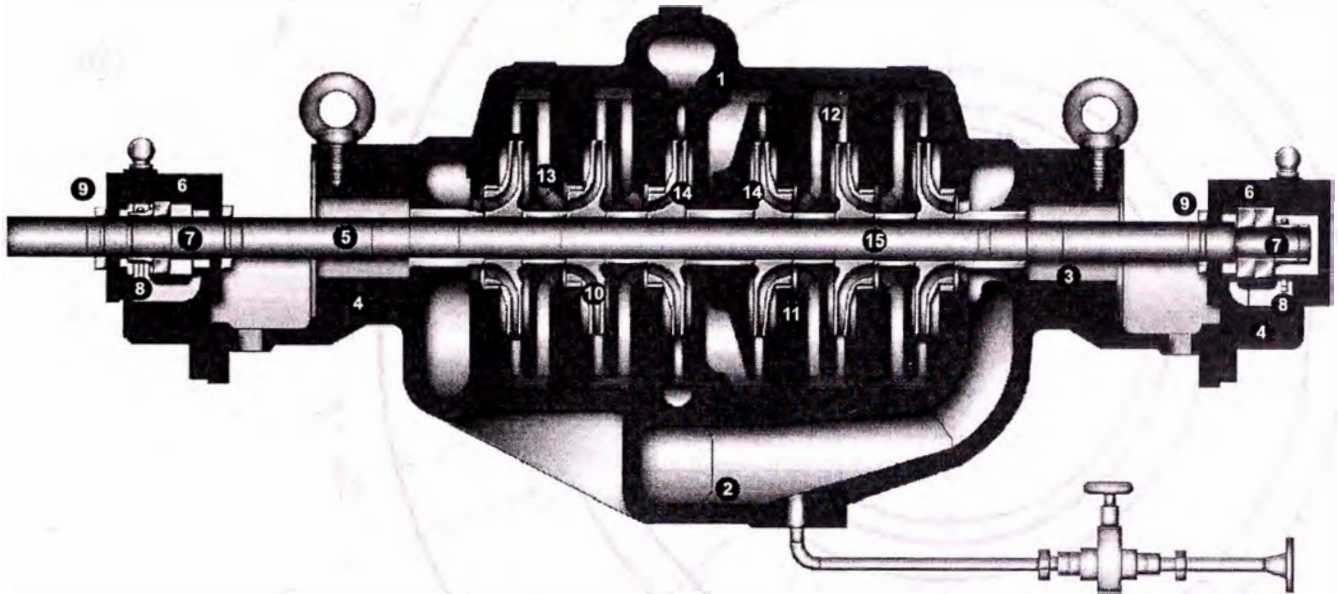
It is only possible to achieve these aims by means of highly sophisticated CNC controlled machines in our modern machine shop, supplemented by our test and development departments as well as the latest industry standard inspection and control procedures. All in our ISO 9001 certified facilities.

The application of modern, reliable methods, data processing and sophisticated software with high performance, state of the art IT offers our customers high reliability and speed in all working processes, from planning and production to the providing of spare parts.

The instant availability of spare parts, together with first class service, ensures customers that they have selected the right partner.



Fully API 610 Compliant



- ❶ Casing with foot support near the centerline.
- ❷ All applicable branch flange connections available. Flange connection sizes to ANSI B 16.5.
- ❸ Ample dimensioned shaft sealing chamber for housing all commercial mechanical seal designs.
- ❹ Alternatively, cooling of the shaft sealing chambers and bearing housings can also be provided, including all necessary piping connections.
- ❺ Shaft deflection less than 0.03 mm in the area of the mechanical seal due to the ample pump shaft dimensions and the balancing of the hydrodynamic radial loads.
- ❻ Single-piece bearing housing, air cooled. Alternatively, cooling by integrally cast cooling channels with external piping connections for cooling water pipes according to API 610, Annex D.
- ❼ Anti-friction bearings with a service life of more than 25,000 h even under arduous conditions.
- ❽ Oil supply to anti-friction bearings by lubricating rings, automatic monitoring of oil level by constant level oiler.
- ❾ Wear-free labyrinth seals oil return bores, alternatively radial sealing rings.
- ❿ Impellers with a high accuracy of shape and excellent surface finish, resulting in high efficiencies and low NPSH values.
- ⓫ Exchangeable impeller and case wear rings. Clearances according to API 610.
- ⓬ One piece diffusers ensure proper balancing of the radial forces and thus help to reduce the bearing load.

Product Description

- [Horizontal arrangement.
- [Axially split casing.
- [Modular design system.
- [Multi-stage, single entry.
- [Near centerline support.
- [Impellers arranged in opposed groups.
- [API 610.

Broad Application Range

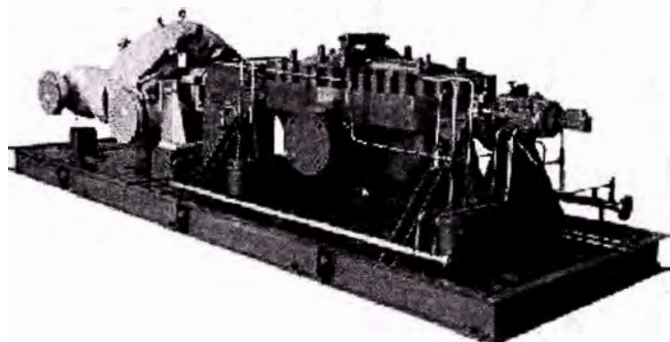
- [Refineries.
- [Oil fields.
- [Petrochemical plants.
- [Chemical plants.

Performance Data

Capacity	Q 10 to 480 m ³ /h	44 to 2100 gpm
Head	H 100 to 1200 m	325 to 3900 ft
Discharge flange size	1 1/2" to 6"	
Max. Pressure	133 kg/cm ²	1880 psig
Temperature	to 205C	400F

- ❿ Exchangeable interstage bushings. Clearances according to API 610.
- ⓫ Balancing of the axial forces by opposed arrangement of the impellers in groups.
- ⓬ Low-vibration operation due to dynamic balancing both of the individual impellers and the complete rotor.

API Line
Horizontal Process Pumps Multistage



Horizontal Process Pumps Multi Stage

CHARACTERISTICS

- ✓ Axially split, horizontal multi-stage centrifugal pump.
- ✓ Near-centerline mounted.
- ✓ Diffuser casing.
- ✓ Single suction, radial, closed impeller.
- ✓ Thrust compensation by opposed impeller groups.
- ✓ Side-Side nozzle arrangement.
- ✓ Materials of construction per API 610. Other materials on special request.

DESIGN FEATURES

- ✓ Heavy duty process design according to API 610 latest edition.
- ✓ API pump type BB3.
- ✓ Ring oil lubrication. Other methods of lubrication available.
- ✓ Replaceable wear rings for casing and impeller.
- ✓ Fan cooling available.

APPLICATIONS

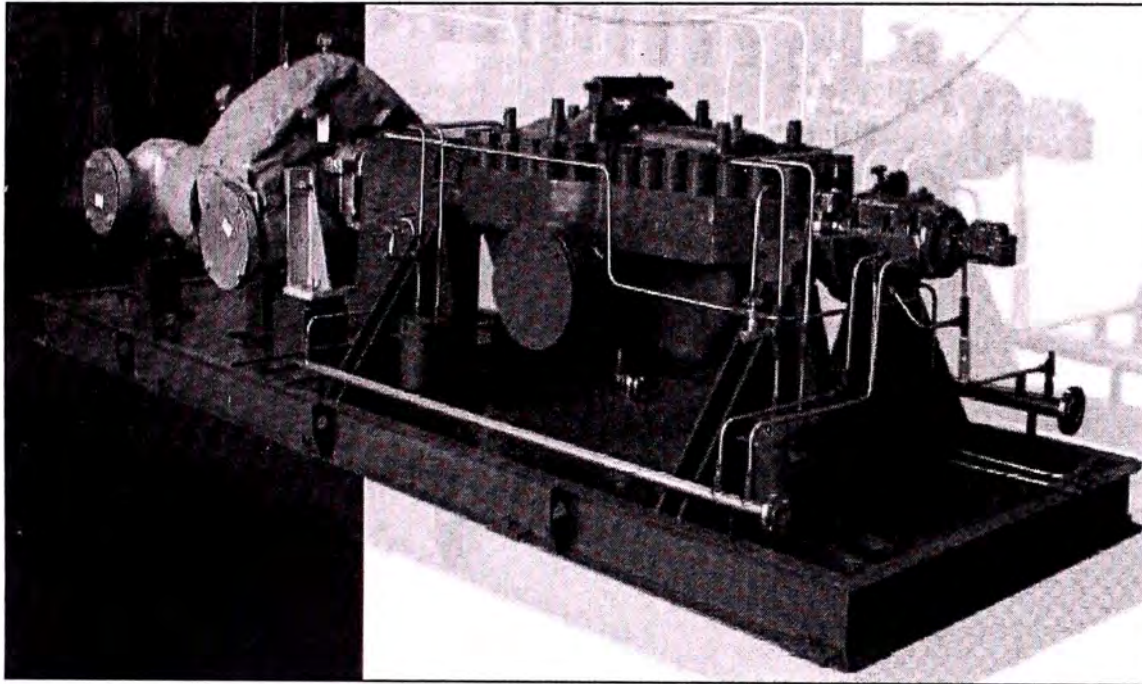
- ✓ Refineries.
- ✓ Oil Fields.
- ✓ Petrochemical Plants.
- ✓ Chemical Plants.
- ✓ Power Plants.

OPERATION LIMITS

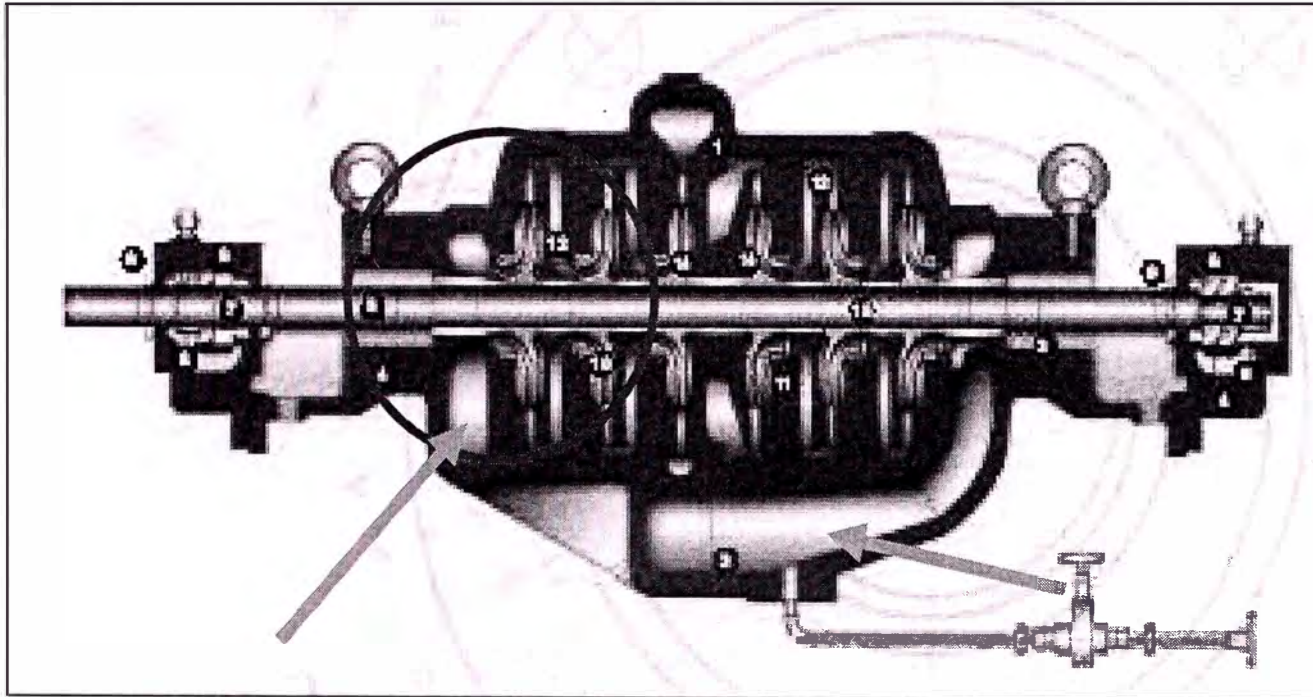
- ✓ Capacity 10 to 350 m³/h (44 to 1,540 U.S. gpm).
- ✓ Head 100 to 1,000 m (325 to 3,280 ft).
- ✓ Discharge flange size 1 1/2" to 6".
- ✓ Max. Pressure 133 kg/cm² (1,880 psi).
- ✓ Temperature 205°C (400°F).

RUHRPUMPEN NOMENCLATURE

- ✓ JTN

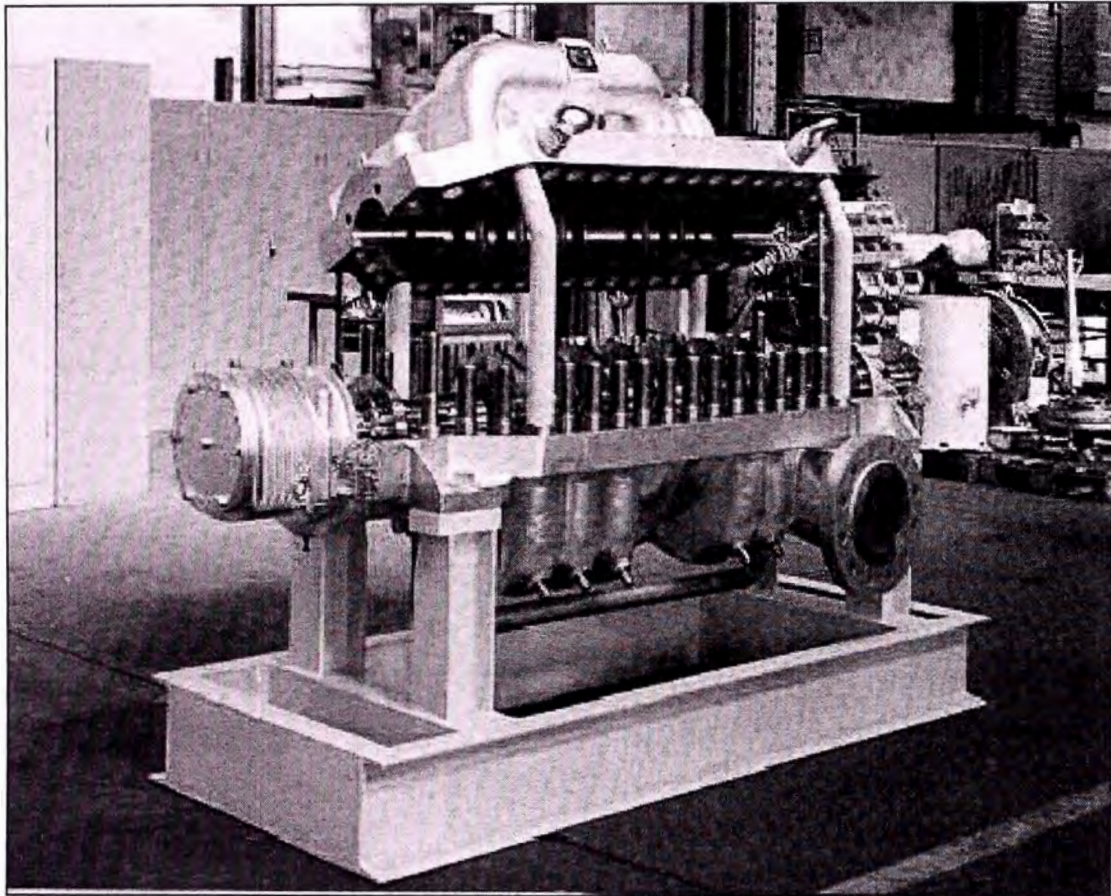


- Multietapas
- Servicio pesado
- Carcaza de Partición Axial
- Montaje horizontal
- Diseñada de acuerdo al A.P.I. - 610



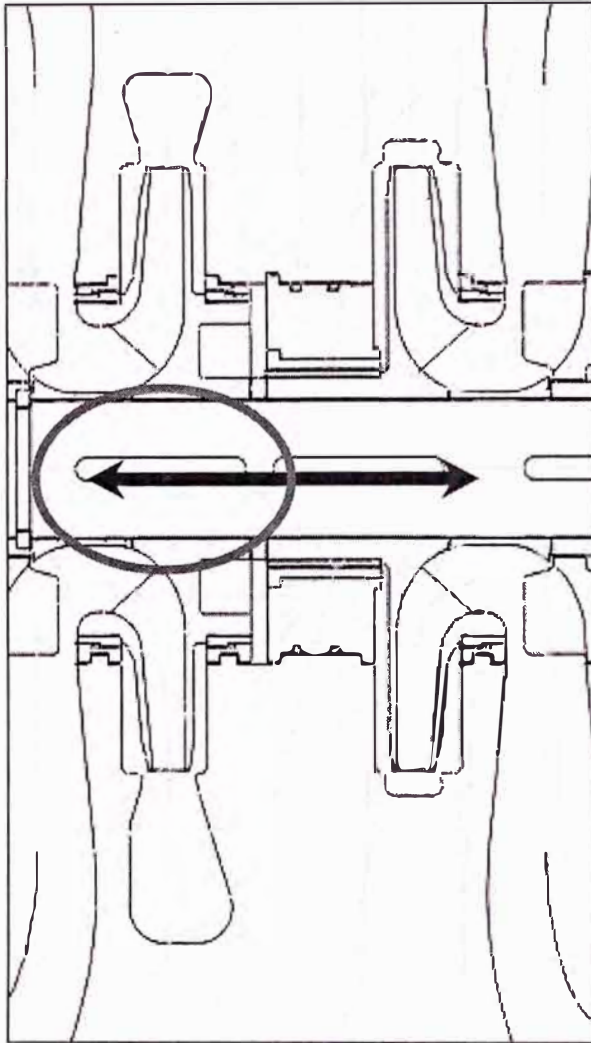
- Impulsores cerrados de flujo radial para Máxima Eficiencia.
- Grandes conductos para el fluido que reducen pérdidas internas

Características de la Carcaza



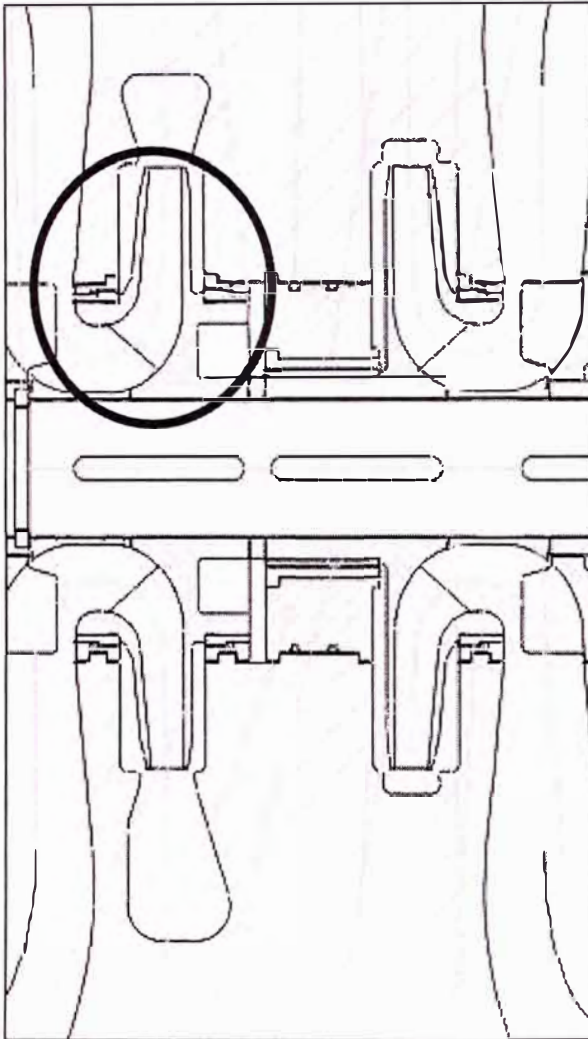
- Carcaza de partición axial para facilitar inspección y mantenimiento.
- Diseño robusto para soportar grandes presiones de descarga.
- 1/8" adicional en espesor de carcaza como seguridad contra corrosión.

Características de los Impulsores

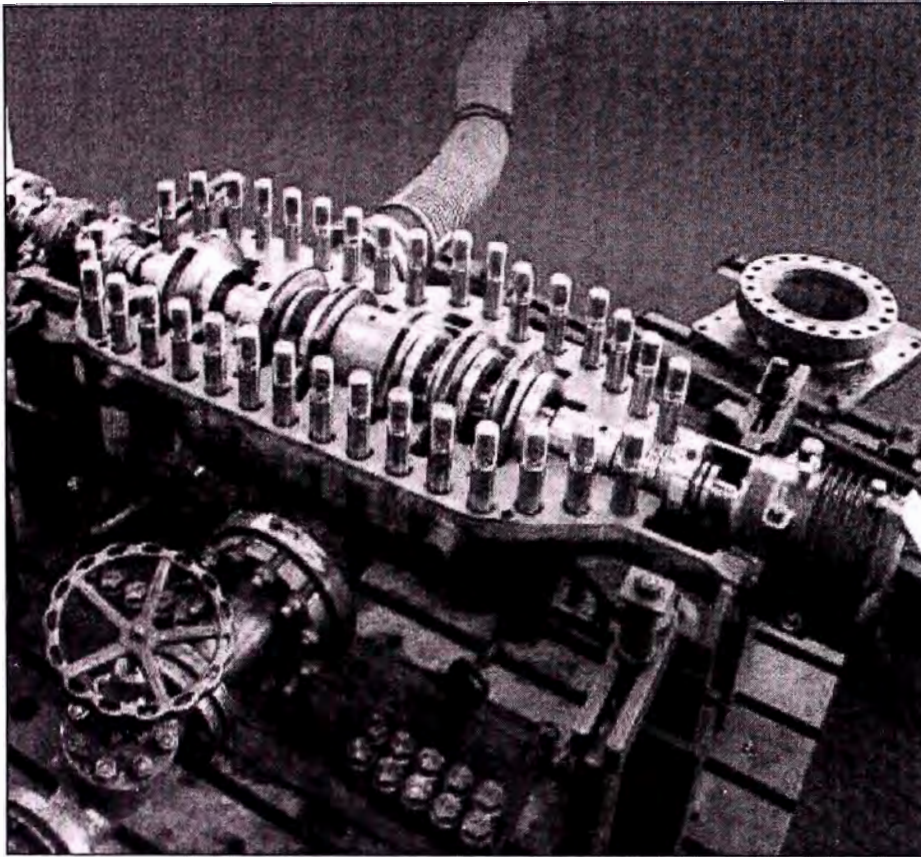


- Colocados en posiciones opuestas para minimizar la carga axial.
- Asegurados independientemente al eje por medio de chavetas.

Características de los Impulsores

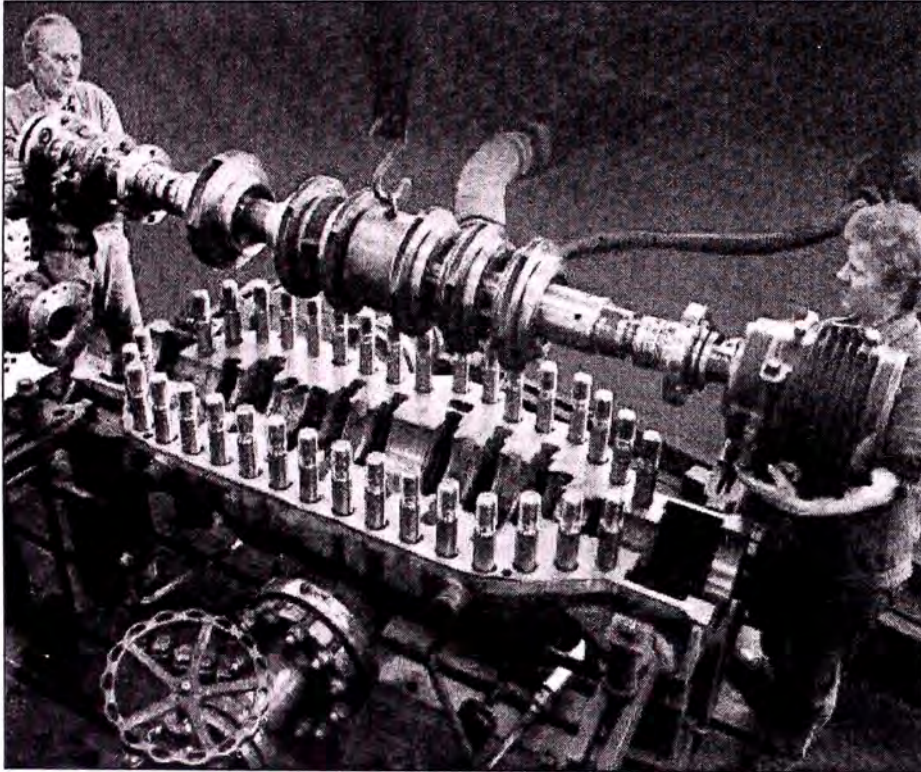


- Anillos de desgaste reemplazables de impulsor y carcasa por el frente y la parte posterior que protege de daños a las partes mas costosas del equipo.
- Impulsores pulidos internamente con nuestro patentado sistema de limpieza para obtener eficiencia óptima.



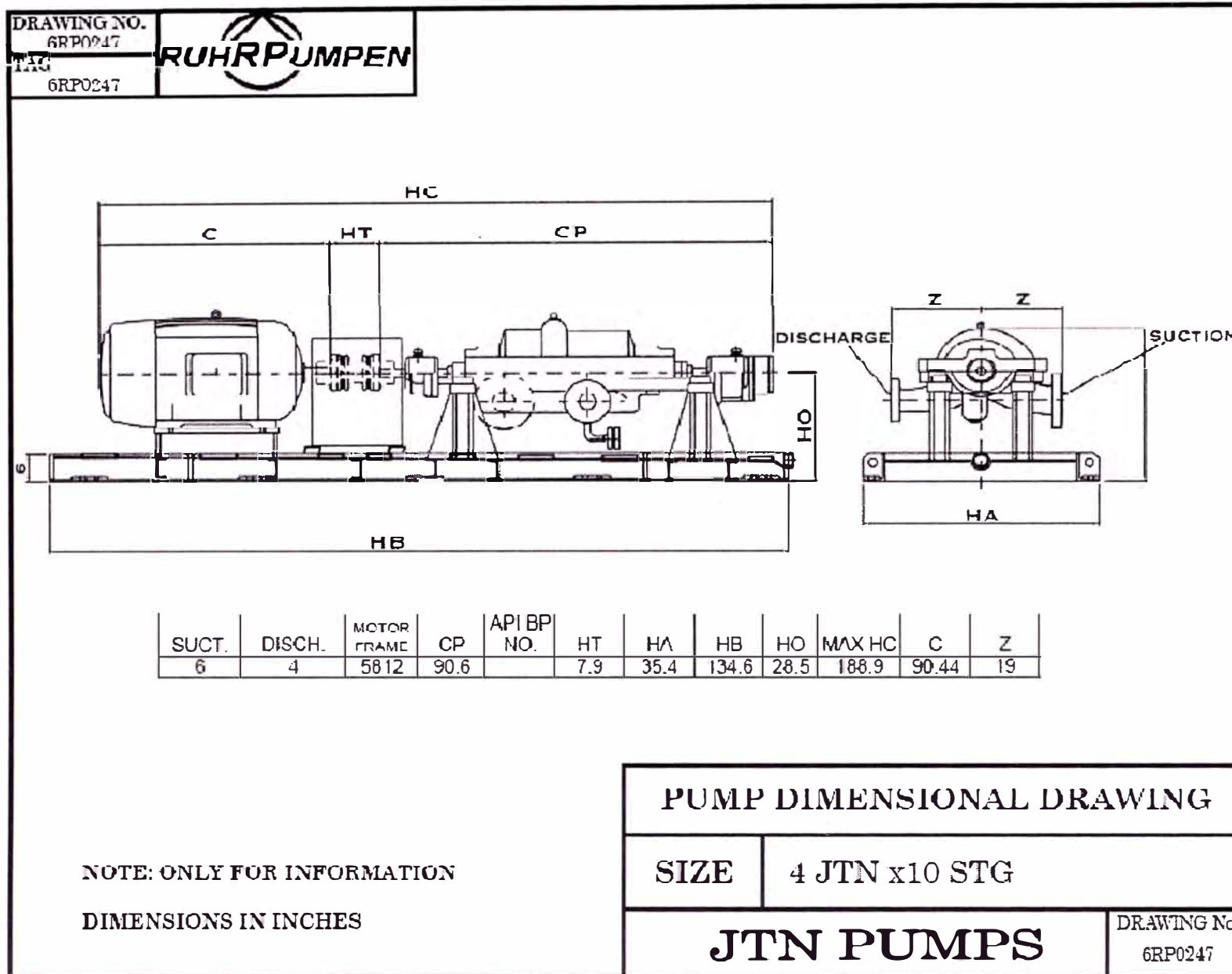
Carcaza de partición axial que permite:

- Dar mantenimiento al rotor sin desconectar las bridas de succión y descarga.
- Dar mantenimiento al rotor sin cambiar de posición el motor.



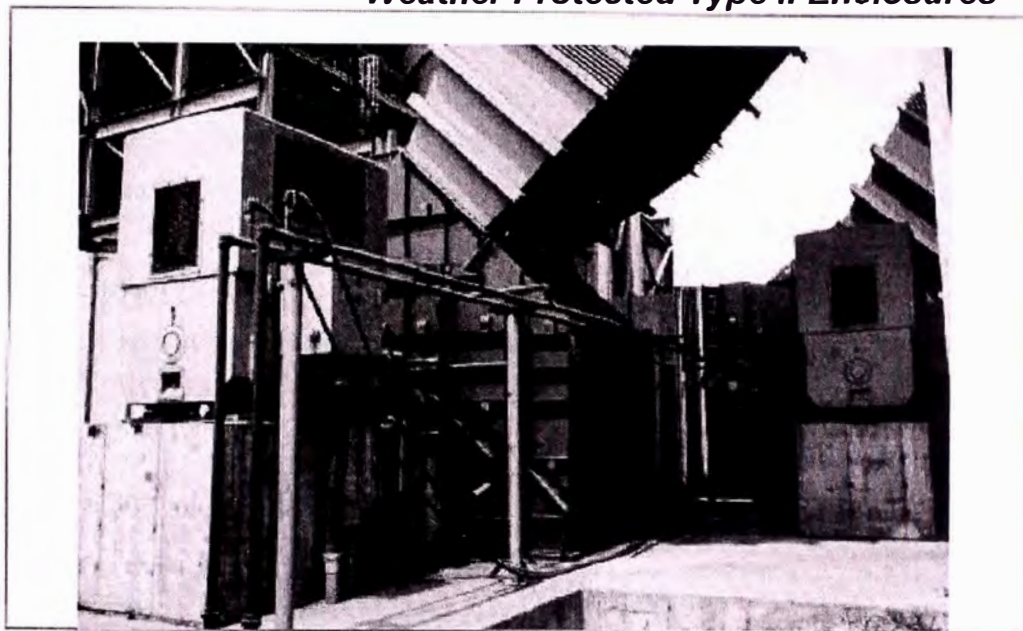
- Fácil y Segura Movilización del rotor.
- Acceso directo a las piezas internas de la bomba.

Apéndice D: Bomba centrífuga horizontal multietapas.

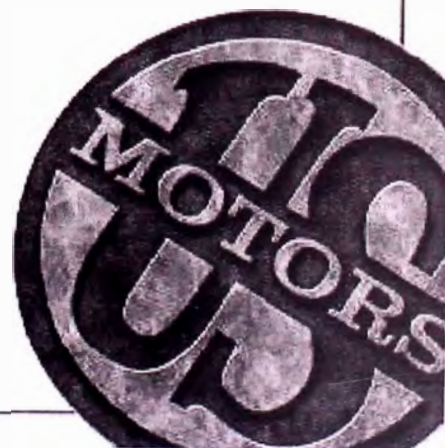


Product Data Sheet

Horizontal TITAN® Line A.C. Motors *Weather Protected Type II Enclosures*



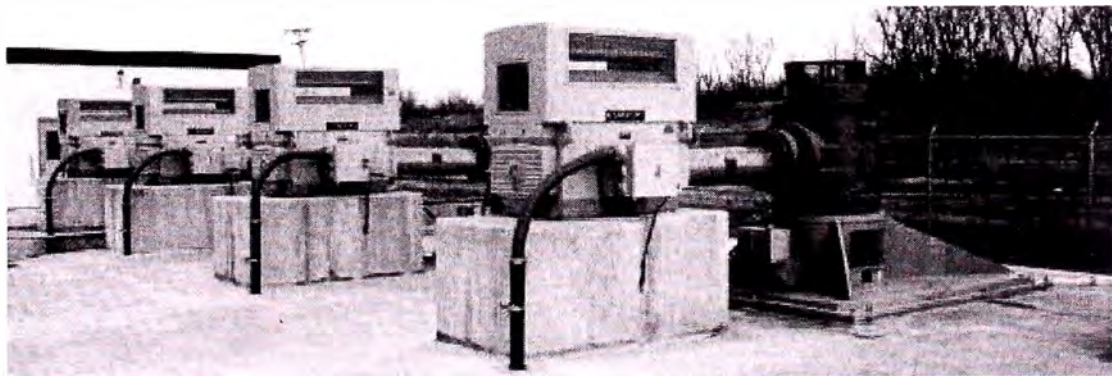
- Ø 200 through 4000 Horsepower
- Ø 50 and 60 Hertz
- Ø 5000 Frame through 9600 Frame
- Ø High or Premium Efficiency
- Ø Ball or Sleeve Bearings



Product Overview

Large A.C. motors are available in a wide range of enclosures designed to provide varying degrees of environmental protection to their internal components. The two basic choices are open enclosures which exhaust internal heat and totally enclosed products which must dissipate heat via external means, typically a fan. The enclosure with the greatest level of component protection still capable of exhausting internal heat is the Weather Protected type II (WP II) enclosure.

The WP II motor is defined by NEMA MG1-1.25.8.2 as having, in addition to the requirements of a WPI machine, its ventilation passages at intake and discharge so arranged that airborne particles blown into the motor by high winds can be discharged without entering the passages that lead directly to the internal components. The ventilation circuit is arranged to provide a minimum of three abrupt changes in direction of at least 90°, which reduces the velocity of cooling air to a maximum of 600 feet per minute. This low velocity minimizes the possibility of moisture or contaminants being carried to the electrical and mechanical parts of the motor.



Capable of operating in a hurricane and designed to withstand the rigors of outdoor industrial use, the WP II motor utilizes cast iron and heavy fabricated steel construction. The top hat ventilation circuit is constructed of fabricated steel and can be offered with zinc or stainless steel mesh air filters for further protection from contaminants. All U.S. Motors WP II motors include VPI 2000 insulation treatment for the windings. This process consists of two cycles Vacuum Pressure Impregnation using 100% solids epoxy resin. The rotor and shaft from bearing journal to bearing journal are coated with a protective epoxy paint and the exterior of the motor is treated with a corrosion resistant paint capable of passing a 250 hour salt spray test.

Due to its ability to protect internal motor components in outdoor installations, the WP II enclo-

Product Overview

sure is often times an advantageous alternate to large A.C. totally enclosed machines. In an article from the IEEE entitled Comparative Performance of Open and Totally Enclosed Machines dated January 1997, authors Azad Mesrobian and Jeffrey A. Hudson developed a comparison between WPIL machines with a sealed insulation system and totally enclosed machines. The article compared the protective capabilities of each unit operating under adverse environmental conditions as well as other factors including initial cost, weight, maintenance and performance. The conclusion, based in part on the summary below, is that the sealed insulation system and not the enclosure is the essential factor for motors operating in harsh environments. U.S. Electrical Motors Everseal is an available option.

Summary of Comparison (IEEE Material)

Weather Protected Type II with Sealed Insulation vs. Totally Enclosed Machines

Typical Output: WPIL Motors require 5% derate from ODP.
Enclosed Motors require 35-40% derate from ODP.
Result - Enclosed Machines require larger housings for same rating.

Motor Weight: Enclosed Machine, on average, weighed 75% more than the WPIL.

Motor Efficiency:

Rating #1	WPIL - 95.9%
	Enclosed - 95.7%
Rating #2	WPIL - 96.8%
	Enclosed - 96.1%

Result - Based on \$0.04/kw hr and 75% load, the cost of the decreased efficiency amounts to almost 5% of the motor's total cost in the first year of operation.

Winding Life: WPIL Machine with a sealed insulation system and
Enclosed Machine with non-sealed insulation system

Test - Both insulation systems (10 samples of each) were subjected to a water immersion test. Then the effects of a harsh environment were simulated by coating the coils with bearing oil and a contaminant which included powdered graphite to enhance the possibility of tracking. Once a uniform coating of the coils was achieved, insulation resistance tests were performed.

Result - The unsealed winding showed an average life of 53 cycles over the 10 samples. The sealed sampled showed no signs of deterioration and no signs of tracking after 100 cycles.

Noise Considerations

Another factor to consider when weighing the advantages of a WPII machine against a Totally Enclosed machine is noise. Induction motor noise occurs in two forms: electromagnetic and mechanical. Both WPII and Totally Enclosed Machines tend to reduce the electromagnetic noise. However enclosed motors require large amounts of external cooling air due to the inefficiencies in the thermal paths. This creates a high amount of fan and air noise which is very difficult to overcome.

Weather Protected Type II motors require much less external air because the air cools the electrical parts directly. In addition the WPII housings have large flat surfaces that can be used to install acoustical treatments. Because of these features, WPII motors are often times used in indoor applications simply because of their low noise.

The Weather Protected Type II motor will not replace a Totally Enclosed motor in all applications. The enclosed product is still needed in certain chemically corrosive atmospheres. However, in normal outdoor installations, the WPII enclosure, coupled with sealed insulation system such as U.S. Motor Everseal[®], will provide better performance at lower costs than the enclosed motor.

Additional Protective Options available for WPII Motors:

- w Everseal - sealed winding on form coil machines
- w Air Filters - recleanable and available as Zinc mesh or Stainless Steel
- w Air Pressure Differential Switch
- w Seals - Inpro/Seal or Labyrinth Type for Drive End
- w Surge Protection - Surge Capacitors and Lightning Arrestors
- w Thermal Protection - Various options for Stator and Bearings
- w Vibration Monitors - Available for both Ball and Sleeve Bearings
- w Stainless Steel Hardware
- w Many others



Emerson Motors
8100 West Florissant Avenue, St. Louis, MO 63136
WWW Home Page: <http://www.usmotors.com>



REGIONAL OFFICES
DOMESTIC U.S. SALES
INTERNATIONAL SALES
MONTREAL, QUEBEC/CANADA
TORONTO, ONTARIO/CANADA

PHONE	FAX
(888) 637-7333	(314) 553-1101
(314) 553-3185	(314) 553-2135
(800) 361-5509	(514) 332-5912
(905) 475-4670	(905) 475-4672

REGIONAL OFFICES
MONTERREY, MEXICO
CARACAS, VENEZUELA
BOGOTA, COLOMBIA

PHONE	FAX
(52) 8-389-1312	(52) 8-389-1310
(58) 02-2377522	(58) 02-2329727
(57)1- 439-5420	(57)1- 439-5417

**TITAN II® HORIZONTAL MOTORS
WEATHER PROTECTED TYPE II ENCLOSURE
BALL BEARING - HIGH EFFICIENT
3 PHASE / 60 HERTZ, 2300/4000 VOLT**



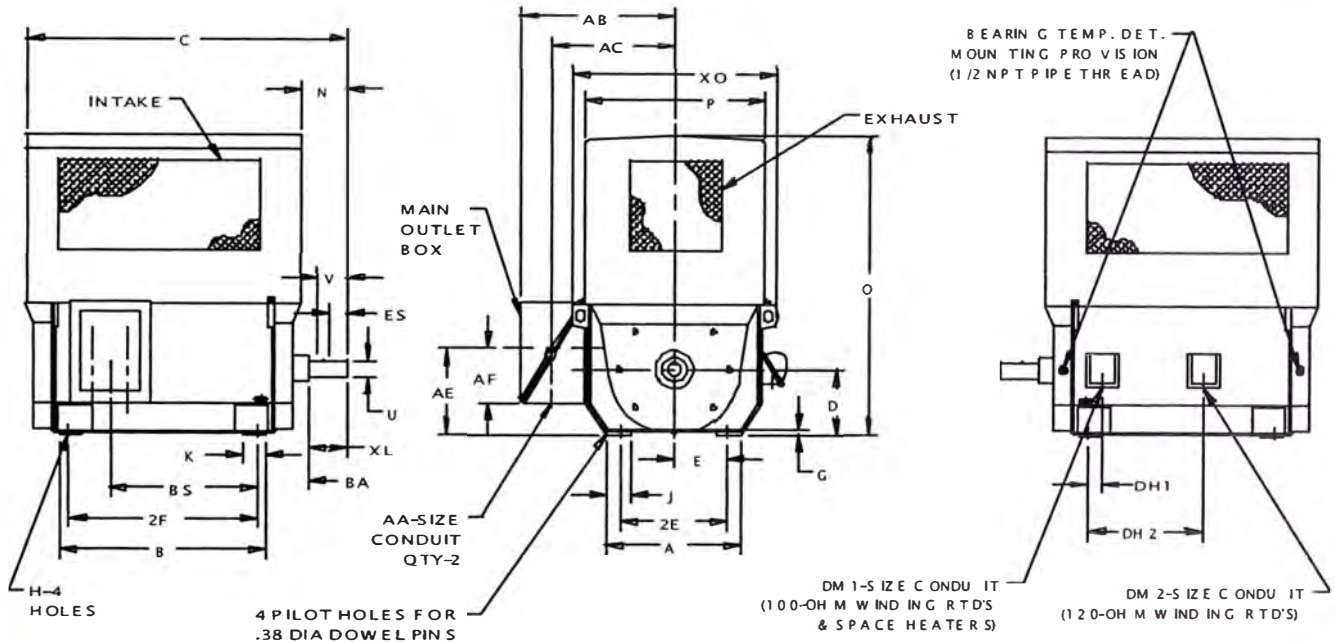
APPLICATIONS:
Designed for compressors, fans, blowers, pumps in wet, corrosive and contaminated environments found in heavy industries such as Pulp & Paper, Mining, Petro-Chemical and Municipal installations.

- FEATURES:**
- * Cast Iron & Fabricated Steel Construction
 - * Insulife 5000 Insulation Treatment (2 Cycles Epoxy VPI)
 - * Class F Insulation, 40C Ambient
 - * F1 Assembly Position (Extra Long Leads For F2 Factory Conversion)
 - * Same Size 6200 or 6300 Series Ball Bearings
 - * Qty-2 Accessory Conduit Boxes With Terminal Strips
 - * 3400 Cubic Inch Main Conduit Box With Drip Lid
 - * Single Phase 115V Space Heaters
 - * Provisions For Bearing RTD's, Dowel Pins & Vertical Jack Screws
 - * Dual Stator RTD's - 100 Ohm & 120 Ohm
 - * Provisions For Air Filters & Air Pressure Differential Switch

HP	RPM	FRAME	VOLTS	CATALOG NUMBER	TYPE	LIST \$	DS SYM	SF	FULL LOAD		SHIP WGT	NOTES
									EFF	PF		
350	3600	5010SS	2300/4000	WII350S1WS	R	\$36,352	DS-6S	1.15	94.5	87.3	3800	1,3
	1800	5008S	2300/4000	WII350S2W	R	\$35,161	DS-6S	1.15	95.0	87.3	3300	3
400	3600	5010SS	2300/4000	WII400S1WS	R	\$37,806	DS-6S	1.15	94.5	87.6	3800	1
	1800	5008S	2300/4000	WII400S2W	R	\$36,215	DS-6S	1.15	94.5	87.5	3300	
450	3600	5010SS	2300/4000	WII450S1WS	R	\$42,428	DS-6S	1.15	94.5	88.3	3900	1,3
	3600	5010SS	2300/4000	WII450SY1WS	R	\$40,398	DS-6S	1.00	94.1	87.6	3800	1,2
	1800	5008S	2300/4000	WII450SY2W	R	\$37,874	DS-6S	1.00	94.1	87.4	3300	2
	1800	5010S	2300/4000	WII450S2W	R	\$39,389	DS-6S	1.15	95.0	88.0	3900	3
500	3600	5010SS	2300/4000	WII500S1WS	R	\$44,115	DS-6S	1.15	94.5	88.3	3900	1
	1800	5010S	2300/4000	WII500S2W	R	\$40,964	DS-6S	1.15	95.0	88.4	3900	
600	3600	5010SS	2300/4000	WII600SY1WS	R	\$48,510	DS-6S	1.00	93.6	87.6	3900	1,2
	3600	5012SS	2300/4000	WII600S1WS	R	\$53,846	DS-6S	1.15	95.4	88.7	4500	1,3
	1800	5010S	2300/4000	WII600S2W	R	\$43,472	DS-6S	1.15	95.4	89.3	4100	3
	1800	5010S	2300/4000	WII600SY2W	R	\$42,207	DS-6S	1.00	94.5	88.5	3900	2
700	3600	5012SS	2300/4000	WII700S1WS	R	\$57,076	DS-6S	1.15	95.0	89.0	4500	1
	1800	5010S	2300/4000	WII700S2W	R	\$44,777	DS-6S	1.15	95.0	89.6	4100	
800	3600	5012SS	2300/4000	WII800SY1WS	R	\$59,359	DS-6S	1.00	95.0	88.9	4500	1,2
	1800	5010S	2300/4000	WII800SY2W	R	\$46,576	DS-6S	1.00	94.5	89.5	4100	2
	1800	5012MS	2300/4000	WII800S2W	R	\$48,439	DS-6S	1.15	95.0	89.9	4600	3
900	1800	5012MS	2300/4000	WII900S2W	R	\$53,022	DS-6S	1.15	95.0	90.2	4700	
1000	1800	5012MS	2300/4000	WII1000SY2W	R	\$54,612	DS-6S	1.00	94.5	90.1	4700	2

- NOTES:**
- 1) Counter-Clockwise Rotation (F.O.D.E.) Only
 - 2) Class F Temperature Rise
 - 3) Motor Will Exceed KVA Code Letter G

EFFECTIVE: 02-OCT-03	HORIZONTAL MOTORS TITAN II - WP11 FRAME: 5000S, MS, SS, L TYPE: R	PRINT: 07-1900-82
		SHEET: 1 OF 1
SUPERSEDES: NEW		



ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES

FRAME	A	D -.06	E	2E ±.03	G	H +.05	J	K	O	P	BA	XO
5000L MS, SS	28.50	12.50	10.00	20.00	1.13	.94	6.25	7.75	59.13	30.63	8.50	38.50

FRAME	B	C	2F ±.03	BS	DH1	DH2
5008L	31.38	57.75	25.00	17.81	1.19	8.19
5008S	31.38	48.88	25.00	17.81	1.19	8.19
5008MS	31.38	49.88	25.00	17.81	1.19	8.19
5008SS	31.38	47.88	25.00	17.81	1.19	8.19
5010L	38.38	64.75	32.00	24.81	6.19	13.19
5010S	38.38	55.88	32.00	24.81	6.19	13.19
5010MS	38.38	56.88	32.00	24.81	6.19	13.19
5010SS	38.38	54.88	32.00	24.81	6.19	13.19
5012L	46.38	72.75	40.00	32.81	6.19	13.19
5012S	46.38	63.88	40.00	32.81	6.19	13.19
5012MS	46.38	64.88	40.00	32.81	6.19	13.19
5012SS	46.38	62.88	40.00	32.81	6.19	13.19

FRAME	N	U -.001	V MIN	ES MIN	SQ KEY	XL
5000S	4.63	2.875	5.50	4.00	.750	5.75
5000MS	5.63	3.375	6.50	5.00	.875	6.75
5000SS	3.63	2.375	4.50	3.00	.625	4.75
5000L	13.50	4.875	14.38	12.88	1.250	14.63

AA	AB	AC	AD	AE	AF	DM1	DM2
3-1/2 NPT	32.06	23.19	3.00	13.94	10.94	1 NPT	1 NPT

1: ALL ROUGH DIMENSIONS MAY VARY BY .25" DUE TO CASTING AND/OR FABRICATION VARIATIONS.

2: STANDARD ASSEMBLY POSITION F-2 IS SHOWN. F-1 MAY BE PROVIDED WHEN SPECIFIED. BOX MAY BE ROTATED IN STEPS OF 180°. STANDARD AS SHOWN WITH CONDUIT DOWN.



Apéndice F: Requerimiento de la Cía. Minera Milpo S.A.A.

Fecha 18/05/2006
 Página 0001

REQUISICION DE MATERIALES

COMPANÍA MINERA MILPO S.A.A.
 AV. SAN BORJA NORTE 523
 SAN BORJA
 LIMA - PERU

Sede CERRO LINDO
 Nro Requisición L006-000000440
 Fecha Emisión 05/05/2006
 Tipo Requisición CENTROS DE COSTOS / SUMINISTRO PRINCIPAL
 Detalle del Tipo EQUIPOS MECANICOS

Area	GERENCIA CORPORATIVA DE OPERACIONES	Premura	URGENTE
Solicitado por	JORGE VASQUEZ	Requerido para fecha	10/05/2006
User Id	JVASQUEZ	Dias de Plazo	15
Centro de Costo	310505 SUMINISTRO PRINCIPAL DE AGUA - BOMB	Estado Pedido	APROBADO
Anexo	050200 EQUIPOS MECANICOS		

Sec	Cantidad Pedida	N° Artículo/Cod. Serv.	Descripción del Artículo	Stock Actual	Consumo Año Ant.
	Unidad Almacén	Tipo Item	Especificaciones	Cant. Transito	Consumo Año Actual
		Nro. Parte	Rubro / Familia (Clase / SubClase)	O/C Transito	Ultimo Precio Refer.
1	2.00	74-01-00-0588009	BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 1 BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 1		
	UN	RTO	BOMBAS / BOMBAS PARA AGUA DESALINIZADA		
2	2.00	74-01-00-0588010	BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 2 BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 2		
	UN	RTO	BOMBAS / BOMBAS PARA AGUA DESALINIZADA		
3	2.00	74-01-00-0588011	BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 3 BOMBA PAR AGUA DESALINIZADA ESTACION N° 3		
	UN	RTO	BOMBAS / BOMBAS PARA AGUA DESALINIZADA		

Fuente: Cía. Minera Milpo S.A.A.

Apéndice G: El agua que proviene de la planta desalinizadora.

Proyecto Cerro Lindo - Minera Milpo

HOJA DE DATOS DEL AGUA DESALINIZADA

NOMBRE DEL EQUIPO: Bomba para agua Desalinizada Estación N° 1			
Descripción		Unidad	Requerido
FLUIDO	Flujo max/min	m ³ /h	144/72
	Temperatura /pH	°C/	20/6
	Grav Espec.		1
	Descripción de fluido		Agua desalinizada
	TDS (total de sólidos disueltos)	mg/l	140
NOMBRE DEL EQUIPO: Bomba para agua desalinizada Estación N° 2			
Descripción		Unidad	Requerido
FLUIDO	Flujo max/min	m ³ /h	144/72
	Temperatura /pH	°C/	20/6
	Grav Espec.		1
	Descripción de fluido		Agua desalinizada
	TDS (total de solidos disueltos)	mg/l	140
NOMBRE DEL EQUIPO: Bomba para agua desalinizada Estación N° 3			
Descripción		Unidad	Requerido
FLUIDO	Flujo max/min	m ³ /h	144/72
	Temperatura /pH	°C/	20/6
	Grav Espec.		1
	Descripción de fluido		Agua desalinizada
	TDS (total de sólidos en suspensión)	mg/l	140

Fuente: Cía. Minera Milpo S.A.A.

Apéndice H: Velocidades recomendables.

VELOCIDADES RECOMENDABLES

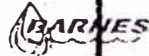
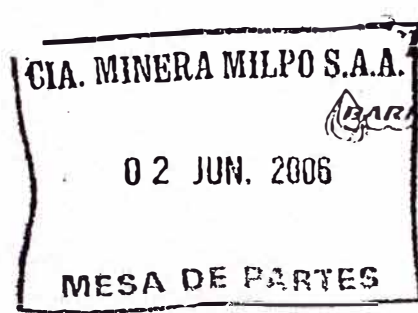
Los valores que siguen pueden dar una idea para una primera estimación de las velocidades en tuberías.

Fluido	Velocidad m/s
Petróleo	1 a 2
Agua :	
★ En tuberías largas	0,5 a 1,0
★ En tuberías cortas	1,0 a 3,0
★ Detrás de bombas de pistón	1,0 a 3,0
★ Detrás de centrifugas	1,5 a 3,0
★ Turbinas	2,0 a 7,0
★ Caliente	2,0 a 3,0
Gases:	
★ A baja presión	5,0 a 30,0
★ A mediana presión	5,0 a 20,0
★ A alta presión	3,0 a 6,0
Aire comprimido en tuberías:	
★ Tuberías	2,0 a 4,0
★ De 1 a 10 atmósferas	15,0 a 20,0
★ De 10 a 40	20,0 a 40,0
★ De 10 a 125	30,0 a 60,0
Descarga de bombas .	2, 4a 4,6
Aspiración de la bomba	1,2 a 2,1
Líneas de tuberías de desagüe	1,2 a 2,1
Colector a tubería principal	1, 2 a 4,5
Tubo ascendente	1,5 a 3,0
Servicio general	1,5 a 3,0
Suministro de agua de ciudad	1,0 a 2,1
Aceites, alquitrán	1,0 a 2,0
Vapor saturado	10,0 a 25,0
Vapor recolectado	30,0 a 60
Para abastecimiento de agua:	$V_{\max} = 0,60 + 1,5 (D)$
Para tuberías en edificios	$V_{\max} = 15 D$ $V_{\max} = 40 \text{ m/s}$

Sin embargo, la velocidad más favorable ha de determinarse en cada caso individual, a base de un cálculo económico donde frecuentemente las características de la instalación total son decisivas.

Fuente: Robert L. Mott, Mecánica de fluidos.

Apéndice I: Cotización del Equipo de impulsión.



Lima 30 de Mayo 2006
CFG-4728/0506

Diseño, Ventas e Instalación de
Sistemas de Bombeo:

CONSTRUCCIÓN

- Presión Constante
- Contraincendios UL/FM
- Hidroneumáticos
- Tratamiento de Agua
- Sumergibles
- Verticales
- Tri gasólidos
- Motores

PISCINAS Y PILETAS

- Equipo de Filtrado y Recirculación
- Reflectores
- Elementos de Empolrar
- Calentadores a Gas
- Escaleras

INDUSTRIAL

- Aguas Mineras
- Petroleo (API 610)
- Proceso (ANSI-B73.1)
- Pesquería
- Alimentaria (Sanitaria)
- Bipartidas
- Cavidad progresiva
- Vortex
- Papeleras

METALMECANICA

- Tanques
- Bidas y Accesorios
- Uniones Flexibles
- Acoplamientos y Otros

VÁLVULAS Y CONTROLES

MEDIDORES DE CAUDAL

CLORADORES A GAS

DOSIFICADORES

Señores
COMPAÑÍA MINERA MILPO S.A.A.

Att'n : Sra. Ivonne Seminario de Mendez
Gerente de Logistica

Cc : Sr. Daniel Rodríguez
Jefe Logistica

Re: Proyecto Cerro Lindo.

Estimados señores:

Por intermedio de la presente entregamos nuestra Propuesta Técnico-Económica por los equipos de bombeo marca Ruhrpumpen, para el Proyecto Cerro Lindo :

Condiciones de operación:

	1era Estación	2da Estación	3era Estación
Fluido:	Agua desaliniz.	Agua desaliniz.	Agua desaliniz.
Gasto (m3/hr):	144	144	144
CDT (m):	954.01	923.18	902.43
GE:	1.0	1.0	1.0
Eficiencia:	72.01 %	72.45 %	72.69 %
BHP operación:	696	669	652

Item 1, 2, 3: PP-001/002, PP-003/004, PP-005/006.

(06) Bomba Centrifuga Horizontal, diseño API 610 (Para una vida útil no menor de 20 años), marca Ruhrpumpen, modelo 4 JTN x 10 pasos, succión bridada de 6" en posición horizontal 600# RF, descarga bridada de 4" en posición horizontal 600#. Montaje de la carcaza cerca de la línea de centros, partición axial, montaje de los impulsores entre rodamientos. Impulsores del tipo cerrado. Carcaza construída ASTM A216 WCA(acero fundido), Impulsor de succión en ASTM A351 CF3NM (acero inoxidable al cromo), Impulsores series en ASTM A278 Cl. 30 (fierro fundido), Difusores en ASTM A278 Cl. 30, Anillo de desgaste ASTM A278 Cl.30 (fierro fundido), eje en ASTM A434 Gr 4140 (acero fundido), construcción con rodamientos lubricación por aceite. Sistema de cierre mediante estopero. Cople fléxible sin espaciador (para inspección de la bomba sólo se saca la tapa superior). Base en acero estructural donde se alojará el conjunto bomba motor. Pintura estándar de Ruhrpumpen.

Diseño, Ventas e Instalación de
Sistemas de Bombeo:

CONSTRUCCIÓN

- Presión Constante
- Contra incendios UL/FM
- Hidroneumáticos
- Tratamiento de Agua
- Sumergibles
- Verticales
- Tragasólidos
- Trituradores

PISCINAS Y PILETAS

- Equipo de Filtrado y Recirculación
- Reflectores
- Elementos de Empolvar
- Calentadores a Gas
- Escaleras

INDUSTRIAL

- Aguas Mineras
- Petróleo (API 610)
- Proceso (ANSI-B73.1)
- Pesquera
- Alimentaria (Sanitaria)
- Bipartidas
- Cavidad Progressiva Tipo Vortex
- Papeleras

METALMECANICA

- Tanques
- Bidas y Accesorios
- Uniones Flexibles
- Acoptamientos y Otros

VÁLVULAS Y CONTROLES

MEDIDORES DE CAUDAL

CLORADORES A GAS

DOSIFICADORES

Accionada por motor eléctrico horizontal, marca US MOTORS, de 800HP, 2 polos, Alta eficiencia, Medio Voltaje, WPII, motor, 3 fases, 60Hz, 4160V, FS 1.0, aislamiento clase F, rtd's en rodamiento, rtd's bobinado y calentadores de bobina. Para uso con variador de frecuencia y puede trabajar hasta 2200msnm

Comentarios:

- De acuerdo a las condiciones de operación y tipo de agua los materiales son propuestos son más que suficientes para la perfecta operación de los equipos.
- El motor cuenta con sensores(Rtd's) de protección contra sobret temperatura para los rodamientos(01 por lado) y bobinado (01 por fase): Así mismo cuenta con calentadores de bobina para proteger contra la humedad.
- Recomendamos colocar motor de 800hp para entregar todas las bombas q impulsor máximo y Uds. Puedan variar la velocidad de acuerdo a las necesidades del sistema.
- En la descarga se ofrece bridas Clase 600 por que resiste hasta 1600psi.

PRECIOS PEDIDO DIRECTO:

ITEM	CANT	DESCRIPCION	US\$ UNIT
1,2,3	06	Bomba Ruhrpumpen Modelo 4JTNx10 acoplada a motor de 800hp Marca: US motors de 4160v/3550rpm/60hz /3F/ Inverter Duty	149,990.00

Incluyen en nuestra oferta:

- Asesoría en el arranque y puesta en marcha de los 06 equipos.
- Charlas técnicas para operarios e ingenieros al respecto.
- Garantía de suministro de repuestos por 20 años.
- Dibujo de elevación.
- Curvas de operación a diferente velocidad
- Datos técnicas del equipo y brochure.
- Charla de características técnicas y mantenimiento.

NOTAS COMERCIALES:

- Tiempo de entrega: 32 Semanas
- Precios: ExWorks, Tulsa, Ok, USA ó LAB Garcia, N.L., MEXICO
- Forma de Pago: 50% adelanto, 50% CAD
- Garantía: 12 meses en operación y/ó 18 meses desde la fecha de entrega, lo que ocurra primero.
- Validez: 30 días.
- Anexo Curvas de operación para cada Condición de operación particular.

PRECIOS STOCK LOCAL:

Diseño, Ventas e Instalación de
Sistemas de Bombeo:

CONSTRUCCIÓN

- Presión Constante
- Contraincendios UL/FM
- Hidroneumáticos
- Tratamiento de Agua
- Sumergibles
- Verticales
- Tragasólidos
- Separadores

PISCINAS Y PILETAS

- Equipo de Filtrado y Recirculación
- Reflectores
- Elementos de Empolrar
- Calentadores a Gas
- Escaleras

INDUSTRIAL

- Aguas Mineras
- Petróleo (API 610)
- Proceso (ANSI-B73.1)
- Pesquería
- Alimentaria (Sanitaria)
- Bipartidas
- Cavidad Progresiva
- Vertices
- Papeleras

METALMECANICA

- Tanques
- Bidas y Accesorios
- Uniones Flexibles
- Acoplamientos y Otros

VÁLVULAS Y CONTROLES

MEDIDORES DE CAUDAL

CLORADORES A GAS

DOSIFICADORES

ITEM	CANT	DESCRIPCION	US\$ UNIT
1,2,3	06	Bomba Ruhrpumpen Modelo 4JTNx10 acoplada a motor de 800hp Marca: US motors de 4160v/3550rpm/60hz /3F/ Inverter Duty	165,990.00 + IGV

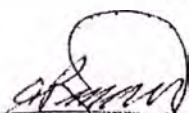
Incluyen en nuestra oferta:

- Asesoría en el arranque y puesta en marcha de los 06 equipos.
- Charlas técnicas para operarios e ingenieros al respecto.
- Garantía de suministro de repuestos por 20 años.
- Dibujo de elevación.
- Curvas de operación a diferente velocidad
- Datos técnicas del equipo y brochure.
- Charla de características técnicas y mantenimiento.

NOTAS COMERCIALES:

- Tiempo de entrega: 36 semanas
- Precios: Almacén- Lima
- Forma de pago: 40% Adelanto
60% contraentrega
- Garantía: 12 meses en operación y/ó 18 meses desde la fecha de entrega, lo que ocurra primero.
- Validez: 30 Días.
- Anexo curvas de operación para cada Condición de operación particular.

Sin más por el momento. Quedamos de Uds. para cualquier duda y/o aclaración.


Ing. Jorge Revilla T.
Gerente


Ing. Freddy Gonzales R.
Asesor Técnico


Ing. Candelario Morones Salinas
Gerente de Ingeniería
Ruhrpumpen, Inc

Apéndice J: Longitudes equivalentes de válvulas y accesorios.

■ LONGITUDES EQUIVALENTES / EQUIVALENT LENGTHS

Diámetro / Diameter		Codo 90° Radio largo / 90° elbow large radius	Codo 90° Radio medio / 90° elbow medium radius	Codo 90° Radio corto / 90° elbow small radius	Codo 45° / 45° elbow	Curva 90° R/D = 1 1/2 / 90° curve R/D = 1 1/2	Curva 90° R/D = 1 / 90° curve R/D = 1	Curva 45° / 45° curve	Entrada normal / Normal entrance	Entrada de Borda / Bore entrance	Válvula de compuerta / Sluice valve	Válvula tipo globo / Globe valve	Válvula de ángulo / Angle valve	Peso directo / Direct peso	Salida lateral / Side exit	Salida lateral / Side exit	Válvula de pie / Foot valve	Salida en tubería / Piping exit	Válvula de retención liviana / Light-weight check valve	Válvula de retención pesada / Heavy-weight check valve
mm / in	Pulg. / in																			
13	½	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1	1	3.6	0.4	1.1	1.5
19	¾	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.6	1.6	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1 ¼	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10	0.9	2.7	4
38	1 ½	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1	0.3	13.4	6.7	0.9	2.6	2.6	11.6	1	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14	1.5	4.2	6.4
63	2 ½	1.3	1.7	2	0.9	0.8	1	0.5	0.9	1.9	0.4	21	10	1.3	4.3	4.3	17	1.9	5.2	8.1
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26	13	1.6	5.2	5.2	20	2.2	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34	17	2.1	6.7	6.7	23	3.2	6.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2	4	0.9	43	21	2.7	8.4	8.4	30	4	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5	1.1	51	26	3.4	10	10	39	5	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3	2.4	3.3	0.6	3.5	6	1.4	67	34	4.3	13	13	52	9	18	26
250	10	5.5	6.7	7.3	3.8	3	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	86	43	5.5	16	16	65	13.5	20	32
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.6	2.2	5.5	9	2.1	102	51	6.1	19	19	78	9	24	38
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	5.4	2.5	6.2	11	2.4	120	60	7.3	22	22	90	11	28	46

Longitudes en metros de tubería lineal equivalente / Lengths in meters of equivalent lineal piping

Fuente: Bominox, Fabricante de bombas para agua de acero inoxidable.

Apéndice K: Presión de prueba en tubería de acero sin costura.

**TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106**

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	---	160			2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-			2500	176	2500	176
3	80	3.500	88,9	0.125	3.18	---	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	---	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	---	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	---	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	---	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114,3	0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
				0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
5	125	5.563	141,3	0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
				0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197
				0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
6	150	6.625	168,3	0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
				0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2430	171	2800	197
				0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
6	150	6.625	168,3	0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197

Fuente: Vemacero, fabricante de tubería de acero en Venezuela.


Apéndice K: Presión de prueba en tubería de acero sin costura

TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

Diámetro Nominal NPS DN		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg
8	200	8.625	219,1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26	780	55	920	65
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22	850	60	1000	70
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28	910	64	1070	75
				0.250	6.35	-	20	22.36	33.31	1040	73	1220	86
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81	1160	82	1350	95
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24	1300	91	1520	107
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55	1340	94	1570	110
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34	1440	101	1680	118
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20	1570	110	1830	129
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08	1700	120	2000	141
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08	1830	129	2130	150
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64	2090	147	2430	171
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92	2500	176	2800	197
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44	2800	197	2800	197
0.812	20.62	-	140	67.76	100.92	2800	197	2800	197				
0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88	2800	197	2800	197				
0.906	23.01	-	160	74.69	111.27	2800	197	2800	197				
10	250	10.750	273,0	0.188	4.78	-	-	21.21	31.62	630	44	730	51
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08	680	48	800	56
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67	730	51	860	60
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75	840	59	980	69
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49	930	65	1090	77
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01	1030	72	1200	84
				0.344	8.74	-	-	38.23	56.96	1150	81	1340	94
				0.365	9.27	STD	40	40.48	60.29	1220	86	1430	101
				0.438	11.13	-	-	48.19	71.87	1470	103	1710	120
				0.500	12.70	XS	60	54.71	81.52	1670	117	1950	137
				0.594	15.09	-	80	64.43	95.97	1990	140	2320	163
				0.719	18.26	-	100	77.03	114.70	2410	169	2800	197
				0.844	21.44	-	120	89.29	133.00	2800	197	2800	197
				1.000	25.40	XXS	140	104.13	155.09	2800	197	2800	197
1.125	28.57	-	160	115.65	172.21	2800	197	2800	197				
12	300	12.750	323,8	0.203	5.16	-	-	27.20	40.55	570	40	670	47
				0.219	5.56	-	-	29.31	43.63	620	44	720	51
				0.250	6.35	-	20	33.38	49.71	710	50	820	58
				0.281	7.14	-	-	37.42	55.75	790	56	930	65
				0.312	7.92	-	-	41.45	61.69	880	62	1030	72
				0.330	8.38	-	30	43.77	65.18	930	65	1090	77
				0.344	8.74	-	-	45.58	67.90	970	68	1130	79
				0.375	9.52	STD	-	49.52	73.78	1060	75	1240	87
				0.406	10.31	-	40	53.52	79.70	1150	81	1340	94
				0.438	11.13	-	-	57.59	85.82	1240	87	1440	101
				0.500	12.70	XS	-	65.42	97.43	1410	99	1650	116
				0.562	14.27	-	60	73.15	108.92	1590	112	1850	130
				0.688	17.28	-	80	88.63	132.04	1940	136	2270	160
				0.844	21.44	-	100	107.32	159.86	2390	168	2780	195
1.000	25.40	XXS	120	125.49	186.91	2800	197	2800	197				
1.125	28.57	-	140	139.68	208.00	2800	197	2800	197				
1.312	33.32	-	160	160.27	238.68	2800	197	2800	197				

Fuente: Vemacero, fabricante de tubería en Venezuela.

Apéndice L: Condiciones de operación del sistema de bombeo

	LINEA DE IMPULSION DE AGUA DESALINIZADA PROYECTO CERRO LINDO	Revisión		PAG
		REV	FECHA	
	M-003	A	24 ABRIL DEL2006	001

Características de Operación

Bomba N°	Fluido	Peso Especif	Sal mg/l	Solid mg/l	Altura Estática (m)	Altura Dinámica (m)	Altura Dinámica de Diseño (m)	Caudal maxim (l/s)	Caudal Diseño (l/s)	NPSH Disp. (m)	Potencia Bomba (kW)	Potencia Motor (kW)
PP 001/002 Tag 05-910-3420-001	Agua Desalin.	1	500	140	621.85	898.54	954.01	40	40	8.92	522.64	696.85
PP 003/004 Tag 05-910-3420-002	Agua Desalin.	1	500	140	820.65	905.97	923.18	40	40	8.31	505.74	674.33
PP 005/006 Tag 05-910-3420-003	Agua Desalin.	1	500	140	713.85	870.88	902.43	40	40	7.46	490.90	654.53

Fuente: Cía. Minera Milpo S.A.A.

Apéndice M: Sistema de selección de bomba de agua, Global Proposal System (GPS).



- [Home](#)
- [Company](#)
- [Markets](#)
- [Products](#)
- [Service & Spares](#)
- [Downloads](#)
- [GPS](#)
- [Careers](#)
- [Purchasing](#)
- [Contact](#)

·: Home


Welcome to Ruhrpumpen

Ruhrpumpen is an innovative and efficient centrifugal pump technology company that offers operators of Pump systems a wide range of quality products. We are committed to worldwide excellence with a complete range of pumps to support core markets which are Oil & Gas, Chemical, Power, Industrial Applications, Water and Mining. Our broad product line complies with the most demanding quality standards and industry specifications such as API, ANSI and Hydraulic Institute Standards

Fuente: Ruhrpumpen, Fabricante de bomba de agua.

Apéndice M: Sistema de selección de bomba de agua, Global Proposal System (GPS).

▼ Home | New Item | Session Preferences | Feedback | Help | Logout Global Proposal System 13.3.0.42



Selection Criteria

◀ Conditions of Service ▶


◀ Product Lines ▶

Selection Results

◀ Units ▶ ◀ Next >> ▶ Instructions: Define Flow and Head, and click on the Next>> button.

Operating Conditions System Data


▶ Header Information

▼ Basic Operating Conditions 

Flow, rated	<input type="text" value="40"/>	l/s	▼	Frequency	<input type="text" value="60"/> Hz
Differential head / pressure, rated	<input type="text" value="954"/>	m	▼	Search criteria	<input type="text" value="All suitable speeds"/>

[Multiple Conditions](#)

▶ Advanced Operating Conditions

▶ Selection Constraints 

Fuente: Ruhrpumpen, Fabricante de bomba.

Apéndice N: Esfuerzo permisible del material de tubería (S).

BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec.No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	Notes	Min. Temp., °F(6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.		
						Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel										
Pipes and Tubes(2)										
A285Gr.A	A134	1	...	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.6	14.2
A285Gr.A	A672	1	A45	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.6	14.2
Buttweld Smls&ERW	API5L	S-1	A25	(8a)	-20	45	25	15.0	15.0	14.5
	API5L	S-1	A25	(57)(59)	B	45	25	15.0	15.0	14.5
...	A179	1	...	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.0	14.2
Type F	A53	1	Gr.A	(8a)(77)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A139	S-1	A	(8b)(77)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A587	1	...	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A53	1	A	(57)(59)						
...	A106	1	A	(57)						
...	A135	1	A	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A369	1	FPA	(57)						
...	API5L	S-1	A	(57)(59)(77)						
A285Gr.B	A134	1	...	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.4	16.0
A285Gr.B	A672	1	A50	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.4	16.0
A285Gr.C	A134	1	...	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A524	1	Gr.II	(57)	-20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A333	1	1							
...	A334	1	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285Gr.C	A671	1	CA55	(59)(67)	A					
A285Gr.C	A672	1	A55	(57)(59)(67)	A					
A516Gr.55	A672	1	C55	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516Gr.60	A671	1	CC60	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515Gr.60	A671	1	CB60							
A515Gr.60	A672	1	B60	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516Gr.60	A672	1	C60	(57)(67)	C					
...	A139	S-1	B	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A135	1	B	(57)(59)	B					
...	A524	1	Gr.1	(57)	-20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A53	1	B	(57)(59)						
...	A106	1	B	(57)	B					
...	A333									
...	A334	1	6	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A369	1	FPB	(57)	-20					
...	A381	S-1	Y35	...	A					
...	API5L	S-1	B	(57)(59)(77)	B					

(continued)

Fuente: PROCESS PIPING. ASME B31.3-2002

BASIC ALLOWABLE STRESSES IN TENSION FOR METALS

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress ksi (1), at Metal Temperature, °F (7)

400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	Grade	Spec. No.	
														Carbon Steel Pipe and Tubes (2)	
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	...	...	...	...	...	A 134
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A45	A 672	
13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L
13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L
13.5	12.8	12.1	11.8	11.5	10.6	9.2	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 179	
16.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Gr. A	A 53
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 139
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	...	...	...	...	...	...	A 587
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 53
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 106
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A	A 135	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	FPA	A 369
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	API 5L
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	...	...	...	...	...	A 134
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A 50	A 672	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	...	...	...	...	...	A 134
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	...	...	Gr. II	A 524
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1	A 333
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	1	A 334	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CA55	A 671
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A55	A 672
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	C55	A 672	
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	CC60	A 671
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CB60	A 671
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	B60	A 672	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C60	A 672
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 139
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 135
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	Gr. 1	A 524
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 53
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 106
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6	A 333
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	6	A 334	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	FPB	A 369
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y35	A 381
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	API 5L

Apéndice O: Factor de calidad de junta de tubería (E).

BASIC QUALITY FACTORS FOR LONGITUDINAL WELD JOINTS IN PIPES, TUBES, AND FITTINGS
 These quality factors are determined in accordance with para. 302.3.4(a). See also para. 302.3.4(b) and Table 302.3.4 for increased quality factors applicable in special cases. Specifications, except API, are ASTM.

Spec.No.	Class(or Type)	Description	E_j (2)	Appendix A Notes
Carbon Steel				
API 5L	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	...	Electric fusion welded pipe, double butt, straight or spiral seam	0.95	...
	...	Furnace butt welded	0.60	...
A 53	Type S	Seamless pipe	1.00	...
	Type E	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	Type F	Furnace butt welded pipe	0.60	...
A 105	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 106	...	Seamless pipe	1.00	...
A 134	...	Electric fusion welded pipe, single butt, straight or spiral seam	0.80	...
A 135	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 139	...	Electric fusion welded pipe, straight or spiral seam	0.80	...
A 179	...	Seamless tube	1.00	...
A 181	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 234	...	Seamless and welded fittings	1.00	(16)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 334	...	Seamless tube	1.00	...
A 350	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 369	...	Seamless pipe	1.00	...
A 381	...	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	(18)
	...	Electric fusion welded pipe, spot radiographed	0.90	(19)
	...	Electric fusion welded pipe, as manufactured	0.85	...
A 420	...	Welded fittings, 100% radiographed	1.00	(16)
A 524	...	Seamless pipe	1.00	...
A 587	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 671	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 672	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 691	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
Low and Intermediate Alloy Steel				
A 182	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 234	...	Seamless and welded fittings	1.00	(16)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...

(continued)

Fuente: PROCESS PIPING. ASME B31.3-2002.

**VALUES OF COEFFICIENT Y
FOR $t < D/6$**

Materials	Temperature, °C(°F)					
	≤482	510	538	566	593	≥621
	(900 & Lower)	(950)	(1000)	(1050)	(1100)	(1150 & Up)
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Cast iron	0.0	...	...	...	...	...

nominal thread depth (dimension h of ASME B1.20.1, or equivalent) shall apply. For machined surfaces or grooves where the tolerance is not specified, the tolerance shall be assumed to be 0.5 mm (0.02 in.) in addition to the specified depth of the cut.

- T_p pipe wall thickness (measured or minimum per purchase specification)
 - d_p inside diameter of pipe. For pressure design calculation, the inside diameter of the pipe is the maximum value allowable under the purchase specification.
 - P_p internal design gage pressure
 - D_p outside diameter of pipe as listed in tables of standards or specifications or as measured
 - E_p quality factor from Table A-1A or A-1B
 - S_p stress value for material from Table A-1
 - Y_p coefficient from Table 304.1.1, valid for $t < D/6$ and for materials shown. The value of Y_p may be interpolated for intermediate temperatures.
- For $t \geq D/6$,

$$Y_p = \frac{d + 2c}{D + d + 2c}$$

304.1.2 Straight Pipe Under Internal Pressure

(a) For $t < D/6$, the internal pressure design thickness for straight pipe shall be not less than that calculated in accordance with either Eq. (3a) or Eq. (3b):

$$t_p = \frac{PD}{2SE + PY} \quad (3a)$$

$$t_p = \frac{Pd + 2c}{2SE - P - Y} \quad (3b)$$

(b) For $t \geq D/6$ or for $P/SE > 0.385$, calculation of pressure design thickness for straight pipe requires special consideration of factors such as the theory of failure, effects of fatigue, and thermal stress.

304.1.3 Straight Pipe Under External Pressure.

To determine wall thickness and stiffening requirements for straight pipe under external pressure, the procedure outlined in the BPV Code, Section VIII, Division 1, UG-28 through UG-30 shall be followed, using as the design length L the running centerline length between any two sections stiffened in accordance with UG-29. As an exception, for pipe with $d_o/t < 10$, the value of S_{to} to be used in determining a_2 shall be the lesser of the following values for pipe material at design temperature:

- (a) 1.5 times the stress value from Table A-1 of this Code; or
- (b) 0.9 times the yield strength tabulated in Section II, Part D, Table Y-1 for materials listed therein. (The symbol D_o in Section VIII is equivalent to d_o in this Code.)

304.2 Curved and Mitered Segments of Pipe

304.2.1 Pipe Bends The minimum required thickness t_m of a bend, after bending, in its finished form, shall be determined in accordance with Eq. (2) and Eq. (3c):

$$t_p = \frac{PD}{2[(SE/I) + PY]} \quad (3c)$$

where at the intrados (inside bend radius)

$$I_p = \frac{4(R_1/D) - 1}{4(R_1/D) - 2} \quad (3d)$$

and at the extrados (outside bend radius)

$$I_p = \frac{4(R_1/D) + 1}{4(R_1/D) + 2} \quad (3e)$$

and at the sidewall on the bend centerline radius, $I_p = 1.0$.

R_1 = bend radius of welding elbow or pipe bend. Thickness variations from the intrados to the extrados and along the length of the bends shall be gradual. The

Apéndice Q: Tolerancias por corrosión y erosión (C).

Espesor Adicional por Roscado, Corrosión o Erosión C, in (mm)			Coeficiente Y						
Tipo de Cañerías		C in (mm)	Valores de y para diversas temperaturas, ° F (° C)						
Rosca	$d \leq 3/8"$ (9,53 mm)	0,05 (1,27)	Acero < 900° F (482°C)	950° F (510°C)	1000° F (538°C)	1050° F (566°C)	1100° F (593°C)	1150° F (621°C)	
	$d \geq 1/2"$ (12,7)mm	Profundidad del Hilado		Ferrítico	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7
Extremo	$d \leq 1"$ (25,4 mm)	0,05 (1,27)	Austenítico	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Planos	$d > 1"$ (25,4 mm)	0,065 (1,65)							

Fuente: CINTAC, Manual de tuberías.

Apéndice R: Tolerancia de fabricación de tubería (Tf).

Tubos de acero sin soldadura para conducciones - ASTM A-53 y A-106

Composición química - características mecánicas										
Norma	Grado	Composición química					Propiedades mecánicas			
		C	Mn	Si	P	S	Limite elástico min. MPa o N/mm ²	Resistencia a la tracción min. MPa o N/mm ²	% alargamiento en 50,8 mm. min.	
		máx.		min.	máx.	máx.			Long.	Trans.
A-53	B	0,30	1,20 máx.	–	0,05	0,045	240	415	Según norma	
Residuales % máximo. Cu 0,40: Ni 0,40: Cr 0,40: Mo 0,15: V 0,08 (A); V 0,18 (B) La suma de estos cinco componentes no puede exceder del 1%.										
A-106	B	0,30	0,29-1,06	0,10	0,035	0,035	240	415	30 22*	16,5 12*
Residuales % máximo. Cr 0,40: Cu 0,40: Mo 0,15: Ni 0,40: V 0,08 La suma de estos cinco componentes no puede exceder del 1%.									* Alargamiento en probeta cilíndrica	
Tolerancias, diámetro exterior y espesor										
Norma	Dimensión del diámetro mm		Tolerancia Diámetro exterior mm		Tolerancia espesor, Tf.					
A-53	Ø 48,3 y menor		+0,40 –0,40		Espesor mínimo –12,5% del espesor de pared nominal especificado					
	Ø 60,3 y mayor		±1%							
A-106	Ø 10,3 a 48,3		+0,40 –0,40							
	Ø 48,3 a 114,3		±0,79							
	Ø 114,3 a 219,1		+1,59 –0,79							
	Ø 219,1 a 457,2		+2,38 –0,79							
	Ø 457,2 a 660,4		+3,18 –0,79							

Fuente: Tubería y accesorios en Acero al carbono soldados y s/s, Tubasol S.A. España.