



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
E.A.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**Evaluación y optimización del sistema de bombeo en el
interior de la mina San Genaro de la Cia.
Castrovirreyna S.A.**

MONOGRAFÍA

Para optar el Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Juan Fernando Donaires

LIMA – PERÚ
2014

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a mis padres, Pablo Donaires y Julia Portocarrero, que tanto me han educado y ayudado a terminar la carrera, sin su ayuda nada hubiese sido posible.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	8
I. ANTECEDENTES	9
1.1 UBICACIÓN.....	9
1.2 VIAS DE ACCESO	9
1.3 BREVE RESEÑA HISTORICA.....	11
II. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	13
2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS	13
III. MARCO TEORICO	14
3.1 CAMARA DE BOMBEO.....	14
3.1.1 CONDICIONES Y DIRECCION DE FLUJO.....	15
3.1.2 ENTRADA DE AIRE Y VORTICES.....	15
3.1.3 DIMENSION DE LA CAMARA DE BOMBEO.....	16
3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE BOMBAS	19
3.1.5 TUBERÍA Y ACCESORIOS DE SUCCIÓN.....	22
3.1.6 TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE IMPULSIÓN.....	26
3.2 TUBERIAS DE HDPE.....	29
3.2.1 VENTAJAS DE USAR TUBERIAS DE HDPE	29
3.2.2 TERMOFUSION.....	32
3.3 UNIONES DESMONTABLES	39
3.3.1 UNIONES PORTAFLANGES Y FLANGES	39
3.3.2 UNIÓN TIPO VICTAULIC.....	41
3.3.3 INSTALACIÓN SUPERFICIAL.....	42
3.4 TUBERIAS ALVENIUS	43
3.5 PLANTEAMIENTO DE FORMULAS	43
3.5.1 CALCULO DE VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO.....	43
3.5.2 CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA TOTAL.....	44

3.5.3 PERDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS	44
3.5.4 POTENCIA DE IMPULSION	46
3.5.5 NPSH POSITIVO.....	47
IV. FORMULACION DEL PROBLEMA	51
V. PROPUESTAS PARA CONSIDERAR EN EL PROYECTO.....	54
5.1 CAMBIAR LAS BOMBAS SUMERGIBLES ACTUALES	54
5.2 IMPLEMENTACION DE UNA CUARTA BOMBA EN EL CUARTO NIVEL .	54
5.3 DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL 5TO NIVEL	55
VI. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS.....	56
6.1 CAMBIAR LAS BOMBAS SUMERGIBLES ACTUALES	56
6.1.1 EVALUACION DE LA PROPUESTA	57
6.2 IMPLEMENTACION DE LA CUARTA BOMBA EN LA ESTACION DE BOMBEO DEL CUARTO NIVEL (Nv 900).....	58
6.2.1 SITUACION ACTUAL	58
6.2.2 IMPLEMENTACION TEMPORAL DE BOMBAS SUMERGIBLES	67
6.2.3 EVALUACION DE LA PROPUESTA	72
6.3 DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL QUINTO NIVEL (Nv 950)...	75
6.3.1 SITUACION ACTUAL	75
6.3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	75
6.3.3 EVALUACION DE LA PROPUESTA	83
VII. RESULTADOS HASTA LA FECHA	86
7.1 CAMBIO DE BOMBAS SUMERGIBLES.....	86
7.2 INSTALACION DE LA CUARTA BOMBA ESTACIONARIA EN EL CUARTO NIVEL (NV 900).	87
7.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DEL QUINTO NIVEL (NV 950).	87
VIII. CONCLUSIONES.....	88
IX. RECOMENDACIONES	88
X. BIBLIOGRAFIA.....	89
XI. Anexos.....	90

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1: Alturas máximas de succión.....	14
Cuadro 3.2: Diámetro de la tubería de succión en función a la velocidad.....	15
Cuadro 3.3: Valores del coeficiente C de Hazen-Williams.....	16
Cuadro 3.4: Pérdidas de carga por accesorio.....	17
Cuadro 3.5: Propiedades físicas, mecánicas y térmicas del HDPE.....	23
Cuadro 3.6: Relación entre presión y temperatura de trabajo en tuberías de HDPE.....	24
Cuadro 3.7: Tiempos de calentamiento y enfriamiento para diversos diámetros.....	31
Cuadro 3.8: Presión absoluta de vapor del agua a diferentes temperaturas de bombeo.....	40
Cuadro 3.9: Presión atmosférica a diferentes altitudes.....	41
Cuadro 3.10: Peso específico del agua a diferentes temperaturas.....	41
Cuadro 6.1: Costos por alquiler de bombas sumergibles para interior mina.....	49
Cuadro 6.2: Costo de energía de las bombas sumergibles alquiladas.....	50
Cuadro 6.3: Valores de pérdida local de carga para accesorios en la descarga de la estación de bombeo del NV 900.....	52
Cuadro 6.4: Valores de pérdida local de carga para accesorios en la succión de la estación de bombeo del Nv 900.....	54
Cuadro 6.5: Factor de corrección de la potencia admisible.....	59
Cuadro 6.6: Especificaciones Técnicas para la bomba Grindex Maxi.....	60
Cuadro 6.7: Presupuesto por la instalación del sistema de bombeo.....	65
Cuadro 6.8: Costo de material eléctrico para el sistema de bombeo del Nv. 900....	66
Cuadro 6.9: Costos por alquiler de bombas sumergibles para interior mina.....	66
Cuadro 6.10: Coste de energía de las bombas sumergibles alquiladas.....	67

Cuadro 6.11: Valores de perdida local de carga para accesorios para la estación de bombeo del Nv, 950..... 69

Cuadro 6.12: Valores de perdida local de carga para accesorios en la succión de la estación de bombeo del Nv 950 71

Cuadro 6.13: Presupuesto del sistema de bombeo del Nv. 950..... 76

Cuadro 6.14: Presupuesto de instalación eléctrica para la estación de bombeo del Nv 950..... 77

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Ubicación de la Unidad Minera San Genaro (4750 msnm) de la CIA Minera Castrovirreyna, departamento de Huancavelica.....	2
Fig 1.2: Unidad Minera San Genaro.....	3
Fig. 1.3: Ingreso a la mina San Genaro.....	4
Fig 1.4 Equipo Scooptram, retirando mineral en profundización mina.....	4
Fig 3.1: Dimensiones mínimas y recomendadas para las cámaras de bombeo.....	6
Fig 3.2: Defectos más comunes en las cisternas que originan ingreso de aire en las tuberías.....	8
Fig. 3.3: Disposiciones y dimensiones recomendadas para cisternas de bombeo..	9
Fig 3.4: Formas incorrectas de disponer las bombas en las cisternas de bombeo...	11
Fig. 3.5: Disposición de bombas centrífugas de eje horizontal en una cisterna de bombeo.....	13
Fig. 3.6: Configuración de los flanges y stub end.....	32
Fig 3.7: Unión tipo Vitaulic.....	34
Fig 3.8 Carga Neta de Succión Positiva.....	39
Fig. 4.1 Croquis del sistema de bombeo en interior mina.....	45
Fig 5.1: Perforación de roca en profundización mina.....	47
Fig 5.2: Bomba Hidrostal.....	48
Fig 6.1: Curva de funcionamiento de la bomba 65-250.....	55
Fig 6.2: Equipo jumbo, realizando trabajo de enmallado y sostenimiento.....	57
Fig 6.3: Curva de funcionamiento de la bomba sumergible marca Grindex modelo Maxi (58 HP).....	62
Fig 6.4: Bomba sumergible en una labor en interior mina.....	63
Fig 6.5: Curva de funcionamiento de la bomba Hidrostal 65-200.....	72

INTRODUCCION

El sistema de bombeo está presente por lo general en la industria minera con actividad subterránea, en especial si la unidad minera se sitúa sobre los 4000 msnm cuando el agua de mina, producto de las excavaciones con voladura, debe ser bombeada hacia superficie (y ser tratada allí si se requiere, en caso de ser agua acida, antes de verterse a un cuerpo receptor como lago o rio) para garantizar la continuidad de la producción. La selección de estos sistemas de bombeo precisa del correcto establecimiento del equilibrio hidráulico del sistema. Ingenieros proyectistas y vendedores hacen uso de las ecuaciones de conservación de la masa, energía y cantidad de movimiento para esta actividad. Errores al establecer el equilibrio hidráulico ocasionan graves consecuencias en la estación de bombeo. Es decir, al sobredimensionar un sistema se tendrían equipos más potentes trabajando a menores eficiencias ocasionando pérdidas económicas y técnicas; en el caso contrario se tendrían sistemas sin capacidad suficiente para evacuar el agua requerida.

Debido a los puntos ya mencionados que hacer un buen análisis de selección de bomba es importante para garantizar la operación y no romper la producción en línea, en el siguiente trabajo se explicara los factores a tener en cuenta para realizar una evaluación de sistema de bombeo, así como su optimización para disminuir costos en interior mina de la Compañía Minera Castrovirreyna S.A.

EVALUACION Y OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL INTERIOR DE LA MINA SAN GENARO DE LA CIA. MINERA CASTROVIRREYNA S.A.

I. ANTECEDENTES

1.1 UBICACIÓN

La unidad minera San Genaro de la compañía minera Castrovirreyna S.A., se ubica en el distrito de Santa Ana, al norte de la laguna Orcococha, pertenece a la provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica, (Ver fig. 1.1). Esta a una altura de 4750 msnm; siendo sus coordenadas geográficas las siguientes:

Latitud Sur $13^{\circ}11'28''$

Latitud Oeste $75^{\circ}08'31''$

Sus oficinas administrativas están situadas en la calle Tomás Ramsey 912, Magdalena del Mar, provincia y departamento de Lima. El número de su central telefónica es (511) 206-3500 Lima, (511) 206-3550 San Genaro y el de fax, (511) 460-0275.

1.2 VIAS DE ACCESO

El acceso a la unidad minera San Genaro es por las siguientes rutas:

Ruta A:

Lima - La Oroya - Huancayo - Huancavelica - Mina San Genaro a 560 Km.

Aproximadamente a 10 horas. Vía de acceso: Carretera Central - Huancavelica (asfaltada), Huancavelica – Unidad Minera San Genaro (afirmada).

Ruta B:

Lima - San Clemente (Pisco) - Rumichaca (Huancavelica) - San Genaro: 463 Km. Aproximadamente 6 horas. Vía de acceso: Panamericana Sur, Los Libertadores (asfaltado) y Santa Inés (carretera afirmada: tramo Rumichaca – Unidad Minera San Genaro).

Ruta C:

Lima - San Clemente (Pisco) – Pámpano (Huancavelica) - Ticrapo (Huancavelica) - Castrovirreyna (Huancavelica) – Mina San Genaro: 426 Km. Aproximadamente 5 horas y media. Vía de acceso: Panamericana Sur, Los Libertadores (asfaltado) y Castrovirreyna (carretera afirmada: tramo Pámpano – Unidad Minera San Genaro).



Fig. 1.1: Ubicación de la Unidad Minera San Genaro (4750 msnm) de la CIA Minera Castrovirreyna, departamento de Huancavelica

1.3 BREVE RESEÑA HISTORICA

El yacimiento que trabaja nuestra empresa, por las evidencias existentes en los antiguos socavones (galerías y chimeneas inclinadas con sostenimiento de quinales y piedras labradas y otros trabajos mineros) es explotado desde la época colonial (se tiene noticias desde 1570) e hipotéticamente desde el incanato (se dice que fue de las mejores del Tahuantinsuyo); lo que explica la riqueza de recursos minerales que tuvo y tiene por descubrir, jugando un factor importante en el desarrollo colonial y obviamente en la actualidad constituye uno de los pilares fundamentales del desarrollo socio económico de la región y de nuestro país, por la captación de divisas y mantener ocupado a una población promedio de 650 trabajadores entre otros. En la fig. 1.2 se observa el panorama de la zona en estudio y su campamento, en la fig. 1.3 se aprecia el ingreso a la mina San Genaro; en la fig. 1.4 se observa el equipo retirando mineral en profundización mina.



Fig 1.2: Unidad Minera San Genaro

Según datos de la Compañía Minera Santa Inés de Morococha, el señor Carlos Reynaldo Pflucker comenzó a trabajar las minas de Quispisisa el año de 1856. Posteriormente la familia Picasso y otros mineros han trabajado las minas de Caudalosa, Reliquias, La Virreina y otras minas de la región con éxito.



Fig. 1.3: Ingreso a la mina San Genaro



Fig 1.4 Equipo Scooptram, retirando mineral en profundización mina

La actividad económica de la Empresa está basada en el Contrato de Cesión para la Exploración y Explotación de Derechos Mineros firmado hasta el 2017 con la Compañía Minera Santa Inés y Morococha S.A., la cual es titular de los derechos mineros que conforman la Unidad de Producción San Genaro, donde desarrollamos nuestras operaciones mineras.

Además, la Empresa es titular de la concesión minera Carmela, y de derechos mineros agrupados en la Unidad Económica Administrativa “El Palomo”. Actualmente ambos derechos mineros se encuentran en actividad de exploración y sobre ellos no recae ningún gravamen o regalía.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

- Evaluar y mejorar el sistema de bombeo de interior mina de la Compañía Minera Castrovirreyna S.A. para bajar el nivel del agua en los topes de las labores y garantizar la continuidad de la operación.

2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Mejorar la confiabilidad de los equipos del sistema de bombeo
- Evaluar las bombas sumergibles y estacionarias actuales para considerar su posible cambio.
- Optimizar el uso de los recursos como energía, tuberías, etc.
- Evaluar y optimizar las instalaciones actuales para mejorar la eficiencia de las bombas.

El cumplimiento de estos objetivos nos permitirá garantizar la producción futura (extracción de mineral) en la profundización de interior mina.

III. MARCO TEORICO

3.1 CAMARA DE BOMBEO

Las cámaras de bombeo son pozas donde se acumula el agua para luego ser bombeadas por bombas estacionarias o sumergibles con el uso de tuberías a un nivel superior.

Las dimensiones de estas pozas deben ser poseer ciertos requisitos de dimensionamiento para poder instalar los equipos, las tuberías, evitar agitación de las aguas, además de permitir el acceso de personal y/o maquinaria para la respectiva limpieza de la poza o labores de mantenimiento (Ver fig. 3.1).

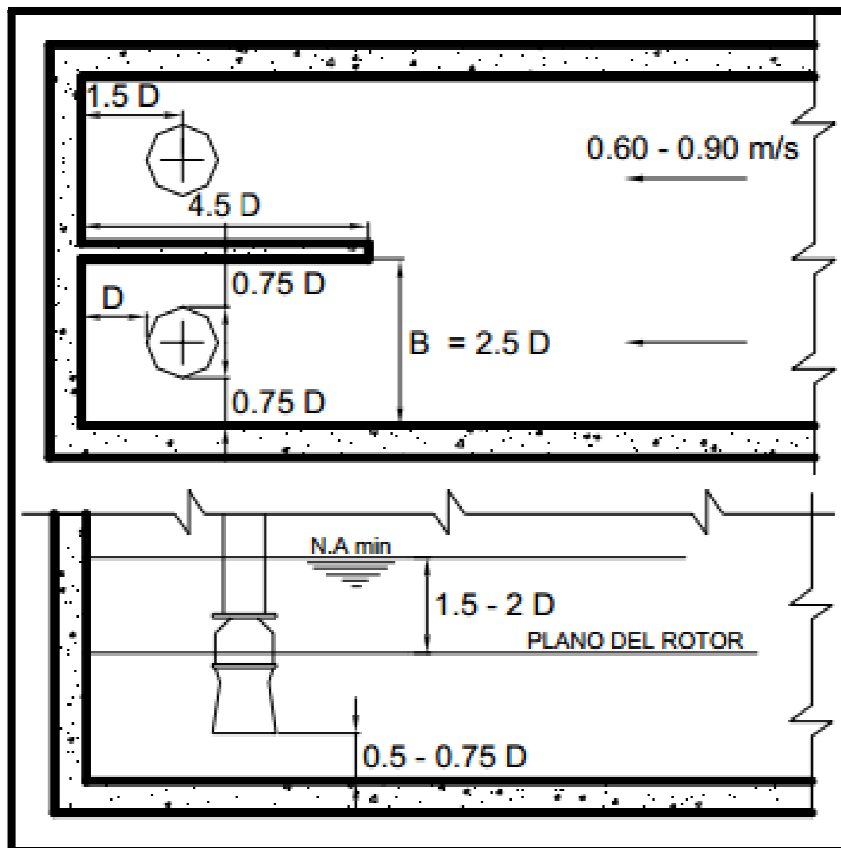


Fig 3.1: Dimensiones mínimas y recomendadas para las cámaras de bombeo

Las condiciones a tenerse en cuenta en el diseño de las cámaras de bombeo son:

3.1.1 CONDICIONES Y DIRECCION DE FLUJO

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para evitar un mal diseño de cámara de bombeo, ya que la distribución del flujo influencia bastante en el trabajo de las bombas.

- Régimen turbulento del flujo
- Cambios bruscos en la dirección del flujo.
- Pozos exageradamente asimétricos.
- Distribución no homogénea del flujo en el pozo.

3.1.2 ENTRADA DE AIRE Y VORTICES

El ingreso de aire en la tubería de succión puede deberse a:

- Tubería con rajadura.
- Uniones mal ajustadas que permiten el ingreso de aire
- Formación de vórtices.
- Sumergimiento poco profundo de la tubería de succión.
- Altas velocidades de flujo en la tubería de succión.
- Mala distribución del flujo.

La entrada de aire en la succión de la bomba afecta el rendimiento de esta y produce la llamada cavitación. Evitaremos esto si instalamos la tubería de succión a una profundidad mínima adecuada y manteniendo la velocidad en la entrada del flujo en la tubería de succión de 0.6 m/s hasta 1.5 m/s (ver fig 3.2).

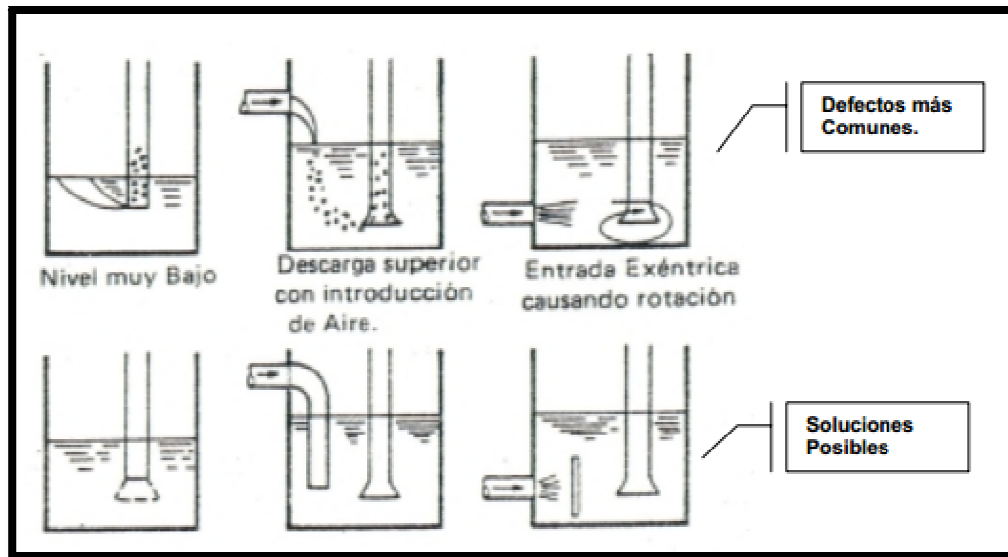


Fig 3.2: Defectos más comunes en las cisternas que originan ingreso de aire en las tuberías

3.1.3 DIMENSION DE LA CAMARA DE BOMBEO.

Las especificaciones siguientes son referentes a la posición y disposición de las bombas de eje vertical; sien embargo, también pueden ser aplicadas para las bombas de eje horizontal (ver fig. 3.3).

En el cálculo del volumen de las cámaras de bombeo se presentan dos casos:

- Cisterna de bombeo con almacenamiento, que se debe emplear cuando el rendimiento de la fuente no sea suficiente para suministrar el caudal de bombeo.
- Cisterna de bombeo sin almacenamiento, que se debe emplear cuando la fuente de provisión de agua tenga una capacidad mayor o igual al caudal de bombeo.

A. Cisterna de bombeo con almacenamiento

El volumen de la cisterna de bombeo con almacenamiento debe ser calculado realizando un balance o diagrama de masas, considerando el caudal mínimo de la fuente de agua y el caudal de bombeo.

La sumergencia mínima será fijada mayor a $1,5D$ (D es el diámetro de la

tubería de succión), a partir del plano del rotor en el caso de las bombas verticales del tipo axial; mayor a $2D$, a partir de la superficie inferior de la boca de entrada en el caso de bombas centrífugas con aspiración; y, no menor a $0,50$ m en el caso de bombas pequeñas.

La holgura comprendida entre el fondo del pozo y la sección de entrada de la canalización de succión será fijada en un valor comprendido entre $0,5D$ y $0,75$ D.

B. Cisterna de bombeo sin almacenamiento

En este caso el volumen de la cisterna debe ser calculado considerando un tiempo de retención entre 3 a 5 minutos, para el caudal máximo diario. Deben considerarse además las siguientes recomendaciones (véase figura 3.3).

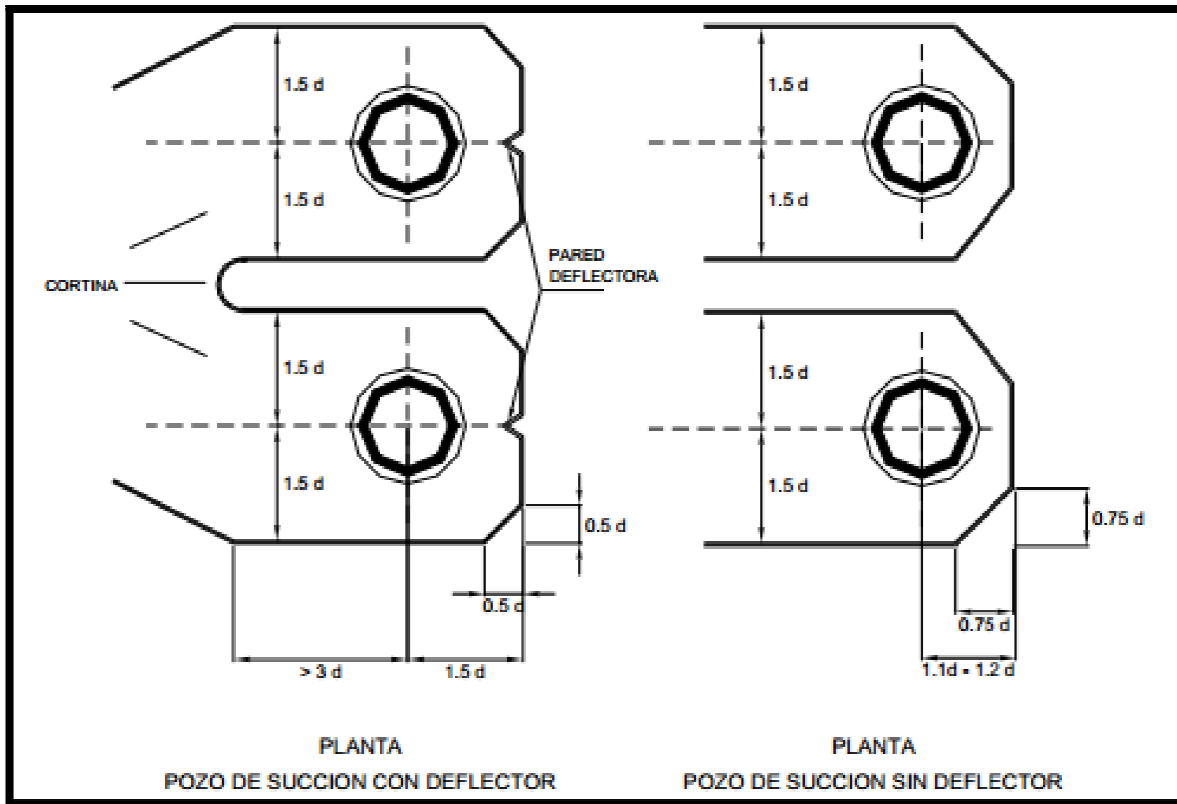


Fig. 3.3: Disposiciones y dimensiones recomendadas para cisternas de bombeo

- a) El área mínima de una cisterna individual (aislada) debe ser 12,5 veces el área de la sección de entrada de la tubería. El área de la sección de flujo en la parte inicial de la cisterna, debe ser por lo menos 10 veces el área de la sección de entrada en la tubería de succión.
- b) La disposición de la tubería de succión debe ser como lo explicado en el ítem 3.1.3.
- c) En las cisternas con deflectores, la distancia entre el eje de la canalización y las paredes adyacentes será fijada como mínimo en 1,5D.
- d) En las cámaras sin deflectores, la distancia entre el eje de la canalización y las paredes adyacentes laterales será como mínimo de 1,5D, y la distancia entre el eje de la canalización y la pared de fondo será del orden de 1,1D a 1,2D.
- e) Cuando las bombas sean dispuestas ortogonalmente a la dirección de la corriente líquida, los cantos de las paredes que limitan cada bomba formarán ángulos de 45° con relación a cada una de las paredes y los catetos serán fijados en 0,5D para las cámaras con deflectores y en 0,75 para las cámaras sin deflectores.
- f) Las cortinas que separan una bomba de otra, en un conjunto de bombas dispuestas ortogonalmente a la corriente líquida, tendrán una dimensión mayor a 3D en la dirección de la corriente, a partir del eje de la canalización.
- g) La forma de los bordes de ataque de las cortinas y de los deflectores será redondeada, permitiéndose la forma circular para las cortinas y la forma ovoidal para los deflectores.
- h) El escurrimiento en la entrada de la cámara será regular, sin dislocamientos y

zonas de velocidades elevadas. La velocidad de aproximación del agua a la sección de entrada en la cámara de succión no excederá de 0,6 m/s.

i) Sin perjuicio de las formas y dimensiones establecidas anteriormente, la cámara de succión debe contar con:

- Holguras necesarias para el montaje y desmontaje de los equipos e instalaciones complementarias y circulación del personal de operación y mantenimiento.
- Disponibilidad de espacio físico, cuando fuera el caso, para la instalación de las bombas sumergibles.

j) No deben ser admitidas las formas y los arreglos indicados en la figura 3.4.

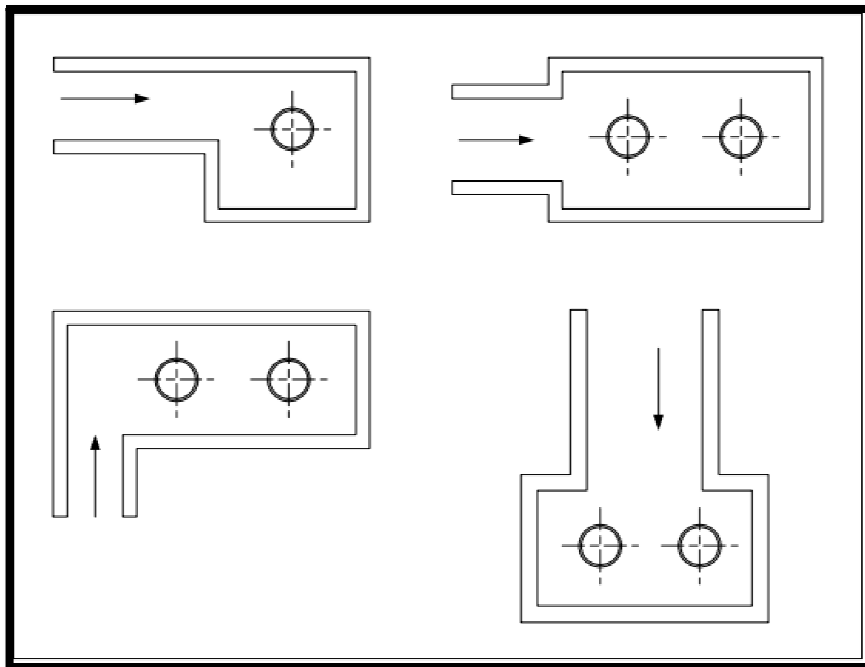


Fig 3.4: Formas incorrectas de disponer las bombas en las cisternas de bombeo

3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE BOMBAS

El dimensionamiento de la zona de bombeo debe ser el adecuado para albergar el total de equipos necesarios para la elevación del agua, cuando fuese necesario la zona

de bombeo albergara los dispositivos de la maniobra. Debe permitir la facilidad de movimiento, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipos (ver fig. 3.5).

El dimensionamiento de la caseta dependerá del tipo de bomba que se emplee. Los casos más comunes son:

- a) Cuando se emplean bombas estacionarias de eje horizontal y de eje vertical: estarán albergadas en la caseta de bombeo, junto con los motores, generadores, tableros, circuitos y válvulas de accionamiento necesarias.
- b) Cuando se empleen bombas sumergibles: la caseta de bombeo servirá para alojar los circuitos y tablero de control, eventualmente el generador y válvulas de accionamiento de la línea de impulsión.
- c) Las dimensiones de la sala de bombas deben permitir igualmente facilidad de movimiento, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipamientos y además abrigar, cuando fuere el caso, los dispositivos de servicio para maniobra y movilización de las unidades instaladas. Se debe considerar:
 - d) El espacio libre para la circulación en torno a cada bomba, debe preverse de preferencia con un valor mayor a 1,50 m pero no menor a 1,0 m. En el caso de bombas de escurrimiento axial, la distancia mínima es de tres diámetros de la bomba.
 - e) Todos los accesos a la sala de bombas deben situarse a un mínimo de 1,0 m por encima de nivel máximo del pozo de succión, si fuera el caso.
 - f) Cuando la sobre elevación del piso de la sala de bombas fuera menor que 1,0 m

con relación al nivel máximo de agua en el pozo de succión, el asentamiento de la misma debe ser hecho como para una instalación sujeta a inundación.

- g) En el caso que el piso de la sala de bombas se localizase por debajo del nivel máximo de agua en el pozo de succión, deben ser previstas bombas de drenaje. La superficie de la sala de bombas deberá ser establecida tomando en cuenta el tamaño del pozo de succión, y las dimensiones complementarias deben ser estudiadas a fin de posibilitar una buena distribución, minimizando la construcción civil. La disposición de los grupos moto-bombas, siendo éstas del tipo horizontal, debe obedecer, tanto como sea posible, las disposiciones en zigzag o en diagonal.

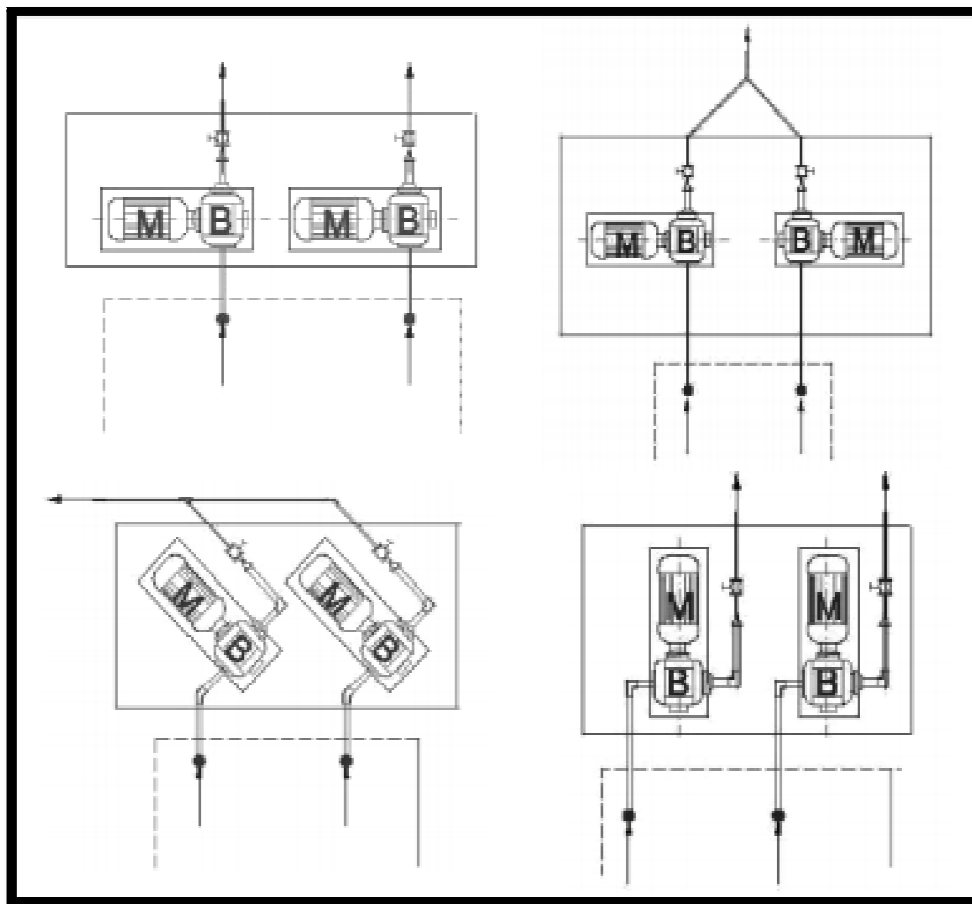


Fig. 3.5: Disposición de bombas centrífugas de eje horizontal en una cisterna de bombeo

3.1.5 TUBERÍA Y ACCESORIOS DE SUCCIÓN

La tubería de succión debe ser la más corta posible, evitándose al máximo, piezas especiales como curvas, codos, etc. La tubería de succión debe ser siempre ascendente hasta alcanzar la bomba. Se pueden admitir pequeños tramos perfectamente horizontales.

La altura máxima de succión más las pérdidas de carga, debe satisfacerlas especificaciones establecidas por el fabricante de las bombas. Teóricamente, la altura de succión máxima sería de 10,33 m a nivel del mar (una atmósfera), sin embargo, en la práctica es muy raro alcanzar 7,50 m. Para la mayoría de las bombas centrífugas la altura de succión debe ser inferior a 5 m. (Los fabricantes generalmente especifican, las condiciones de funcionamiento, para evitar la aparición de fenómenos de cavitación. Para cada tipo de bomba debe ser verificada la altura máxima de succión). En el cuadro 3.1 se especifica las alturas máximas permisibles de succión en función de la presión atmosférica:

Cuadro 3.1: Alturas máximas de succión

Altitud (m)	Presión Atmosférica (mca)	Limite practico de succión (m)
0	10.33	7.60
300	10.00	7.40
600	9.64	7.10
900	9.30	6.80
1200	8.96	6.50
1500	8.62	6.25
1800	8.27	6.00
2100	8.00	5.70
2400	7.75	5.50
2700	7.50	5.40
3000	7.24	5.20

El diámetro de la entrada de la bomba no debe ser tomado como indicación para el diámetro de la tubería de succión. Para la tubería se adoptan diámetros mayores con

el objeto de reducir las pérdidas de carga. El diámetro de la tubería de succión debe ser tal que la velocidad en su interior no supere los valores especificados en el cuadro 3.2:

Cuadro 3.2: Diámetro de la tubería de succión en función a la velocidad

Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
50	0,75
75	1,10
100	1,30
150	1,45
200	1,60
250	1,60
300	1,70
400 o mayor	1,80

La pérdida de carga por fricción a lo largo de la tubería de succión puede calcularse mediante la fórmula de Hanzen – Wlliams:

$$V = 0.355 * D^{0.63} * S_f^{0.54}$$

Donde:

V = Velocidad media, m/s.

D = Diámetro, m.

S_f = Pérdida de carga unitaria, m/m.

C = Coeficiente que depende de la naturaleza de la paredes de los tubos (material y estado).

Los valores mas empleados del coeficiente de pérdida de carga se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3: Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

MATERIAL	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado, tubos nuevos.	130
Acero soldado, tubos en uso.	90
Fierro fundido, nuevos	130
Fierro fundido, después de 15 o 20 años	100
Fierro fundido, gastados	90
PVC	140 -150
Concreto, con buena terminación	130
Concreto, con terminación común.	120

Para el cálculo de las pérdidas de carga localizadas en la tubería de succión o impulsión se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$h_f = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga, m.

K = Coeficiente de pérdida de carga singular adimensional.

V = Velocidad media en la sección, m/s.

g = Aceleración de la gravedad, m/s^2

Para piezas o accesorios comunes, se utilizarán los coeficientes de pérdida de carga especificadas en el cuadro 3.4:

Cuadro 3.4: Perdidas de carga por accesorio

PIEZA O ACCESORIO	K
Compuerta abierta	1
Codo 90°	0.9
Codo 45°	0.4
Curva de 90°	0.4
Curva de 45°	0.2
Curva de 22.30°	0.1
Rejilla	0.75
Boquillas	2.75
Válvula de ángulo abierta	5
Válvula de compuerta abierta	0.2
Válvula tipo globo abierta	10
Salida de tubo	1
Entrada normal de tubo	0.5
Entrada de borda	1
Válvula de pie	1.75
Válvula de retención	2.5
Ampliación gradual	0.3
Reducción gradual	0.15

El diámetro interno de la tubería de succión puede calcularse con la siguiente expresión:

$$d = 1.1284 * \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

Donde:

d = Diámetro interno de la tubería de succión, m.

Q = Caudal de bombeo, m³/s.

V = Velocidad media de succión, m/s.

Otros aspectos que deben tomarse en consideración en el diseño y cálculo de tubería de succión son los siguientes:

- En la extremidad de la tubería de succión debe ser instalada una rejilla, con un área libre de los orificios de la criba de 2 a 4 veces la sección de la tubería de succión.
- En el caso de que no se disponga de otro medio de cebar la bomba, deberá ser prevista la utilización de válvula de pie en la extremidad de la tubería de succión.
- Cuando el diámetro de la tubería de succión es mayor que el de admisión de la bomba, la conexión debe realizarse por medio de una reducción excéntrica con su parte superior horizontal a fin e evitar la formación de bolsas de aire.
- En tuberías de succión verticales, las reducciones serán concéntricas.
- La tubería de succión generalmente tiene un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de descarga.
- En una tubería de succión con presión positiva debe instalarse una válvula de compuerta.
- En una tubería de succión que no trabaje con presión positiva debe instalarse una válvula de retención en su extremo inferior para evitar el cebado.
- Siempre que las diversas bombas tuvieran sus tuberías de succión conectadas a una tubería única (de mayor diámetro), las conexiones deberán ser hechas por medio de Y (uniones), evitándose el empleo de Tes.
- No deben ser instaladas curvas horizontales, codos o tes junto a la entrada de las bombas.

3.1.6 TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE IMPULSIÓN

El diámetro de la tubería de impulsión deberá ser determinado en base a un análisis

técnico económico; teóricamente puede asumir cualquier valor; sin embargo, existe un valor para el cual cumple los criterios mencionados.

El análisis debe considerar que si el diámetro adoptado es grande, la pérdida de carga en la tubería será pequeña y por tanto la potencia de la bomba será reducida; consecuentemente el costo de la bomba será reducido, pero el de la tubería de impulsión será elevado. El análisis inverso también es valedero, es decir, si adoptamos un diámetro pequeño, al final, el costo de la tubería de impulsión será reducido y el de la bomba será elevado.

El cálculo de la tubería de impulsión para sistemas que trabajan continuamente se puede calcular empleado la fórmula de Bresse:

$$D = K * \sqrt{Q}$$

Donde:

- D : Diámetro económico, m.
- K : Coeficiente entre 0.9-4.0.
- Q : Caudal de bombeo, m³/s.

De acuerdo a esta fórmula la medición de una línea de impulsión se hace básicamente por imposiciones económicas, por tanto, el valor del coeficiente K es consecuencia del precio de la energía eléctrica, de los materiales y de las máquinas empleadas en las instalaciones, variando por esto con el tiempo y con la región considerada.

Tratándose de instalaciones pequeñas, como son las que existen en el área rural, la fórmula de Bresse puede llevar a un diámetro aceptable. Para el caso de grandes instalaciones, dará una primera aproximación y es conveniente un análisis económico, en el cual sean investigados los diámetros más próximos inferiores y superiores.

Para estaciones que no son operadas las 24 horas del día, el diámetro económico viene dado por la siguiente expresión:

$$D = 1.3 * \lambda^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Q}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{\text{Numero de horas de bombeo}}{24}$$

En el diseño y cálculo de tuberías de impulsión, además, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Dotar al sistema de los dispositivos que aseguren los riesgos debido al fenómeno del golpe de ariete.
- A la salida de la bomba debe proyectarse una válvula de retención y una de compuerta. Asimismo, debe considerarse la instalación de uniones flexibles para mitigar los efectos de vibración.
- En todo cambio de dirección debe considerarse elementos de anclaje y sujeción.
- El diámetro de las tuberías largas, debe ser calculado con velocidades relativamente bajas, generalmente entre 0,65 a 1,50 m/s.
- El diámetro de la tubería de impulsión, para distancias cortas, debe calcularse para velocidades mayores, que esté entre 0,50 a 3,00 m/s.

La tubería de impulsión no debe ser diseñada con cambios bruscos de dirección de flujo. Deben instalarse los dispositivos necesarios para evitar el contra flujo del agua, cuando la bomba deja de trabajar o en caso de que exista falla eléctrica.

3.2 TUBERIAS DE HDPE

Gracias a su alta resistencia a la abrasión y corrosión, facilidad de manejo e instalación y buena resistencia mecánica, son para conducción de agua con sedimentos en interior mina.

La tubería de polietileno tiene diferentes diámetros y espesores de pared, para un amplio rango de presiones, cubriendo así las exigencias del rubro minero.

Uno de los mas recientes desarrollos concierne a un grado de HDPE con propiedades de resistencia significativamente mayores que las del HDPE tradicional.

El PE (polietileno) corresponde a una nueva generación de polietilenos de alta densidad. Tiene un valor de la tensión circunferencial máxima admisible más elevado e igual a 10 Mpa (que es igual a 1019.74 mca).

Este nuevo grado, denominado PE 100 es usado particularmente en tuberías de agua a presión, obteniéndose un ahorro en el espesor de pared de las tuberías en aproximadamente 35% comparado con una tubería de HDPE tradicional.

El PE 100 posee pues características mecánicas superiores y permite fabricar tubos con presiones nominales mas elevadas de hasta 2,5 Mpa (que es igual a 254.94 mca) y con espesores reducidos.

3.2.1 VENTAJAS DE USAR TUBERIAS DE HDPE

Estas tuberías poseen la siguiente ventaja:

- Livianas: ya que poseen una densidad de 0.96 g/cm^3 .

- Flexibilidad y Resistencia: Se elimina el uso de equipos para carga pesada para la instalación. La flexibilidad soluciona miles de problemas que no se pueden dar con concreto, PVC o hierro.

- Resistencia Química: La resistencia del polietileno de alta densidad a las sustancias químicas ha sido evaluada en diferentes trabajos con éxito total. La resistencia ha sido evaluada en función del comportamiento de una probeta de HDPE sumergida en el fluido en mención a 20°C y 60°C.

- Menores COSTOS de Instalación: por la flexibilidad y forma de instalación los costos son menores comparados con otros materiales de tubería. Adicionalmente, al no gotear, reduce los costos de mantenimiento y reposición simultáneamente.

- Resistencia a la Abrasión: Mientras que en condiciones normales de uso los tubos de cemento han logrado resultados aceptables en el campo industrial, los tubos de plástico han sustituido ventajosamente a los tubos de acero que estaban expuestos a una fuerte erosión; pruebas comparativas han demostrado que existen una marcada diferencia de erosión.

- Baja Conductividad térmica

- Resistente a Altas Presiones y al Impacto

- Bajo precio: Permite el retorno de la inversión en breve plazo.

- Sistemas de unión: Las tuberías de HDPE se pueden unir mediante termofusión por soldadura a tope, por electro-fusión o bien por soldadura tipo soquete. El sistema de soldadura a tope es reconocido en la industria como un sistema de unión de gran confiabilidad, es costo efectivo, no requiere coplas, no se producen filtraciones y las uniones son más resistentes que la tubería misma.

Las tuberías también pueden unirse por medios mecánicos, tales como stub ends y flanges, coplas de compresión o uniones tipo Victaulic. No se pueden unir mediante solventes o adhesivos. Estas cualidades la hacen perfecta para diversos usos en diversas condiciones y llegan a durar hasta 100 años. Las paredes suaves disminuyen la fricción lo cual aumenta el flujo en el mismo diámetro de otro tipo de tuberías, para la fórmula de Hazen-Williams, el valor “C” tomaría el valor de 150, pero si el flujo es gravitacional entonces “n” toma el valor de 0.009 para la fórmula de Manning.

Cuadro 3.5: Propiedades físicas, mecánicas y térmicas del HDPE

PROPIEDADES FISICAS DEL HDPE.			
Propiedad	Unidad	Valor	Norma
Densidad	g/cm ³	0.945 - 0.955	DIN 53479
Viscosidad específica (Índice de viscosidad límite)	cm ³ /g	300	ISO/R 1191
Índice de fusión MFI 190/5	G/10MIN	0.4 - 0.8	DIN 53735
Propiedades mecánicas			
Tensión de tracción (rango elástico)	N/mm ²	22	DIN 53455
Elongación límite (rango elástico)	%	15	R 527
Resistencia a la rotura	N/mm ²	32	
Alargamiento de rotura	%	> 800	
Tensión límite de flexión	N/mm ²	28	DIN 53452
Módulo de resistencia a la torsión	N/mm ²	240	DIN 53477
Dureza de bola	N/mm ²	40	DIN 53456
Dureza Shore D	-	60	DIN 53505
Resistencia al impacto con entalladura	mJ/mm ²	15	DIN 53453
Resistencia al impacto con entalladura, a +23°C y -40°C.	mJ/mm ²	sin rotura	DIN 53453
Propiedades térmicas			
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 90°C.	mm/m x °C	0.17	DIN 52328
Conductividad térmica a 20°C	w/m x K	0.43	DIN 52612

Cuadro 3.6: Relación entre presión y temperatura de trabajo en tuberías de HDPE

T (°C)	Años de vida útil esperada	Presión de trabajo en Kg/cm ² para distintas clases de tuberías					
		PN2,5	PN3,2	PN4	PN6	PN10	PN16
10 °C	1	3.4	4.3	5.4	8	13	21.4
	5	3.2	4.1	5.1	7.7	12.8	20.5
	10	3.2	4	5	7.6	12.6	20.2
	25	3.1	3.9	4.9	7.3	12.2	19.5
	50	3	3.8	4.8	7.2	12	19.2
20 °C	1	2.9	3.6	4.6	6.8	11.4	18.2
	5	2.7	3.5	4.3	6.5	10.8	17.3
	10	2.7	3.4	4.2	6.4	10.6	17
	25	2.6	3.3	4.2	6.2	10.4	16.6
	50	2.5	3.2	4	6	10	16
30 °C	1	2.5	3.1	3.9	5.9	9.8	16.7
	5	2.4	3	3.8	5.6	9.4	14
	10	2.3	2.9	3.7	5.5	9.2	14.7
	25	2	2.5	3.1	4.7	7.8	12.5
	50	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
40 °C	1	2.1	2.7	3.4	5	8	13.4
	5	1.8	2.3	2.9	4.3	7.2	11.5
	10	1.6	2	2.5	3.7	6.2	9.9
	25	1.3	1.7	2.1	3.1	5.2	8.3
	50	1.2	1.5	1.8	2.8	4.6	7.4
50 °C	1	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
	5	1.2	1.5	1.9	2.9	4.8	7.7
	10	1.1	1.3	1.7	2.5	4.2	6.7
	15	1	1.3	1.6	2.4	4	6.4
60 °C	1		1.5	1.9	2.9	4.8	7.7
	5	1.2	1.1	1.4	2	3.4	5.4

3.2.2 TERMOFUSION

La Termofusión es un método de soldadura simple y rápida, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. La superficie de las partes que se van a unir se calientan a temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión.

Apropiada para la unión de tuberías de la misma relación ϕ / espesor, con diámetros desde 32 mm hasta 630 mm.

Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, y es económica.

Las superficies a soldar deben comprimirse contra el termoelemento con una fuerza que es proporcional al diámetro de la tubería y luego se debe disminuir hasta un valor determinado de presión, con el objeto de que las caras absorban el calor necesario para la *polifusión*. Esta disminución provoca la formación de un cordón regular alrededor de la circunferencia, que está relacionado directamente con el espesor del tubo

Los parámetros que se deben controlar para lograr una buena soldadura son:

- Temperatura superficial de la plancha.
- Presión de precalentamiento.
- Presión de calentamiento.
- Presión de unión.
- Tiempo de enfriamiento.
- Tiempo de separación.

Se debe probar la exactitud de los termómetros del termoelemento con un pirómetro de superficie o indicador de barra de lápiz, por lo menos una vez al día. Se deberá tener especial cuidado con las condiciones climáticas en el área de trabajo, para que los parámetros recomendados no sean alterados y den lugar a enfriamientos muy rápidos y a una distribución desigual de la temperatura.

A. EQUIPOS NECESARIOS

Este procedimiento requiere: Herramienta Biseladora, Calibrador de Profundidad (algunos fabricantes combinan la Herramienta Biseladora con el Calibrador de

Profundidad) Mordaza de Anillo Frío, Herramienta de Calentamiento con caras de enchufe macho y hembra, equipo para medir el tiempo (por ejemplo un reloj con segundo). Es deseable contar con herramientas de fijación para tuberías y accesorios de 2" IPS (90 mm DE) y mayores. Se sugiere el uso de guantes de trabajo limpios.

B. PARÁMETROS DE PREPARACIÓN

a. Temperatura en la superficie de la herramienta de calentamiento – mínima de 490°F (255°C); máxima de 510°F (265°C)

- Cuando las superficies de la herramienta de calentamiento estarán en contacto con la tubería principal o con el accesorio, todos los puntos en ambas superficies de la herramienta de calentamiento deben estar dentro de las temperaturas máxima y mínima prescritas, antes de comenzar.

- El material de PE derretido se puede limpiar de las caras de la herramienta de calentamiento con algún implemento de madera, por ejemplo con un abate lenguas. Para eliminar material quemado o carbonizado de las caras de enchufe, caliente las caras, inserte un pequeño trozo de tubería en la cara hembra y un accesorio de enchufe en la cara macho, luego desconecte la plancha de calentamiento y deje enfriar completamente. Al quitar el tubo y el accesorio de la herramienta de calentamiento ya fría, el material quemado o carbonizado se vendrá junto con ellos.

b. Procedimiento

b.1 Preparar

- Las Caras de Socket de la Herramienta de Calentamiento a la temperatura especificada - 490-510°F (255-265°C). Las caras de los sockets macho y

hembra en la herramienta de calentamiento deben estar limpias.

- Corte recto en los extremos – Los extremos del tubo deben estar cortados a escuadra. Si el extremo no está a escuadra, use un cortador de tubería de plástico o arco y segueta y corrija el extremo de la tubería para que quede recto.

- Cuando use un cortador de tubo de rueda, asegúrese de que la rueda del cortador no haga rosca en el tubo
 - elimine todos los cortes parciales antes de la fusión.

- En tubos de mayor tamaño, puede ser necesario eliminar el talón ante de la fusión.

b.1.1 DE del Bisel – Para todos los tamaños de tubería, bisele los extremos para eliminar el filo exterior en el DE. Elimine toda la rebaba del interior de los extremos en los tubos. Asegúrese de que el extremo del tubo esté limpio, seco y libre de material extra. Frote con un trapo limpio, seco y sin pelusa o con una toalla de papel. No toque las superficies ya limpias con las manos.

b.1.2 Instale el Calibrador de Profundidad y la Mordaza de Anillo Frío – Coloque el Calibrador de Profundidad ajustado sobre el extremo biselado del tubo y coloque la Mordaza de Anillo Frío en el DE del tubo inmediatamente detrás del Calibrador de Profundidad . Quite el Calibrador de Profundidad .

b.1.3 Limpie la conexión tipo socket- Frote la conexión tipo socket con un trapo limpio, seco y sin pelusa o con una toalla de papel. No toque las superficies ya limpias con las manos.

b.1.4 Sírvase ver el cuadro 3.7 que contiene los tiempos recomendados de calentamiento y enfriamiento.

- En la fusión a socket hay una interferencia de empate entre el tubo y el enchufe, es decir que el enchufe es ligeramente más pequeño que el tubo. No empatarán cuando están fríos.
- Las caras de la Herramienta de Calentamiento están ahusadas, lo que produce un derretido ahusado. Por tanto, el tubo y el accesorio tenderán a empujar hacia fuera de la herramienta de calentamiento durante el calentamiento y tenderán a separarse cuando las una al principio. Es necesario sostener el tubo y el casorio contra las caras del calentador durante el calentamiento y sostenerlas juntas durante la fusión.
- Cuando use un cople de enchufe para unir tubería enrollada, de ser posible haga los tubos en forma de “S” a cada lado del cople para compensar la curvatura del rollo y facilitar la unión del segundo tubo al cople.

b.2 Calentar

b.2.1 Verifique que la herramienta de calentamiento mantenga la temperatura correcta.

b.2.2 Meta el accesorio de enchufe en la cara macho del enchufe. El accesorio de enchufe debe llegar hasta el fondo y sostenerse contra la superficie de apoyo en la cara del calentador macho.

b.2.3 Meta el extremo del tubo en la cara del enchufe hembra. La Mordaza de Anillo Frío debe estar completamente contra la cara del enchufe hembra y fija en su lugar.

b.2.4 El tiempo de calentamiento comienza cuando el anillo frío está contra la cara

del calentador hembra.

b.2.5 Sostenga el accesorio y el tubo en su lugar contra las caras del calentador conforme el tiempo de calentamiento señalado en la Tabla 3.7. **NO RETUERZA LA TUBERÍA, EL ACCESORIO O LA HERRAMIENTA DE CALENTAMIENTO.**

b.3 Fundir

b.3.1 Al terminar el tiempo de calentamiento, **RÁPIDAMENTE** quite el tubo de la Herramienta de calentamiento, y luego quite el accesorio de la Herramienta de calentamiento. Enchúfelos en forma recta con un golpe rápido en el mango de la Herramienta de Calentamiento.

- **Importante:** Retire la tubería y el accesorio en forma recta de las caras de la Herramienta de Calentamiento.

No desplace el derretido. Si quita la tubería o el accesorio en ángulo o retorciendo, porque el derretido se puede desplazar y la unión puede fugar o fallar. Agarre el tubo detrás de la Mordaza de Anillo Frío. Jalar de la palanca de la Mordaza de Anillo Frío puede ocasionar un deslizamiento o el desplazamiento del derretido.

b.3.2 RÁPIDAMENTE revise el patrón del derretido en la tubería y en la conexión tipo socket. Las superficies deben estar derretidas al 100% sin que haya puntos fríos.

- Si el derretido no es complete, ya no continúe haciendo la unión. Corte el extremo derretido del tubo, use un accesorio nuevo y comience todo nuevamente desde el paso (a). Nunca reutilice un accesorio derretido. Si el derretido es correcto, continúe con el proceso de fusión.

b.3.3 Dentro de los tres segundos siguientes a que retire tubo y accesorio de la Herramienta de calentamiento, firmemente empuje el extremo del tubo y la conexión tipo socket en forma recta y únalos hasta que la Mordaza de Anillo Frío haga un contacto firme con el extremo de la conexión tipo socket.

- Agarre el tubo detrás de la Mordaza de Anillo Frío. Si empuja el mango de la Mordaza de Anillo Frío podría ocasionar un deslizamiento o una unión chueca.

b.3.4 Sostenga el tubo y el accesorio juntos con firmeza conforme al tiempo de enfriamiento señalado en el cuadro 3.7.

NO RETUERZA LA TUBERÍA O EL ACCESORIO.

- Importante: Presione tubería y accesorio juntos en forma recta. Si los une en ángulo o desalineados, la junta puede fugar o fallar.

c. Enfriar

c.1 La fuerza de retención puede aliviarse cuando termine el tiempo de enfriamiento señalado en el cuadro 3.7.

Después de 3 minutos adicionales de enfriamiento sin perturbar la unión, puede ya quitar la Mordaza de Anillo Frío. Deje otros 10 minutos de enfriamiento adicional sin perturbar la unión antes de hacer pruebas, rellenar o tensionar la unión.

El tiempo total de enfriamiento es el tiempo de enfriamiento señalado en la Cuadro 3.7 (manteniendo la unión junta y con firmeza), más 13 minutos.

c.2 Limpie las caras del calentador cuidadosamente después de cada fusión con un

implemento de Madera, como por ejemplo un abate lenguas, para eliminar cualquier PE derretido de las caras de los sockets macho y hembra.

Cuadro 3.7: Tiempos de calentamiento y enfriamiento para diversos diámetros

Diámetro del tubo	Tiempo de calentamiento	Tiempo de enfriamiento	Profundidad de inserción
3/8"	7 seg	2 min	14 mm
1/2"	8 seg	2 min	15 mm
3/4"	12 seg	2 min	16 mm
1"	16 seg	2 min	18 mm
1 1/4"	20 seg	3 min	22 mm
1 1/2"	24 seg	4 min	24 mm
2"	28 seg	5 min	27 mm
2 1/2"	35 seg	6 min	33 mm
3"	40 seg	6 min	36 mm
4"	50 seg	8 min	48 mm
5"	60 seg	10 min	51 mm
6"	70 seg	12 min	55 mm
8"	82 seg	15 min	60 mm
10"	88 seg	18 min	64 mm

3.3 UNIONES DESMONTABLES

Las uniones desmontables facilitan fácil acceso y desmontaje de equipos para mantenimiento después de largo período de sistemas de tuberías. En lugar de mover grandes secciones de tubería fija, usen las Uniones Desmontables para crear espacio y fácil acceso a bombas, caudalímetros y válvulas.

3.3.1 UNIONES PORTAFLANGES Y FLANGES

Este sistema es utilizado principalmente para acoplamiento a bombas, válvulas, etc. También es útil si se trata de instalaciones que serán des-montadas a futuro. Para

realizar esta unión se requiere:

- Stub end o porta flange.
- Flange.
- Pernos con tuerca o espárragos con tuercas.

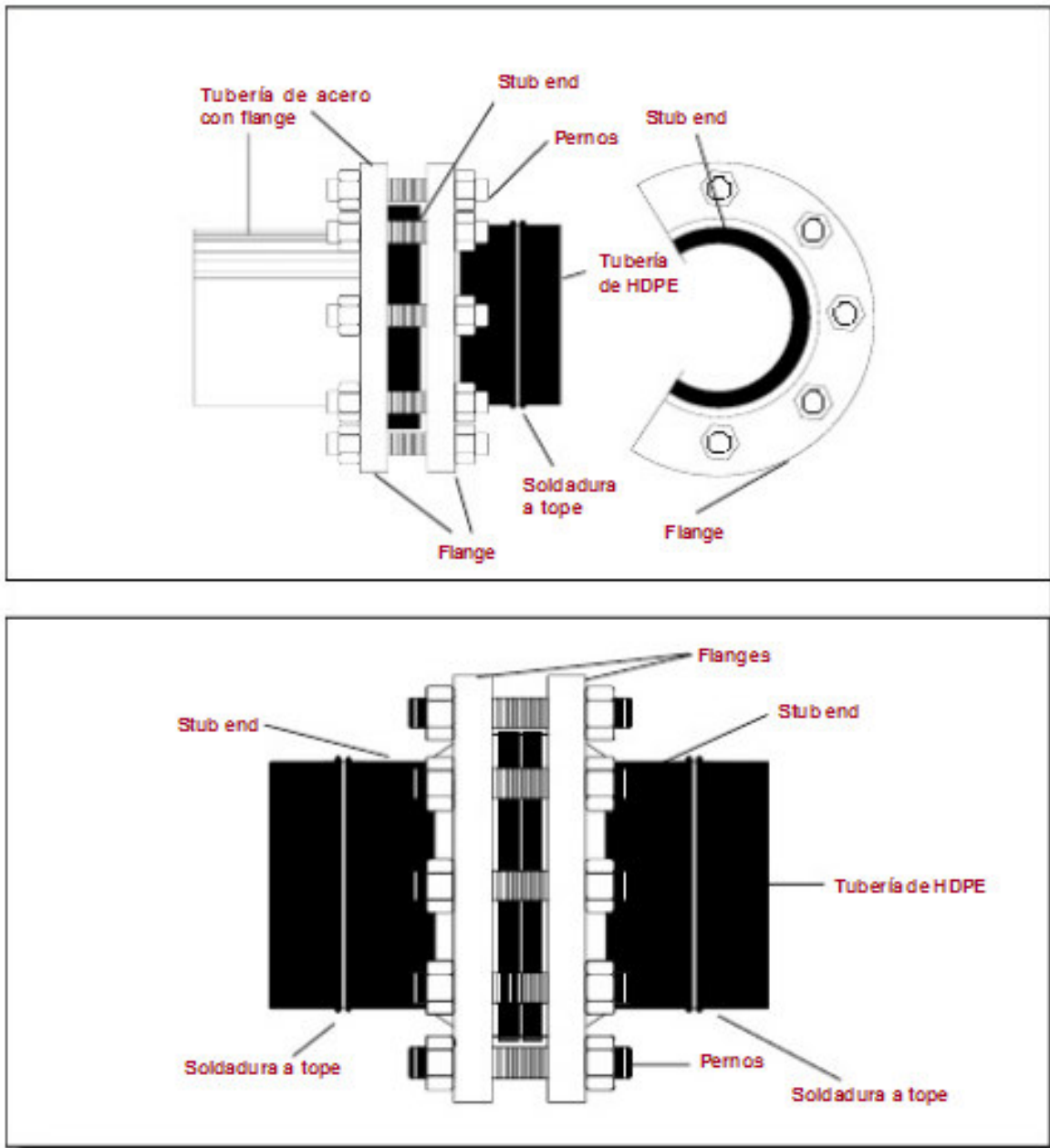


Fig. 3.6: Configuración de los flanges y stub end

La figura 3.6 ilustra el método de unión con flanges para unir tuberías de HDPE entre sí o a tuberías de otros materiales. Pueden utilizarse empaquetaduras entre los stub ends aunque a veces no es necesario. Se debe aplicar un torque suficiente a los pernos para prevenir filtraciones. Luego de la instalación inicial y el apriete de las conexiones, es una buena práctica permitir que las conexiones se ajusten por un período de tiempo (usualmente un par de horas). Transcurrido este período se debe realizar un apriete final de los pernos; de esta manera se logra sellar la unión.

3.3.2 UNIÓN TIPO VICTAULIC

Las uniones tipo Victaulic reúnen las ventajas de la rapidez de la instalación, integridad del diseño y confiabilidad del funcionamiento. El acoplamiento métrico estilo 995 está diseñado específicamente para unir mecánicamente la tubería de HDPE de tamaños métricos de las especificaciones dimensionales ISO 161-1 y DIN 8074 para SDR de 32,5 a 7,3. El acoplamiento cuenta con hileras de dientes de sujeción integrales en ambos lados de la carcasa. A medida que se aprietan las carcasas, los pernos fuerzan a los dientes a morder la tubería. Este diseño permite unir directamente tuberías de HDPE sin necesidad de un equipo de termofusión. Figura 3.7. Los acoplamientos métricos estilo 995 vienen con empaquetadura de grado «E» (rango de temperatura de -34°C a 110°C), para servicio de agua dentro del rango recomendado de temperatura, además de una variedad de ácidos diluidos, numerosos productos químicos y aire libre de aceite. No se recomienda para servicio de petróleo. También se encuentra disponible una empaquetadura de grado «T» (rango de temperatura de -29°C a 82°C) para servicio de petróleo, aire con vapores de aceite, aceites vegetales y minerales, dentro del rango de temperatura especificado.

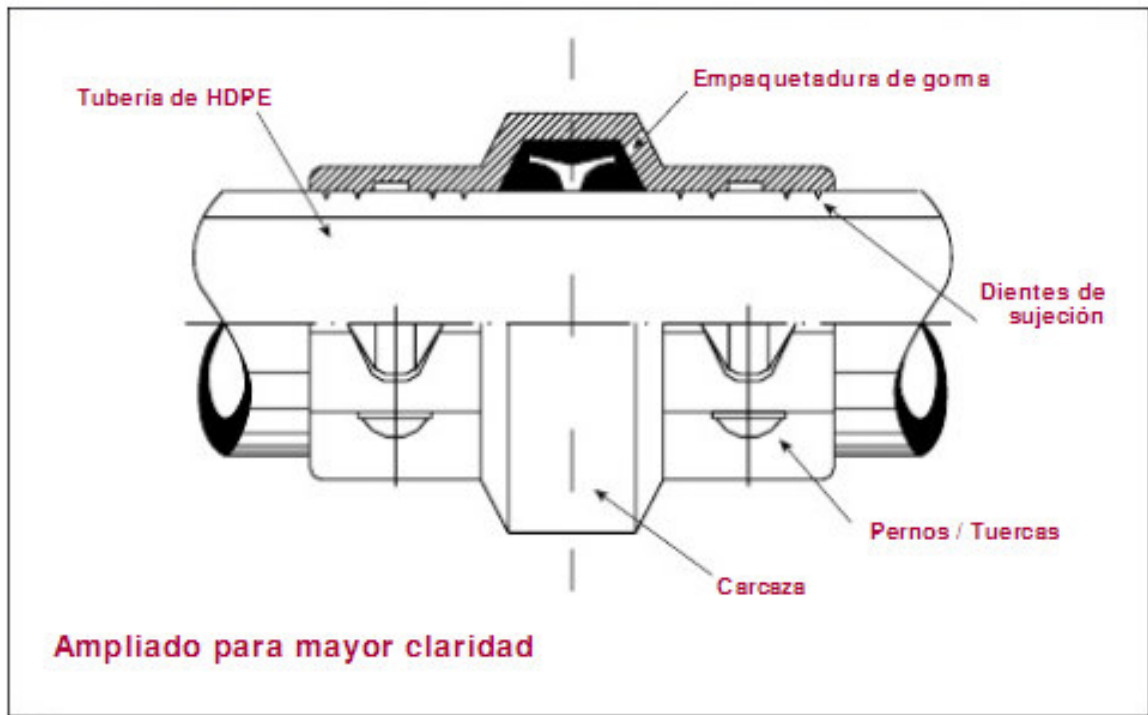


Fig 3.7: Unión tipo Vitaulic

3.3.3 INSTALACIÓN SUPERFICIAL

Generalmente, las tuberías de HDPE se instalan bajo tierra. Sin embargo, existen situaciones en las cuales la instalación superficial presenta ventajas, como por ejemplo:

- Líneas para la conducción de pulpas o relaves mineros que a menudo son relocalizadas y permiten ser rotadas para distribuir el desgaste en la tubería.
- Condiciones ambientales: la resistencia y flexibilidad de las tuberías de HDPE a menudo permiten instalaciones a través de pantanos o sobre áreas congeladas.
- Instalaciones sobre zonas rocosas o a través del agua resultan a veces los métodos más económicos.
- Su bajo peso y facilidad de montaje permiten una disponibilidad inmediata en instalaciones temporales.

3.4 TUBERIAS ALVENIUS

El Sistema Tubular Alvenius es constituido básicamente de tubos y conexiones fabricados en acero al carbono que son unidos por acoplamientos de hierro fundido tipo K. El Sistema garantiza una solución completa en el transporte de fluidos y presenta características con ventajas increíbles por su versatilidad, facilidad, seguridad y economía en el montaje, generando un costo final competitivo.

El Sistema ofrece fácil alineación, diámetros y espesuras de los tubos con tolerancias mínimas, excelente durabilidad y resistencia combinadas con bajo peso.

En la minería las tuberías de alvenius se usa para almacenaje, transporte, montaje y desmontaje simples que son las características mas apreciadas en el transporte de agua, aire comprimido, pulpa de minería, desechos y fluidos abrasivos.

3.5 PLANTEAMIENTO DE FORMULAS

3.5.1 CALCULO DE VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO

Utilizando la ecuación de continuidad, tenemos lo siguiente:

$$V = \frac{4*Q_b}{\pi*D_i^2} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo

D_i : Diámetro interior

V : Velocidad media del agua a través de la tubería.

3.5.2 CALCULO DE LA ALTURA DINAMICA TOTAL

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una maquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de A.D.T. proviene de la suma de la altura geométrica + altura de pérdidas:

$$ADT = H_g + h_p \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

H_g : Altura geométrica

H_p : Altura por pérdidas

Además: $h_p = h_{friccion} + h_{carga\ local} \dots\dots\dots(3)$

3.5.3 PERDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS

Las pérdidas de carga que presentan en las líneas de impulsión se dividen en dos tipos: $h_{friccion}$ y $h_{singularidad}$; las cuales definiremos a continuación:

A. PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION

Obteniendo la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea usando la ecuación de Hanzen – Williams:

$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

- Q_b : Caudal de bombeo m^3/s
- D_i : Diámetro interior de la sección transversal de la tubería.
- C : Coeficiente de rugosidad de Hanzen – Wlliams.
- H_f : Pérdida de carga por fricción.
- L : Longitud de tubería con diámetro constante.

B. PERDIDAS DE CARGA LOCAL

Además de las pérdidas de energía por fricción, hay otras pérdidas "menores" asociadas con los problemas en tuberías. Se considera que tales pérdidas ocurren localmente en el disturbio del flujo. Estas ocurren debido a cualquier disturbio del flujo provocado por curvaturas o cambios en la sección. Son llamadas pérdidas menores porque pueden despreciarse con frecuencia, particularmente en tuberías largas donde las pérdidas debidas a la fricción son altas en comparación con las pérdidas locales. Sin embargo en tuberías cortas y con un considerable número de accesorios, el efecto de las pérdidas locales será grande y deberán tenerse en cuenta.

Las pérdidas menores son provocadas generalmente por cambios en la velocidad, sea magnitud o dirección. Experimentalmente se ha demostrado que la magnitud de las pérdidas es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad. Es común expresar las pérdidas menores como función de la cabeza de velocidad en el tubo, $V^2/2g$:

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

K = Depende del accesorio por donde transita el flujo.

Con h_L la pérdida menor y K el coeficiente de pérdida. Valores de “K” para todo tipo de accesorio, son encontrados en los textos de fluidos e hidráulica.

Luego reemplazamos (4) y (5) en (3):

$$h_p = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L + \sum k * \frac{v^2}{2g}$$

3.5.4 POTENCIA DE IMPULSION

Una vez cuantificadas las perdidas se procede a encontrar la potencia necesaria para impulsar el agua desde la cámara de bombeo inferior hasta la cámara de bombeo superior. Las pérdidas de carga por fricción y locales son fundamentales en la determinación de la altura dinámica total para la obtención de la potencia que se empleará en el equipo de bombeo.

A. POTENCIA DE CONSUMO

La Energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como Potencia de Consumo (P_c) y es calculada por la expresión:

$$P = \frac{GE * Q * ADT}{76 * \eta_s}$$

Donde:

- P : Potencia de consumo, en HP.
- ADT : Altura dinámica total (ADT), en m.
- Q : Caudal de bombeo, en litros.
- GE : Gravedad específica, adimensional (a 10°C es 0.9997).
- η_s : Eficiencia de la bomba, en porcentaje.

3.5.5 NPSH POSITIVO

También denominada ANPA, o altura neta positiva de aspiración (en inglés, NPSH Net Positive Suction Head) es un parámetro que define la diferencia entre la presión del líquido en el eje impulsor y su presión de vapor a la temperatura que se realiza el bombeo.

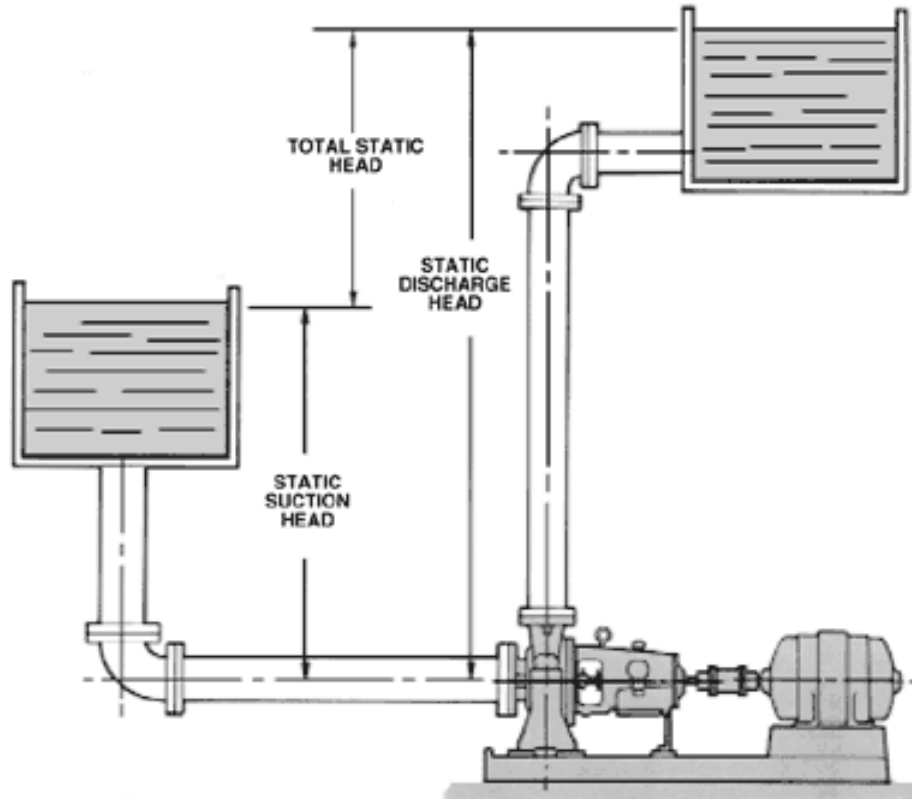


Fig 3.8 Carga Neta de Succión Positiva

Se consideran dos tipos de NPSH:

A. NPSH DISPONIBLE (NPSH_d)

Es un parámetro característico de cada instalación e independiente de la bomba empleada. La expresión que define el NPSH disponible es la siguiente, obtenida a partir de aplicar el principio de conservación de la energía entre la superficie libre del líquido y el punto de aspiración:

$$NPSHd = \frac{Pa}{\gamma} - Ha - hf - \frac{Pv}{\gamma}$$

Donde:

γ : Es el peso específico del líquido (Kg/m³).

Pa : Es la presión en el nivel de aspiración, en Pa

Ha : Es la altura geométrica de aspiración en m.c.l.

hf : Es la pérdida de carga en la línea de aspiración, en m.c.l.

Pv : Es la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, en Pa

La presión atmosférica (Pa) que se tiene en la superficie del agua del depósito de aspiración, para aquellos depósitos abiertos a la atmósfera, como puedan ser pozos, embalses de agua, piscinas, etc. es variable con la altura topográfica que tiene el terreno sobre la que se asienta el depósito. El efecto de la presión atmosférica (Pa) con la altitud se puede determinar con la siguiente expresión:

$$Pa (m) = 10,33 - \text{Altitud (m)} / 900$$

Cuadro 3.8: Presión absoluta de vapor del agua a diferentes temperaturas de bombeo

Temperatura (° C)	Presión absoluta de vapor del agua (m. c. a.)
0	0.06
10	0.12
20	0.25
30	0.44
40	0.76
50	1.26
60	2.03
70	3.20
80	4.86
90	7.18
100	10.33

Cuadro 3.9: Presión atmosférica a diferentes altitudes

Altitud (msnm)	Pa (mca)
0	10.33
500	9.73
1000	9.13
1500	8.53
2000	8.00
2500	7.57
3000	7.05
3500	6.62
4000	6.28
4500	5.88
5000	5.51

Cuadro 3.10: Peso específico del agua a diferentes temperaturas

T°C del agua	Peso específico γ (kg/m³)
0	999.8
2	999.9
4	1000.0
6	999.9
8	999.8
10	999.7
12	999.5
14	999.3
16	999.0
18	998.6
20	998.2
22	997.8
24	997.8
26	996.8
28	996.8
30	995.6

B. NPSH requerido (NPSHr)

Es un parámetro característico del tipo de bomba empleada, siendo un dato que suministra el fabricante de la bomba. La expresión que define el NPSH requerido es la siguiente:

$$NPSH_R = H_Z + \frac{V_a^2}{2 * g}$$

Donde:

H_Z : Representa la presión mínima necesaria en la zona inmediatamente anterior a los álabes del rodete de la bomba, en metros;

V_a : Es la velocidad de entrada del líquido en la bomba, en m/s. La expresión $\frac{V_a^2}{2 * g}$ representa la altura dinámica (presión) que tiene el líquido a la entrada de la bomba, en metros.

La importancia de conocer estos parámetros es vital para asegurar el correcto funcionamiento de la bomba y que permite identificar el problema más crítico que pueda surgir en el normal funcionamiento de una bomba, que es la cavitación, o formación de burbujas en la aspiración. En efecto, una bomba de agua funciona creando una bajada de presión (el vacío) en la entrada del rodete que permite succionar el agua e impulsarla hacia la salida. Esta bajada de presión que se origina en la aspiración de la bomba tiene un límite, y este límite lo marca la presión de vapor del líquido, en este caso del agua, a la temperatura a la que se encuentra el propio líquido durante el bombeo.

Por otro lado, si el vacío que se origina en la aspiración de la bomba es tal que queda por debajo de la presión de vapor del agua, entonces ésta se evapora, creándose burbujas de vapor que dificultan la entrada a la bomba. Además, estas burbujas cuando colapsan generan picos de presión que ocasionan picaduras en los álabes del rodete, además de vibraciones y ruidos que acaban

ocasionando graves daños mecánicos en la bomba. Por ello es de vital importancia evitar que se puedan producir fenómenos de cavitación en la aspiración de la bomba.

Pues bien, existe una relación que asegura que una bomba funcione correctamente sin que surjan estos problemas de cavitación. Para ello es necesario que el NPSH disponible de la instalación sea mayor que su NPSH requerido en todo el rango de funcionamiento de la bomba. Si se incluye un margen de seguridad de 0,5 metros al NPSH requerido, la condición de no cavitación sería la siguiente:

$$\text{NPSHd} \geq \text{NPSHr} + 0,5 \text{ m.}$$

IV. FORMULACION DEL PROBLEMA

Actualmente el sistema de bombeo de la compañía minera Castrovirreyna S.A. esta instalado en el interior de la unidad minera San Genaro. Dicha mina tiene 4 niveles inferiores de 50 m de altura geométrica entre nivel y nivel, actualmente el nivel del agua se encuentra a 10 metros debajo del cuarto nivel. Las cámaras de bombeo tienen una dimensión de 8 m. de profundidad x 15 m. de ancho x 2.5 m. de alto.

El sistema de bombeo actual cuenta con:

- En el 2do Nivel (Nv 800), una estación de bombeo con 04 bombas estacionarias de 75 HP, marca Hidrostral, modelo 65-200 con tipo de transmisión, con líneas de conducción independientes de 6 pulg que trasladan un caudal de agua de 114 l/s al primer nivel (Nv. 750) y en este punto va por cuneta a superficie.

- En el 4to nivel (Nv 900), una estación de bombeo con 03 bombas estacionarias

125 HP, marca Hidrostral, modelo 65-250 con tipo de transmisión directa, con líneas de conducción independientes de 8 pulg. que traslada toda el agua hacia el segundo nivel. Caudal total de bombeo del cuarto nivel al segundo nivel es de 110 l/s.

Para acceder a cada nivel y se comuniquen entre si, se construyen rampas de acceso, que son vías por donde transitan todos los equipos pesados; las galerías, niveles, rampas, accesos, etc. tienen un área transversal aprox. de 4 m de ancho x 4 m de alto y son por donde muchas veces se instalan las tuberías de bombeo.

Además de las cámaras de bombeo con bombas estacionarias, se cuenta con pozas temporales instaladas en las rampas, las cuales tienen una cantidad determinada de bombas sumergibles (4 bombas Grindex Maxi 58 Hp y 2 bombas Grindex Matador 30 Hp) y son estas bombas las que alimentan constantemente a las bombas estacionarias; por ultimo las bombas de achique (3 bombas Grindex Major 8 Hp) ubicadas en los topes de las rampas son las que alimentan a las pozas de bombeo temporales, además existen rampas alternas que donde trabajan 3 bombas sumergibles marca Grindex 2 son modelo Maxi H y 1 es una bomba modelo Matador H.

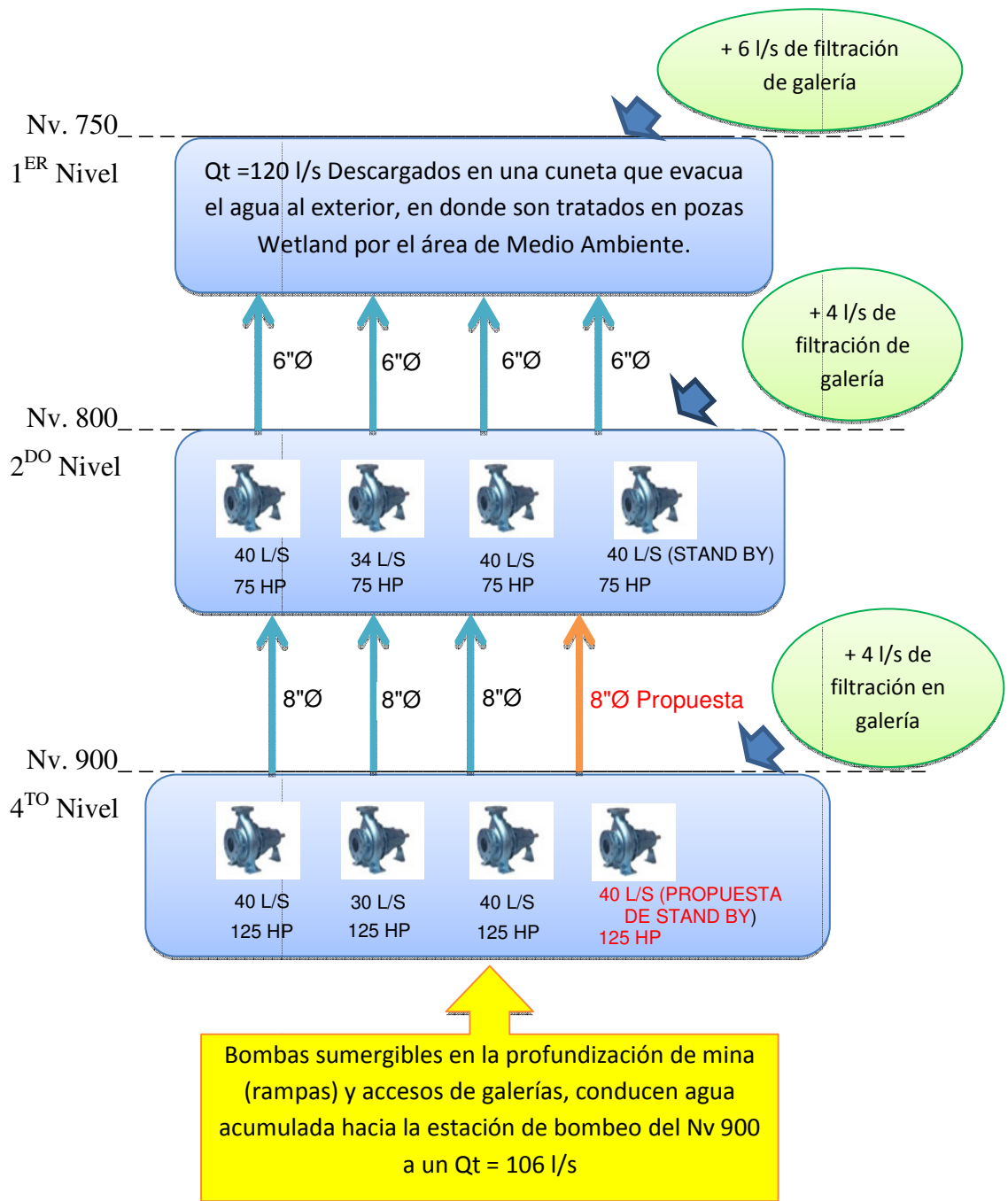


Fig. 4.1: Croquis del sistema de bombeo en interior mina

V. PROPUESTAS PARA CONSIDERAR EN EL PROYECTO

5.1 CAMBIAR LAS BOMBAS SUMERGIBLES ACTUALES POR NUEVAS

Las bombas sumergibles (útiles por ser fáciles de instalar e maniobrar) que están instaladas en las rampas, son de gran importancia, ya que estas son las que marcan el avance de la rampa o galería, sin bombas sumergibles no se podría realizar avances, ni extraer mineral, ya que son estas bombas las encargadas de dejar los topes de las profundizaciones libre de agua acumulada.

El cambio de bombas sumergibles obedece a que estos equipos ya presentan baja eficiencia, el caudal que bombean ya es bajo, así como el amperaje de consumo, por lo tanto se debe considerar su cambio por equipos nuevos.

5.2 IMPLEMENTACION DE UNA CUARTA BOMBA EN EL CUARTO NIVEL

La estación de bombeo del cuarto nivel tiene tres bombas que funcionan de manera continua, ayudados por una boya de nivel de agua, ya que al ser el caudal de 110 l/s, las tres trabajan de forma paralela, dos en forma ininterrumpida y la tercera bomba enciende cuando se acumula el agua casi hasta el tope de la poza para evitar, la inundación.

Esta estación de bombeo, no tiene bomba de stand by, por lo que se propone instalar una cuarta bomba que sirva para operar cuando alguna de las otras tres bombas salga de operación o se le tenga que hacer mantenimiento.

5.3 DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL 5TO NIVEL

Una vez concluida la rampa para comunicar el cuarto nivel con el quinto nivel, se requerirá instalar una estación de bombeo en este último nivel para poder enviarla al cuarto nivel mediante una chimenea que comunique ambos niveles en forma vertical para así generar la menor cantidad de pérdidas posibles y que permita optimizar el proceso.



Fig 5.1: Perforación de roca en profundización mina



Fig 5.2: Bomba Hidrostral

VI. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

6.1 CAMBIAR LAS BOMBAS SUMERGIBLES ACTUALES

Las bombas sumergibles que se manejan actualmente, tienen ya algunos años de operación (3 años), en el transcurso de ese tiempo se les ha hecho su overhaul (reparación mayor del equipo) respectivo, e incluso se les ha cambiado, los repuestos mas comunes para prologar su tiempo de vida. En Castrovirreyna Compañía Minera S.A. se usan por lo general, las bombas marca Grindex en los modelos Major H (8.8 HP), Matador H (30 HP) y Maxi H (58 HP), ya que por su alto grado de confiabilidad, son las mas requeridas en el rubro minero. Las llamadas bombas de achique (usadas ampliamente en minería) cumplen una función importante en los trabajos de profundización de mina, ya que estas bombas son de fácil manejo, tienen

bajo peso, por lo que permiten el traslado a diferentes puntos de interior mina usando poco personal y sirven para trabajos temporales.

En profundización mina, para pasar avanzar de un nivel a otro, se hace mediante la construcción de rampas, estas rampas de acceso tienen una pendiente de 15% y van descendiendo en forma gradual para unir los niveles que están cada 50 metros. Mientras se realizan estas rampas se construyen pozas temporales a lo largo de estas para poder enviar el agua al nivel superior, que mediante una cuneta ubicada, a un lado de la galería, drena toda el agua hacia la estación de bombeo principal. Las bombas sumergibles que se emplearan, serán bombas alquiladas, que pertenecen a la empresa Tomocorp SAC, los cuales vienen con su tablero eléctrico, no incluye el costo de instalación, ni de operación, solo el cambio de bomba en caso salga de operación.

6.1.1 EVALUACION DE LA PROPUESTA

Se analizara el costo de alquiler de las bombas en promedio que se necesita para los trabajos de profundización:

Cuadro 6.1: Costos por alquiler de bombas sumergibles para interior mina

Modelo de bomba Grindex	Cantidad de bombas	Precio de alquiler por unidad por día (\$)	Costo total por día (\$)	Costo total por mes (\$)
Major H	3	15	45	1,350
Matador H	3	27	81	2,430
Maxi H	6	60	360	10,800
			Costo total (\$)	14,580

Como se observa en la tabla anterior, el costo total por mes del alquiler de bombas es de \$ 14, 580 aproximadamente, sin contar el costo de instalación de las bombas, ni costo de instalación eléctrica.

Cuadro 6.2: Costo de energía de las bombas sumergibles alquiladas

ENERGIA	\$ USD /kWh	POT(KW)	HORAS	TOTAL (\$ USD)
* Costo estimado MES C/U 58 HP	0.072	43.3	624	1945.38
* Costo estimado MES C/U 30 HP	0.072	22.4	624	1006.39
* Costo estimado MES C/U 8.8 HP	0.072	6.56	624	294.73

El costo de energía será: $1945.38*6 + 1006.39*3 + 294.73*3 = 11672.28 + 3019.17 + 884.19 = \$ 15,575.64$.

6.2 IMPLEMENTACION DE LA CUARTA BOMBA EN LA ESTACION DE BOMBEO DEL CUARTO NIVEL (Nv. 900)

6.2.1 SITUACION ACTUAL

A. CALCULO DE PARAMETROS EN LA DESCARGA.

Tendremos en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado Total: $Q_b = 110 \text{ L/S} = 0.11 \text{ m}^3$
- Numero de bombas: 3
- Caudal bombeado por bomba: $Q_i = 0.040 \text{ m/s}$
- Diámetro interior de tubería: $D_i = K * \sqrt{Q_i} = 0.9 * \sqrt{0.04} = 0.18 \text{ m} \approx 0.2032 \text{ m} = 8 \text{ pulg}$
- Coeficiente de rugosidad: $C = 150$
- Longitud de tubería: $L = 200 \text{ m}$
- Altura Geométrica: $H = 102 \text{ m}$
- Temperatura del agua: 10°C

Como se observa, el caudal no es un dato calculado por el área de operación, sino que es un dato brindado por el área de planeamiento de mina. Además se cuenta con un desarenador, el cual garantiza que el ingreso de agua a la poza de

bombeo sea con bajo % de sedimento, garantizando de este modo el buen funcionamiento de las bombas estacionarias.

B. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO EN LA DESCARGA:

Usando la ecuación (1) de continuidad y remplazando datos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i^2}$$
$$V = \frac{4 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.2032^2 \text{ m}^2}$$
$$= 1.23 \text{ m/s}$$

Este valor es menor de 3 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

C. CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA DESCARGA

Para este calculo, usamos la ecuación (4) y (5):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$
$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L$$

Reemplazando datos en la ecuación (4):

$$h_f = \left[\frac{0.04}{0.2785 * 150 * 0.2032^{2.63}} \right]^{1.85} * 200$$
$$h_f = 1.21 \text{ m}$$

Se obtiene el siguiente cuadro al hallar los valores de “K” y sumando:

:

Cuadro 6.3: Valores de pérdida local de carga para accesorios en la descarga de la estación de bombeo del NV 900

Accesorio	Cantidad	K	Total
Curva de 90°	1	0.4	0.4
Válvula Check	1	2.5	2.5
Ampliación gradual	1	0.3	0.3
Válvula compuerta	1	0.2	0.2
Sumatoria			3.4

Reemplazando en la ecuación (2):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

Hallamos:

$$h_l = 3.4 * \frac{1.23^2}{2 * 9.81} = 0.26 \text{ m}$$

D. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO EN LA SUCCION

Usando la ecuación (1) de continuidad, considerando la tubería de succión de 10” y reemplazando datos obtenidos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.254^2 \text{ m}^2}$$

$$= 0.79 \text{ m/s}$$

El cual es menor a 1.5 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles para la succión.

E. CALCULO DE PERDIDAS EN LA SUCCIÓN.

Tomamos en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado Total: $Q_b = 110 \text{ L/S} = 0.11 \text{ m}^3$
- Numero de bombas: 3
- Caudal bombeado por bomba: $Q_i = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior de tubería: $D_i = 0.254 \text{ m} = 10 \text{ pulg}$
- Coeficiente de rugosidad: $C = 130$ (tubería de acero)
- Longitud de tubería: $L = 2 \text{ m}$
- Temperatura del agua: 10°C

Para este calculo, usamos la ecuación (4) y (5):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L$$

Reemplazando datos en la ecuación (4):

$$h_f = \left[\frac{0.04}{0.2785 * 130 * 0.254^{2.63}} \right]^{1.85} * 2$$

$$h_f = 0.005 \text{ m}$$

Se obtiene el siguiente cuadro al hallar los valores de “K” y sumando:

Cuadro 6.4: Valores de perdida local de carga para accesorios en la succión de la estación de bombeo del Nv 900

Accesorio	Cantidad	K	Total
Válvula Compuerta	1	2.5	2.5
Filtro en “Y”	1	0.05	0.05
Reducción gradual	1	0.3	0.3
Sumatoria			2.85

Luego reemplazando en la ecuación (2):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

Se obtiene:

$$h_l = 2.85 * \frac{0.79^2}{2 * 9.81} = 0.09 \text{ m}$$

F. CALCULO DEL ADT

Según ecuación (2), sumamos todos los valores hallados más la altura geométrica para encontrar nuestro ADT:

$$\text{ADT} = 102 + 1.21 + 0.26 + 0.005 + 0.09 = 103.57 \text{ m}$$

G. ANÁLISIS DE FLUJO

Se realizó el análisis de Ph del agua de mina que se tiene, saliendo como resultado un Ph de 6.5, (análisis realizado en el laboratorio químico de la Compañía minera).

H. ELECCION DE LA BOMBA ESTACIONARIA

Con los resultados obtenidos se decidió usar la bomba estacionaria marca Hidrostral modelo 65-250 de 3540 rpm, ya que esta dentro del rango de $\pm 5\%$ del punto ideal de operación. Además como se observa que el caudal es de 110 l/s, esto quiere decir que dos bombas hidrostrales modelos 65-250 funcionan permanentemente bombeando un caudal de 40 l/s, mientras que la tercera bomba funciona mediante una boya automática hace encender la tercera bomba cuando la poza de bombeo alcanza un alto nivel de agua. Esta bomba estacionaria marca Hidrostral modelo 65-250, presenta facilidades de operación ya que su peso es relativamente bajo (93 kg), en caso de requerirse un cambio de bomba permite un fácil traslado en camioneta 4x4 de superficie hasta el lugar donde trabaja y posibilita la facilidad de instalación al personal encargado de sistema de bombeo de interior mina.

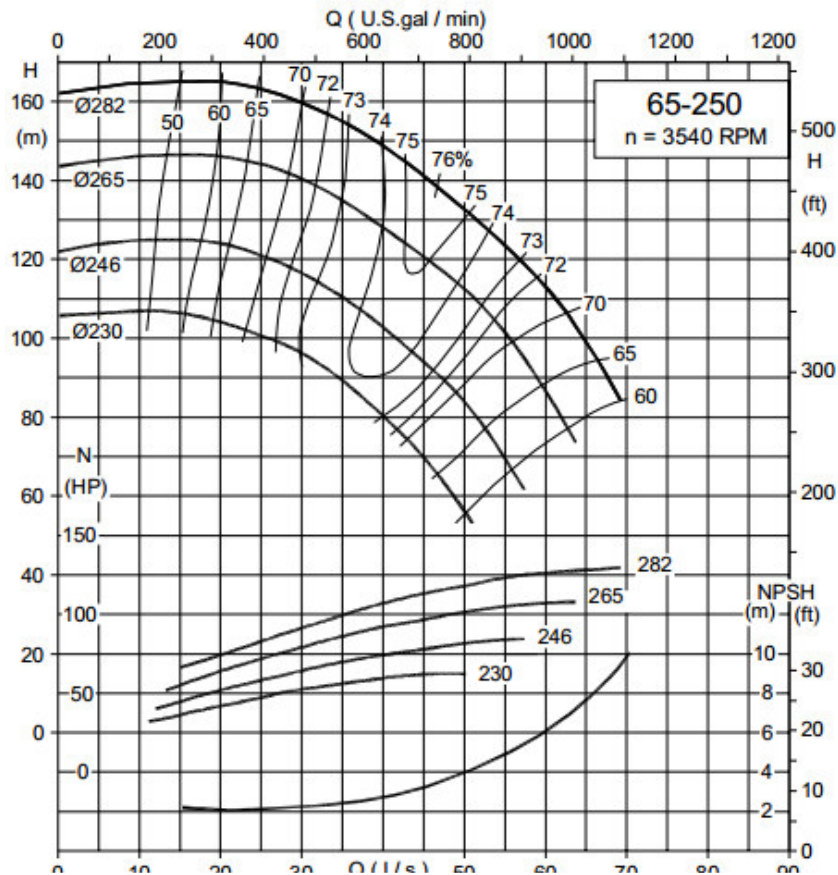


Fig 6.1: Curva de funcionamiento de la bomba 65-250

Entonces para un ADT de 103.57 m, tenemos:

$$Q = 40 \text{ l/s}$$

$$n = 74.5\%$$

$$\text{Diámetro de impulsor } \phi = 246$$

I. CALCULO DEL NPSH

Teniendo en cuenta la temperatura del agua, $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ y que la estación del cuarto nivel esta a una altitud de 4600 msnm; Con estos valores, sacamos los datos de las tablas 3.8, 3.9 y 3.10:

$$\gamma = 999.7 \text{ kg/m}^3 \text{ (a } 10^\circ\text{C)}$$

$$P_a = 5.81 \text{ m} = 5810 \text{ kg/m}^2$$

$$P_v = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$H_a = 2 \text{ m (Altura geométrica de aspiración)}$$

$$L = 2 \text{ m (para la succión)}$$

Tenemos como dato las pérdidas en la succión:

$$h_f = 0.09 \text{ m}$$

Desarrollando:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - H_a - h_f$$

$$NPSH_d = \frac{5810 - 120}{999.7} - 2 - 0.09 = 3.6 \text{ m}$$

$$NPSH_r = 3 \text{ m}$$

Se cumple que: $NPSH_d \geq NPSH_r + 0.5m$

Entonces no habrá problemas de cavitación.

Para la instalación de la bomba, se requiere los trabajos preliminares y materiales siguientes:

Trabajos preliminares:

- Preparar la zona donde se instalara la bomba, realizando trabajos de sostenimiento e implementación de cáncamos.
- Preparación de una losa con pernos de anclaje.



Fig 6.2: Equipo jumbo, realizando trabajo de enmallado y sostenimiento

Materiales:

- 2 metros de tubería SCH 40 10"
- 1 válvulas de compuerta de 8"
- 1 válvulas de compuerta de 10"
- Curva de 90°
- Válvula Check 8"
- 200 m de tubería de hdpe 8"
- Filtro en Y de 10"
- 2 m de tubería de Tramo estabilizador
- Reducción excéntrica
- Ampliación concéntrica
- Brida, pernos, etc.

J. CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Calculamos la potencia del motor con la siguiente expresión:

$$P = \frac{GE * Q * ADT}{76 * n_s}$$

Reemplazando datos:

$$P = \frac{0.9997 * 40 * 104.32}{76 * 0.745}$$

$$P = 73.67 \text{ HP}$$

Esta es la potencia de consumo de la bomba. Como se trabaja a una altura de 4600 msnm, entonces se debe de considerar un factor de corrección del motor, el cual para su cálculo se toma en cuenta el cuadro 6.4

Cuadro 6.5: Factor de corrección de la potencia admisible

Altitud (msnm)	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Pot adm en % de la nominal	100%	97%	94%	90%	86%	82%	77%	72%	69%

Osea, hallamos:

$$Pot adm = \frac{Potencia}{Factor de Correccion}$$

$$Pot adm = \frac{73.67}{0.71} = 103.76 HP$$

Por lo que para satisfacer la potencia requerida y no existiendo en el mercado motor de 103 HP o 104 HP, se opta por instalar el motor inmediato comercial, que es el motor de 125 HP, además que desde el punto de vista eléctrico, un motor siempre debe trabajar alrededor del 80% de su capacidad en lo que se refiere a consumo eléctrico para evitar el sobrecalentamiento del conductor eléctrico y que se active el contactor del tablero eléctrico.

6.2.2 IMPLEMENTACION TEMPORAL DE BOMBAS SUMERGIBLES

Además para no afectar la producción o provocar una interrupción del proceso operativo, mientras dure el trabajo de ampliación del muro de la estación de bombeo e instalación de la nueva bomba, se trabajara provisionalmente con bombas sumergibles y con pozas de bombeo temporales, ubicadas a lo largo de las rampas, pozas que en su momento fueron usadas para evacuar el agua de la profundización a la hora de hacer la rampa. Para realizar este trabajo, se requerirá de bombas sumergibles marca Grindex, modelo Maxi H, ya que estas bombas son de fácil manejo, pesan poco (285 kg), se pueden trasladar fácilmente en camioneta de

superficie a interior mina y requieren la menor cantidad de pozas posibles.

Cuadro 6.6: Especificaciones Técnicas para la bomba Grindex Maxi

Datos técnicas	L	N	H
Conexión de descarga	8"	8"	4"
Potencia nominal de salida	37 kW (50 HP)	43 kW (58 HP)	43 kW (58 HP)
Consumo máximo	42 kW	48 kW	48 kW
Corriente nominal a 460 V	64 A	65 A	65 A
Corriente nominal a 572 V	48 A	52 A	52 A
Velocidad del eje	1765 RPM	3545 RPM	3545 RPM
Paso	Ø 12 mm (½")	Ø 12 mm (½")	Ø 12 mm (½")
Peso	285 kg (633 lbs)	285 kg (633 lbs)	285 kg (633 lbs)
Altura	1345 mm (50")	1345 mm (50")	1345 mm (50")
Diámetro	Ø 510 mm (20")	Ø 510 mm (20")	Ø 510 mm (20")

Analizando los datos:

- Caudal bombeado Total: $Q_b = 110 \text{ L/S} = 0.11 \text{ m}^3$
- Numero de bombas por poza: 3 + 1 de stand by
- Caudal bombeado por bomba: $Q_i = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior de tubería: $D_i = 6 \text{ pulg} = 0.1524 \text{ m}$ (se elige 6" en vez de 4" para reducir las perdidas menores)
- Coeficiente de rugosidad: $C = 150$
- Longitud de tubería: $L = 110 \text{ m}$
- Altura Geométrica: $H = 50 \text{ m}$
- Temperatura del agua: 10°C

A. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO.

Usando la ecuación (1):

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.1524^2 \text{ m}^2}$$

$$= 2.19 \text{ m/s}$$

Este valor es menor de 3 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

B. CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA DESCARGA.

Para este calculo, usamos la ecuación (4):

$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L$$

$$h_f = \left[\frac{0.04}{0.2785 * 150 * 0.1524^{2.63}} \right]^{1.85} * 110$$

$$h_f = 2.7 \text{ m}$$

Las perdidas por accesorios serán despreciadas por ser dimensiones muy pequeñas.

Reemplazando tenemos:

$$ADT = 50 + 2.7 = 52.7 \text{ m}$$

Entonces, para un ADT de 52.7 m, se tiene aproximadamente que el caudal es de 40 l/s, lo cual para trasladar los 110 l/s que circulan por interior mina al nivel superior (Nv 850) se tiene que instalar 3 bombas sumergibles marca Grindex modelo Maxi por poza de bombeo, tomando en cuenta que la tercera bomba funcionara con sistema de boya. Se aplicara la misma formula para bombear del Nv. 850 al Nv. 800, osea se usara 3 bombas sumergibles mas para este trabajo, haciendo un total de 6 bombas sumergibles

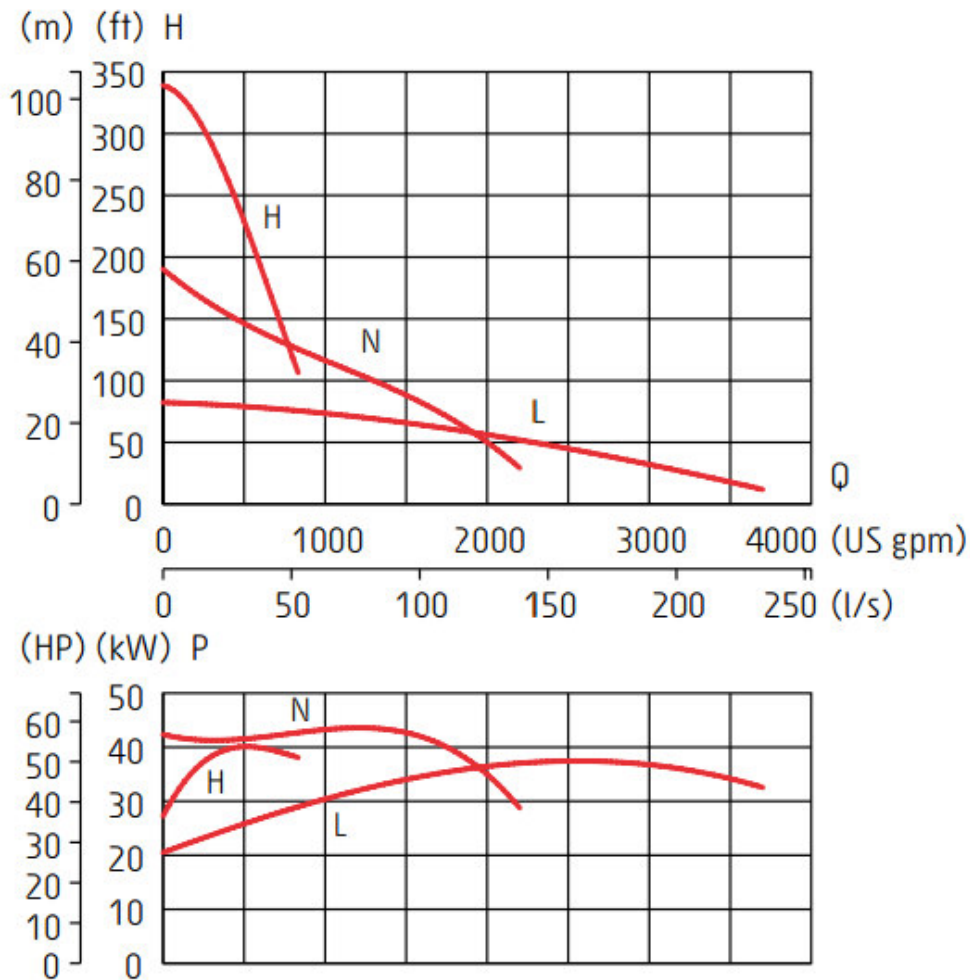


Fig 6.3: Curva de funcionamiento de la bomba sumergible marca Grindex modelo Maxi (58 HP)

Este tipo de bomba llamado de achique, es útil en interior mina, debido a su fácil traslado por parte del personal y fácil manejo de operación, además posee otros beneficios como su capacidad de bombear fluidos con densidades de hasta 1100 kg/m^3 , ósea alrededor de un 10% de sedimento en el fluido y trabajar con menor potencia para realizar el mismo trabajo que una bomba estacionaria, siendo sus puntos en contra, su rápido deterioro del impulsor, su alto costo de mantenimiento y su corto tiempo de vida en comparación a la bomba estacionaria.



Fig 6.4: Bomba sumergible en una labor en interior mina

Mientras que con un programa de mantenimiento preventivo adecuado, una bomba estacionaria puede durar alrededor de 5 años, a las mismas condiciones una bomba sumergible dura por lo general alrededor de 1 año. Esto en parte se debe a que las

bombas sumergibles trabajan en ambientes con mucho lodo y las cámaras temporales en las que están instaladas por lo general no tienen desarenadores y la acumulación de sedimentos en estas es constante, la limpieza de estas pozas por parte del personal es constante y tienen una alta frecuencia.

6.2.3 EVALUACION DE LA PROPUESTA

En la preparación del lugar donde irá la bomba con la losa de concreto, se invertirá el siguiente presupuesto:

Cuadro 6.7: Presupuesto por la instalación del sistema de bombeo

Trabajo		Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unit. (\$ USD)	Precio Tot (\$ USD)
INSTALACION DE TUBERIAS	TUBERIA DE HDPE	Instalación de tubería de 8"	m	200	6.65	1330.71
INSTALACION DE ACCESORIOS Y BOMBAS	TRANSPORTE	Traslado en grúa de la bombas con motor de 125 Hp hacia la sala de bombeo	Hr	4	11.69	46.79
	MANO DE OBRA	Mecánicos	Hr-H	16	6.75	108.00
		Ayudantes	Hr-H	16	5.31	85.03
	MATERIALES PARA SISTEMA DE BOMBEO	Pernos R/CTE. 3/4 X 2 C/T	Unidad	6	7.49	44.94
		Pernos R/CTE. 3/4 X 2.1/2	Unidad	12	7.04	84.43
		Pernos R/CTE. 3/4 X 3-1/2	Unidad	16	9.19	147.09
		Pernos R/CTE. 3/4 X 4	Unidad	8	12.19	97.54
		Pernos R/CTE. 3/4 X 8	Unidad	8	18.18	145.51
		Tuercas DE FO.R/CTE. ¾	Unidad	50	8.51	425
		Anillos planos DE ¾	Unidad	100	0.28	27.5
		Válvula de compuerta de 8"	Unidad	1	233.59	233.59
		Válvula de compuerta de 10"	Unidad	1	311.65	311.65
		Válvula check de 8"	Unidad	1	311.43	311.43
		Tubo de 8" SCH-40	metro	2	18.85	37.70
		Stud end de polietileno de 8" C/BRIDA ACERO	Unidad	1	24.18	24.18
		Acoplamiento Falk 1080 T10	Unidad	1	171.28	171.28
		Filtro en Y de 10"	Unidad	1	202.5	202.5
		Reducción excéntrica de 10" a 4"	Unidad	1	206.89	206.89
		Ampliación concéntrica de 2 1/2" a 4"	Unidad	1	116.07	116.07
		Ampliación concéntrica de 4" a 8"	Unidad	1	170.11	170.11
	Motor eléctrico de 125HP de 3575 RPM	Unidad	1	35648.11	35648.11	
	Bomba de 125HP Modelo 65-250-9-E500	Unidad	1	17818.18	17818.18	
	Codo soldable 8 X 90°	Unidad	3	22.64	67.91	
Manómetro 0-150 PSI NPT 1/2 NPT C/G	Unidad	1	53.57	53.57		
Base de bomba y motor	Unidad	1	2500	892.86		
Costo total (\$ USD)						58,808.58

Para la realización de esta propuesta se necesita una inversión de \$ USD 58,808.58 sin incluir el IGV; a esto hay que sumar que el sostenimiento, voladura y enmallado de la ampliación de la estación de bombeo costara un total de \$ USD 1395.

También tenemos que tener en cuenta la instalación eléctrica, como se tiene en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.8: Costo de material eléctrico para el sistema de bombeo del Nv. 900

MATERIALES	PU (\$ USD)	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL (\$ USD)
TRANSFORMADOR 300kVA	6,400.0	PZA	2	12,800
CELDA DE SALIDA Y LLEGADA 300 KVA	4,300.0	PZA	2	8,600
CABLE N2XSEY 3 X 35 mm ² 6/10 KV	26.5	MET	500	13,250
TABLERO ARRANQUE 65-250	5,018.2	PZA	3	15,055
CABLE ELECTRICO NY Y 3X95 mm ² / 1KV	35.2	MET	100	3,523
TABLERO DE DISTRIBUCION 300 KVA	4,500.0	PZA	1	4,500
			PRECIO TOTAL	57,728

También hay que tener en cuenta el alquiler de las bombas sumergibles, que tendrá una duración de 1 mes, ya que es este tiempo el que durara las obras de ampliación de la estación de bombeo e implementación de bomba de stand by.

Cuadro 6.9: Costos por alquiler de bombas sumergibles para interior mina

Modelo de bomba Grindex	Cantidad de bombas	Precio de alquiler por unidad por día (\$)	Costo total por día (\$)	Costo total por mes (\$)
Maxi H	6	60	360	10,800

Como se observa en la tabla anterior, el costo total por mes del alquiler de bombas es de \$ 10,800 aproximadamente.

Ahora analizaremos el consumo de energía de las bombas sumergibles alquiladas.

Cuadro 6.10: Coste de energía de las bombas sumergibles alquiladas

ENERGIA	\$ USD /kWh	POT(KW)	HORAS	TOTAL (\$ USD)
* Costo estimado MES C/U 58 HP	0.072	43.3	624	1945.38

Lo cual indica que la inversión será de: \$ USD 58,808.58 + \$ USD 1395 + \$ USD 57,728 + 6*1,945.38 + 10,800= **\$ USD 140,403.86**

A esta cifra hay que hallarle el IGV, el cual resultaría: **\$ USD 130,676.96*(1.0+0.18)**
= **\$ USD 154,198.81**, lo que resulta ser el costo total.

Esta evaluación toma en cuenta evitar que se pierda cuantiosas cantidades de dinero, producto de las paradas de procesos productivos, proceso que se detendría si alguna de las bombas sale de operación o se realiza mantenimiento a alguna de ellas.

6.3 DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL QUINTO NIVEL (Nv 950)

6.3.1 SITUACION ACTUAL

Una vez que se haya llegado al quinto nivel y se avance más la profundización, será necesario construir una cámara de bombeo que lleve todo el fluido desde el quinto nivel hasta el cuarto nivel donde existe 3 bombas y se implementara una cuarta de stand by.

6.3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta de construir una estación de bombeo en el 5^{to} nivel es de vital importancia para poder seguir bajando el nivel del agua de la profundización, para ello se debe diseñar una infraestructura de gran confiabilidad y facilidad de mantenimiento.

El calculo y diseño de la estación de bombeo se hara para usar las bombas estacionarias marca hidrostal, modelo 65-200.

Analizando los datos:

- Caudal bombeado Total: $Q_b = 110 \text{ L/S} = 0.11 \text{ m}^3$
- Numero de bombas por poza: 4
- Caudal bombeado por bomba: $Q_i = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior de tubería: $D_i = 6 \text{ pulg} = 0.1524 \text{ m}$
- Coeficiente de rugosidad: $C = 150$
- Longitud de tubería: $L = 65 \text{ m}$
- Altura Geométrica: $H = 50 \text{ m}$
- Temperatura del agua: 10°C

A. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO.

Usando la ecuación (1):

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.1524^2 \text{ m}^2}$$

$$= 2.19 \text{ m/s}$$

Este valor es menor de 3 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

B. CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA DESCARGA.

Para este calculo, usamos la ecuación (4):

$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L$$

$$h_f = \left[\frac{0.04}{0.2785 * 150 * 0.1524^{2.63}} \right]^{1.85} * 65$$

$$h_f = 1.6 \text{ m}$$

Hallando los valores de “K” y sumando:

Cuadro 6.11: Valores de perdida local de carga para accesorios para la estación de bombeo del Nv, 950

Accesorio	Cantidad	K	Total
Curva de 90°	1	0.4	0.4
Válvula Check 150 PSI	1	2.5	2.5
Ampliación gradual	1	0.3	0.3
Válvula compuerta	1	0.2	0.2
Sumatoria			3.4

Reemplazando la velocidad hallada en la ecuación (2):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

Tenemos:

$$h_l = 3.4 * \frac{1.23^2}{2 * 9.81} = 0.26 \text{ m}$$

C. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO EN LA SUCCION:

Usando la ecuación (1) de continuidad y reemplazando datos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.2032^2 \text{ m}^2}$$

$$= 1.23 \text{ m/s}$$

El cual es menor a 1.5 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles para la succión.

D. CALCULO DE PERDIDAS EN LA SUCCIÓN.

Tomamos en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado Total: $Q_b = 110 \text{ L/S} = 0.11 \text{ m}^3$
- Numero de bombas: 3
- Caudal bombeado por bomba: $Q_i = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior de tubería: $D_i = 0.254 \text{ m} = 8 \text{ pulg}$
- Coeficiente de rugosidad: $C = 130$ (tubería de acero)
- Longitud de tubería: $L = 2 \text{ m}$
- Temperatura del agua: 10°C

Para este calculo, usamos la ecuación (2) y (4):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_i^{2.63}} \right]^{1.85} * L$$

Reemplazando datos en la ecuación (4):

$$h_f = \left[\frac{0.04}{0.2785 * 130 * 0.254^{2.63}} \right]^{1.85} * 2$$

$$h_f = 0.005 \text{ m}$$

Obteniendo los valores de “K” y sumando:

Cuadro 6.12: Valores de perdida local de carga para accesorios en la succión de la estación de bombeo del Nv. 950

Accesorio	Cantidad	K	Total
Válvula Compuerta	1	2.5	2.5
Filtro en “Y”	1	0.05	0.05
Reducción gradual	1	0.3	0.3
Sumatoria			2.85

Luego reemplazando en la ecuación (2):

$$h_l = \sum k * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_l = 2.85 * \frac{1.23^2}{2 * 9.81} = 0.22 \text{ m}$$

E. CALCULO DEL ADT

Sumamos todos los valores hallados más la altura geométrica para encontrar nuestro ADT:

$$\text{ADT} = 50 + 1.6 + 0.26 + 0.005 + 0.22 = 52.09 \text{ m}$$

F. ELECCION DE LA BOMBA ESTACIONARIA: Con los resultados obtenidos se decidió usar la bomba estacionaria marca Hidrostral modelo 65-200

de 3540 rpm, ya que esta dentro del rango de $\pm 5\%$ del punto ideal de operación. Además como se observa que el caudal es de 110 l/s, esto quiere decir que dos bombas hidrostales modelos 65-200 funcionan permanentemente bombeando un caudal de 40 l/s, mientras que la tercera bomba funciona mediante una boya automática hace encender la tercera bomba cuando la poza de bombeo alcanza un alto nivel de agua.

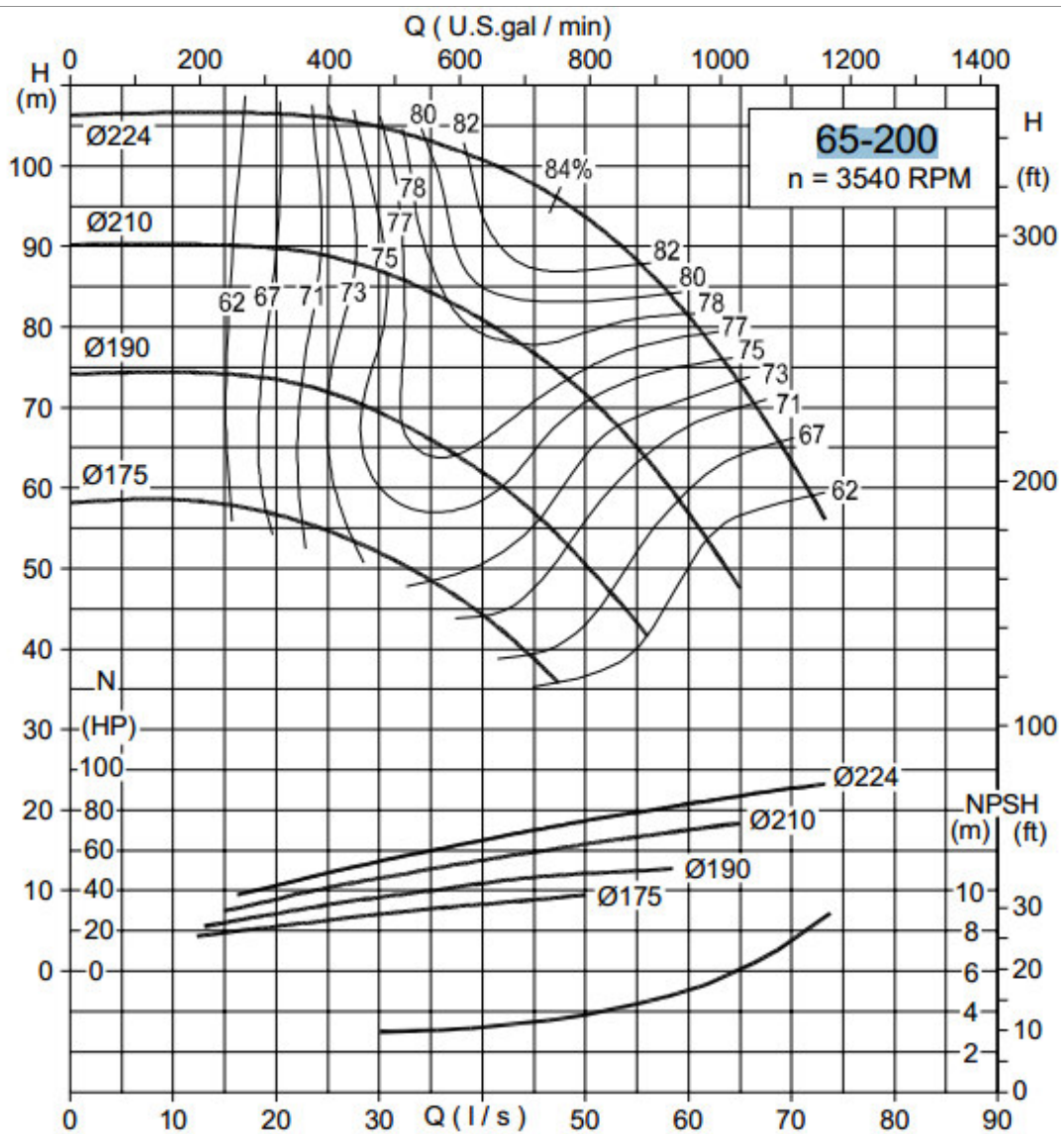


Fig 6.5: Curva de funcionamiento de la bomba Hidrostral 65-200

Esta bomba estacionaria marca Hidrostral modelo 65-200, presenta facilidades de operación ya que su peso es relativamente bajo (69 kg), en caso de requerirse un cambio de bomba permite un fácil traslado en camioneta 4x4 de superficie hasta el lugar donde trabaja y posibilita la facilidad de instalación al personal encargado de sistema de bombeo de interior mina.

Entonces para un ADT de 52.09 m, tenemos:

$$Q = 40 \text{ l/s}$$

$$n = 74 \%$$

G. CALCULO DEL NPSH

Teniendo en cuenta la temperatura del agua, $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ y que la estación del cuarto nivel esta a una altitud de 4550 msnm; Con estos valores, sacamos los datos de las tablas 3.8, 3.9 y 3.10:

$$\gamma = 999.7 \text{ kg/m}^3 \text{ (a } 10^\circ\text{C)}$$

$$P_a = 5.84 \text{ m} = 5840 \text{ kg/m}^2$$

$$P_v = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$H_a = 2 \text{ m (Altura geométrica de aspiración)}$$

$$L = 2\text{m}$$

Las pérdidas en aspiración que fueron halladas en el punto K.

$$h_f = 0.22 \text{ m}$$

Desarrollando:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - H_a - h_f$$

$$NPSH_d = \frac{5840 - 120}{999.7} - 2 - 0.22 = 3.5 \text{ m}$$

$$NPSH_r = 2.1 \text{ m}$$

Se cumple que: $NPSH_d \geq NPSH_r + 0.5m$

Entonces no habrá problemas de cavitación.

Para la instalación de la bomba, se requiere los trabajos preliminares y materiales siguientes:

Trabajos preliminares:

- Preparar la zona donde se instalara la bomba, realizando trabajos de sostenimiento e implementación de cáncamos.
- Preparación de una losa con pernos de anclaje.

Materiales:

- 2 metros de tubería SCH 40 8"
- 1 válvula de compuerta de 6"
- 1 válvula de compuerta de 8"
- Curva de 90°
- Válvula Check 6"
- 200 m de tubería de hdpe 6"
- Filtro en Y de 8"
- 2 m de tubería de Tramo estabilizador
- Reducción excéntrica
- Ampliación concéntrica
- Brida, pernos, etc.

H. CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Calculamos la potencia del motor con la siguiente expresión:

$$P = \frac{GE * Q * ADT}{76 * n_s}$$

Reemplazando datos:

$$P = \frac{0.9997 * 40 * 52.09}{76 * 0.73}$$

$$P = 37.54 \text{ HP}$$

Esta es la potencia de consumo de la bomba. Como se trabaja a una altura de 4550 msnm, entonces se debe de considerar un factor de corrección del motor, el cual para su cálculo se toma en cuenta el cuadro **3.11**.

Osea, hallamos:

$$Pot \text{ adm} = \frac{Potencia}{Factor \text{ de Correccion}}$$

$$Pot \text{ adm} = \frac{37.54}{0.72} = 52.14 \text{ HP}$$

Por lo que para satisfacer la potencia requerida, se debe instalar un motor de 75 HP que es el inmediato comercial, ya que no existe motor de 52.14 HP en el mercado, además que desde el punto de vista eléctrico, un motor siempre debe trabajar alrededor del 80% de su capacidad en lo que se refiere a consumo eléctrico para evitar el sobrecalentamiento del conductor eléctrico y que se active el contactor del tablero eléctrico.

6.3.3 EVALUACION DE LA PROPUESTA

En la preparación del lugar donde ira la bomba con la losa de concreto, se invertirá el siguiente presupuesto del sistema de bombeo del Nv. 950:

Cuadro 6.13: Presupuesto del Sistema de Bombeo del Nv. 950

Trabajo		Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unit. (\$ USD)	Precio Tot (\$ USD)
INSTALACION DE TUBERIAS	TUBERIA DE HDPE	Instalación de tubería de 6"	M	65	4.65	302.25
INSTALACION DE ACCESORIOS Y BOMBAS	TRANSPORTE	Traslado en grúa de las bombas y motores de 75 Hp hacia la sala de bombeo	Hr	4	11.69	46.79
	MANO DE OBRA	Mecánicos	Hr-H	16	6.75	108.00
		Ayudantes	Hr-H	16	5.31	85.03
	MATERIALES PARA SISTEMA DE BOMBEO	Pernos R/CTE. 3/4 X 2 C/T	Unidad	6	7.49	44.94
		Pernos R/CTE. 3/4 X 2.1/2	Unidad	12	7.04	84.43
		Pernos R/CTE. 3/4 X 3-1/2	Unidad	16	9.19	147.09
		Pernos R/CTE. 3/4 X 4	Unidad	8	12.19	97.54
		Pernos R/CTE. 3/4 X 8	Unidad	8	18.18	145.51
		Tuercas DE FO.R/CTE. 3/4	Unidad	50	8.51	425
		Anillos planos DE 3/4	Unidad	100	0.28	27.5
		Válvula de compuerta de 8"	Unidad	1	233.59	233.59
		Válvula de compuerta de 6"	Unidad	1	189.68	189.68
		Válvula check de 6"	Unidad	1	271.43	271.43
		Tubo de 8" SCH-40	Metro	2	18.85	37.70
		Stud end de polietileno de 6" C/BRIDA ACERO	Unidad	1	20.38	20.38
		Acoplamiento Falk 1060 T10	Unidad	1	131.52	131.52
		Filtro en Y de 8"	Unidad	1	182.5	182.5
		Reducción excéntrica de 8" a 6"	Unidad	1	186.89	186.89
		Reducción excéntrica de 6" a 5"	Unidad	1	181.42	181.42
		Ampliación concéntrica de 2 1/2" a 4"	Unidad	1	196.07	196.07
		Ampliación concéntrica de 4 a 6"	Unidad	1	220.38	220.38
		Motor eléctrico de 75 HP de 3540 RPM	Unidad	4	4250.04	17000.16
		Bomba de 75 HP Modelo 65-200-9-E500	Unidad	4	1797.5	7190.00
	Codo soldable 6 X 90°	Unidad	3	17.64	67.91	
	Manómetro 0-100 PSI NPT 1/2 NPT C/G	Unidad	1	38.85	38.85	
	Base de bomba y motor	Unidad	1	1142.86	1142.86	
	Costo total (\$ USD)					

Para la realización de esta propuesta se necesita una inversión de \$ USD 28,805.42 sin incluir el IGV; a esto hay que sumar el costo del sostenimiento, voladura, enmallado y muro de contención en la construcción de la estación de bombeo mas la sala de bombeo costara un total de \$ USD 25,000.

También tenemos que tener en cuenta la instalación eléctrica, como se tiene en el siguiente cuadro 6.10:

Cuadro 6.14: Presupuesto de instalación eléctrica para la estación de bombeo del Nv 950

MATERIALES	PU (\$ USD)	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL (\$ USD)
TRANSFORMADOR 250 kVA	5,900.0	PZA	2	12,800
CELDA DE SALIDA Y LLEGADA 250 KVA	4,100.0	PZA	2	8,200
CABLE N2XSEY 3 X 35 mm2 6/10 KV	26.5	MET	500	13,250
TABLERO ARRANQUE 65-200	4,918.2	PZA	4	19,672.8
CABLE ELECTRICO NYY 3X95 mm2 / 1KV	35.2	MET	100	3,523
TABLERO DE DISTRIBUCION 250 KVA	4,000.0	PZA	1	4,000
PRECIO TOTAL				61,445.8

Lo cual indica que la inversión será de: \$ USD 28,805.42 + \$ USD 25,000 + \$ USD 61,445.8 = \$ USD 115,251.22.

A esta cifra hay que hallarle el IGV, entonces tendremos: \$ USD 115,251.22* (1+0.18) = \$ USD 135,996.43

VII. RESULTADOS HASTA LA FECHA

7.1 CAMBIO DE BOMBAS SUMERGIBLES

Hasta la fecha se están cumpliendo los objetivos, ya que al tercerizar las bombas sumergibles marca Grindex, se evita exceso de personal, la implementación de un taller de mantenimiento de bombas sumergibles, así como la gestión para el transporte de estas bombas hacia Lima y viceversa en el momento que salen totalmente inoperativas y necesitan un overhaul.

A pesar que las bombas sumergibles consumen poca de potencia, su costo de alquiler es alto, ya que la empresa contratista cobra el alquiler por día y no por hora, por lo que solo se requieren para trabajos puntuales, como ya se había mencionado, por lo general trabajan en los avances y pozas temporales. Por este motivo se tiene en la empresa las bombas sumergibles mínimas necesarias para trabajos en interior mina.

El cambio de bombas sumergibles ha generado un incremento en la extracción de mineral, recuperando su rentabilidad, esto debido a que las inundaciones han disminuido notablemente, inundaciones que eran provocadas por la constante salida de operación de las antiguas bombas sumergibles.

En suma la empresa en la actualidad esta obteniendo una ganancia extra de \$ 40,000 al mes, cifra que supera los \$ 14,580 que cuesta el alquiler de las bombas mas los \$ 15,575.64 que cuesta el consumo de energía de estas mismas bombas.

Además se logro bajar el agua hasta el nivel 950, que era el objetivo principal de la empresa.

7.2 INSTALACION DE LA CUARTA BOMBA ESTACIONARIA EN EL CUARTO NIVEL (NV 900).

Luego de pasado el mes de trabajo de ampliación de la sala de bombeo, ampliación del muro de contención de la poza y fabricación de la losa de concreto de la bomba estacionaria, se implemento la bomba Hidrostral 65-200 sin ningún problema ni contratiempo, los trabajos se cumplieron dentro del plazo, además se instalo la tubería de HDPE desde el Cuarto nivel (Nv 900) hasta el segundo Nivel (Nv 800) para la mencionada bomba.

Se aprovechó también en hacer un mantenimiento preventivo a las otras 3 bombas estacionarias del Nv. 900, cambiando los componentes principales, realizando una inversión total en este mantenimiento de \$ 15,000.

7.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DEL QUINTO NIVEL (NV 950).

Al controlar y bajar el nivel del agua y llegar al quinto nivel, se concluyo los trabajos de voladura y sostenimiento de la nueva cámara de bombeo, pero aun falta construir el muro de contención de la poza, el desarenador y la instalación de las bombas accesorios y tuberías, trabajo que durara dos meses mas y que se encuentra actualmente tercerizado en manos de la empresa contratista Ilesmin SAC.

VIII. CONCLUSIONES

1. Cambiar las bombas sumergibles logro mejorar la producción y por ende la rentabilidad de la empresa, el nivel esta controlado y el personal puede trabajar en los topes de las profundizaciones con normalidad.
2. La instalación de la cuarta bomba estacionaria en el Nv 900, garantizó la continuidad de la producción, la frecuencia de limpieza de la poza de bombeo ahora se ha reducido, ya que es la acumulación de lodo constante en las pozas es lo que afecta la curva de rendimiento de la bomba estacionaria, haciendo que esta pierda presión y por ende bombee menos litro a la misma altura.
3. La implementación y construcción de la estación de bombeo del Nv 950, será se suma utilidad, ya que permite proyectarse a futuro y garantizara que se siga bajando el nivel del agua en los topes de interior mina.

IX. RECOMENDACIÓN

Se recomienda dar todo el apoyo técnico y económico para finalizar el proyecto como se planifico, para poder obtener confiabilidad del sistema de bombeo y reducir los costos que producirá en el futuro.

X. BIBLIOGRAFIA

- Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Phillip J. Pritchard “Introducción a la Mecánica de Fluídos”, Editorial McGraw-Hill. Sexta Edición. Año 2004.
- Victor L. Streeter, E Benjamin Wylie, Keith W. Bedford “Mecánica de Fluídos” Editorial McGraw-Hill. Novena Edición. Año 2000.
- Giles V. Ronald “Mecánica de Fluidos e Hidráulica-Teoría y Problemas”, Editorial McGraw-Hill. Año 1970.
- Shames H. Irving “Mecánica de Fluidos”, Editorial McGraw-Hill. Tercera Edición. Año 1995.
- Frank White “Mecánica de Fluidos”, Editorial McGraw-Hill. Quinta Edición. Año 2003
- “Manual de Bombas de la Asociación de Ingenieros Académicos”, Elaborado por Hidrostral, Worthington, Goulds Pump. Año 1991.

Páginas en Internet:

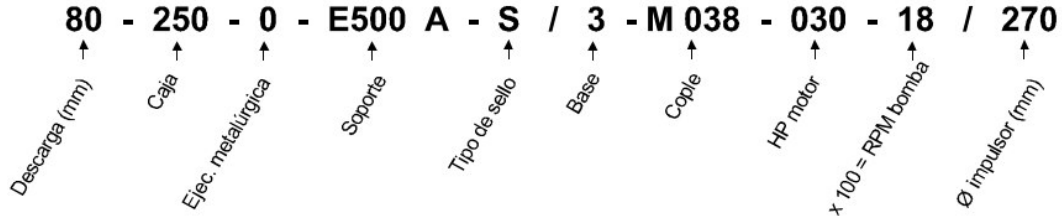
- Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable: Web: <http://www.bvsde.paho.org>
- Selección de bombas de agua: Web: <http://www.hidrostral.com.pe/>
Web: <http://www.grindex.com/es>

ANEXOS

ANEXO N° 1



DESIGNACION DE LA BOMBA



DATOS TECNICOS

MODELO	EJECUCION METALURGICA		SOPORTE				RPM MAX	DIMETRO DEL EJE				PRESION PRUEBA HIDROSTATICA (m)	ESPESOR DE CAJA (mm)	N° DE ALABES	T MAX (°C)
	STD	ALTERNATIVA	TIPO		DESIGNACION			IMPULSOR	Prensa Estopa	SELLO	COP LE				
			TRANS DIRECTA (D500-A)	TRANS FAJAS (D500-B)	Prensa Estopa	SELLO MECANICO									
65-200	9	5	D500-A	D500-B	S	C	3600	φ 35	2"	2"	32	160	7.5	6	90
65-250			E500-A	E500-B								250	11	7	

EJECUCIONES METALURGICAS

NOMINACION COMPONENTE	EJECUCION METALURGICA					
	0	1	5	6	7	9
CAJA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A536-8060
IMPULSOR	A48CL30B	A536-8060	AISI-316	B584-872	B584-872	A536-8060
PERNO CENTRAL	AISI-316	AISI316	AISI-316	AISI-316	AISI-316	AISI-316
ANILLO DESGASTE	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	B584-872	A48CL30B
GUIADOR	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	B584-872	A536-8060
PIEZA INTERMEDIA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A536-8060
CAJA PRENSAESTOPA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A48CL30B
BOCINA PRENSAESTOPA	B584-836	B584-836	AISI-316	B584-836	B584-836	B584-836
LUNETAS	A536-8060	A536-8060	AISI-316	B584-872	A536-8060	A536-8060
BOCINA EJE	AISI-420	AISI-420	AISI-316	AISI-420	AISI-420	AISI-420
EJE	AISI-1045	AISI-1045	AISI-316	AISI-416	AISI-416	AISI-1045
CASCO RODAMIENTO	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B
TAPA RODAMIENTO DELANTERO	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B

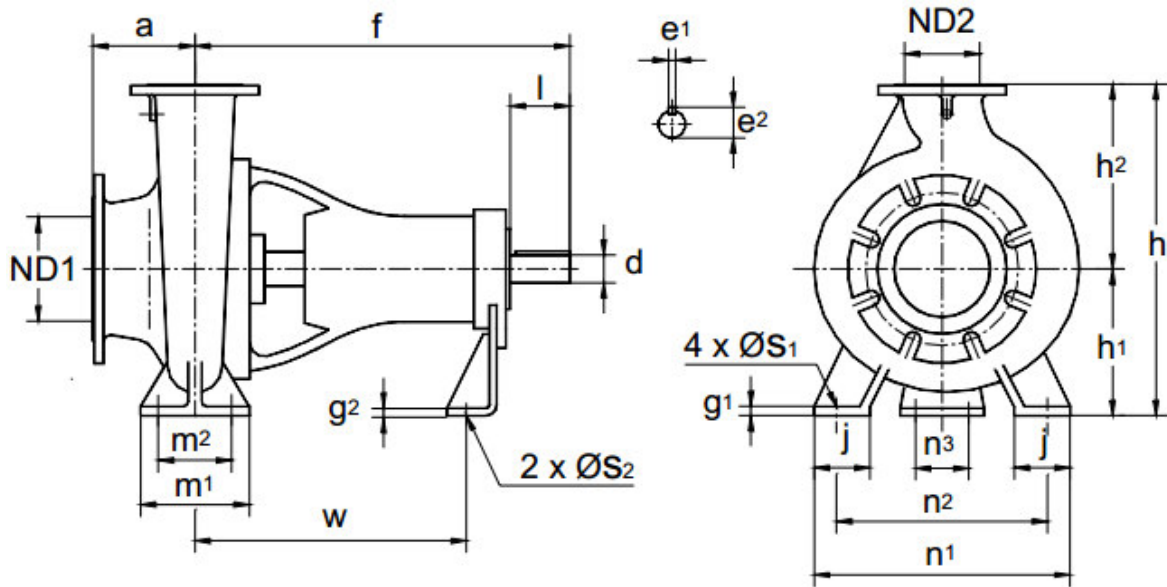
NOTA: PARA UNA SELECCION CORRECTA DE MATERIALES CONSULTE CON EL DEPARTAMENTO DE VENTAS MATERIALES

- A48CL30B : FIERRO FUNDIDO GRIS
- A536-8060 : FIERRO FUNDIDO NODULAR
- B584-872 : BRONCE AL SILICIO
- B584-836 : BRONCE EMPLOMADO
- AISI-1045 : ACERO AL CARBONO
- AISI-420 : ACERO AL CARBONO ANTICORROSIVO
- AISI-416 : ACERO INOXIDABLE
- AISI-316 : ACERO INOXIDABLE

NOTA:
LAS EJECUCIONES 0, 1, 7 Y 9 TIENEN SOLO LA CAJA CON RECUBRIMIENTO CERAMICO. LAS EJECUCIONES 5 Y 6 TIENEN CAJA SIN RECUBRIMIENTO CERAMICO.

ANEXO 2

TABLA DE MEDIDAS

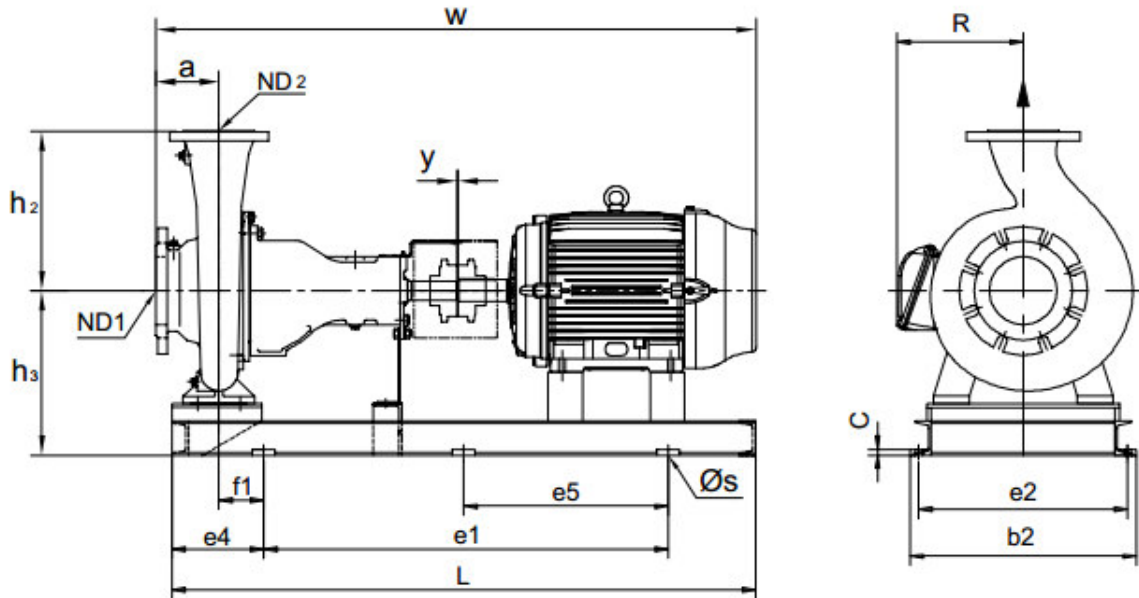


MODELO	ND1	ND2	a	f	g1	g2	h	h1	h2	j	m1	m2	n1	n2	n3	φs1	φs2	w	Eje				Peso (kg)
																			d	e1	e2	l	
65-200	100	65	100	385	10	3	360	160	200	50	100	70	265	250	110	15	14	370	32	10	35	80	69
65-250			125	500	12		405	180	225	65	125	95	320	280		18							93

BRIDAS SEGUN NORMA ISO 2858

ANEXO N° 3

TABLA DE MEDIDAS - COPLES GUARDEX TIPO TG



BOMBA	MOTOR	BASE	COPLE	c	L	e1	e4	e2	e5	b2	h3	h2	ND2	ND1	f1	w	R	a	v											
65-200	100L	2R-1	1040	13	1000	700	205	425	464	295	225	65	100	980	167	100	3													
	112M							997						192																
	132S	2R-2	1060	15	1140	800	465	-	504	1055				218	1332						317	1093	100	3						
	132M																											1370	1370	
	200M	3R-2	1070	15	1350	900	230	470	520	322				145	1459						408	1573	1676	442	9	1"				
	200L																													1660
	225S/M	5R-1	1070	15	1450	1220	140	215	720	610				760	480						130	1676	442	100	3					
	250S/M																													
280S/M	280S/M	1080	15	1650	1120	215	720	610	760	500	130	1713	442	1698	19	3	1"													
65-250	112M	2R-1	1040	13	1000	700	205	425	464	315	250	65	100	1021	192	125	3													
	132S							1080						218																
	132M	2R-2	1040	13	1140	800	205	465	-	504				1080	218						1118	1226	264	125	3					
	160M																												2R-3	1070
	225S/M	1450	1120	140	720	610	760	500	55	1484				408																
	250S/M	5R-1	1070	15	1650	1120	215	720	610	760				500	130						1713	442	125	3	19	3	1"			
	*280S/M																													1650
	280S/M	280S/M	1080	15	1698	1120	215	720	610	760				500	130						1698	442	1698	3	3	1"				

Tel: (51 - 1) 319 - 1000
Fax: (51 - 1) 319 - 1019



LIMA-PERU

COMPañÍA: SOCIEDAD MINERA CASTROVIRREYNA	MENSAJE: Cotización RM-036-13
ATENCIÓN: Ing. Sandro Rojas	PAGINA: 1 / 2
FECHA: 25 de Septiembre del 2013	

Estimados Señores:

Atendiendo su solicitud de cotización de la referencia y de acuerdo a los datos proporcionados por ustedes, nos es grato cotizarles como sigue:

ITEM 01: EQUIPO DE BOMBEO

El equipo suministrado se compone por:

A.- (03) Una Bomba Principal, que se compone de lo siguiente:

Bomba centrífuga horizontal marca **HIDROSTAL** fabricada en el Perú, según norma ISO/DIS 2858. Caja de bomba con succión axial y descarga radial e impulsor cerrado. Soporte construido en fierro fundido con rodamientos lubricados por grasa.

Base común de acero estructural para montaje bomba-motor y sistema de transmisión mediante acoplamiento marca Guardex, con su respectivo guardacople.

Motor eléctrico asíncrono trifásico marca **WEG** construido según standard IEC, aislamiento clase F, grado de protección IP55, totalmente cerrado, forma constructiva B3D Horizontal, para operar en instalaciones trifásicas de 60 Hz. y para arranque directo o estrella triángulo. Para temperatura ambiente de hasta 20°C y operación hasta 4800 m.s.n.m.



Juan Fernando Donaires Portocarrero

Datos de Operación:

Modelo	: 65-250-3AHE-E500-AS-TG1070-5R1-36-265		
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	: Agua Limpia	Ejecución	: 3A
Caudal (lps)	: 40	Caja	: Fierro Fundido Gris A48CL30B
A.D.T. (m.c.a.)	: 52	Impulsor	: Acero Inoxidable
Eficiencia (%)	: 74.0	Eje	: Acero Inoxidable
Potencia Abs. (hp)	: 52.85	Datos de Motor	
Máx Pot. Abs. (hp)	: 55.6	Potencia (hp)	: 75
NPSH req. (m)	: 2.1	Velocidad (rpm)	: 3600
Ø de impulsor(mm)	: 175.00 @ 3540 rpm	Frame	: 280 S/M
<i>Características de Bomba</i>		Voltaje (v)	: 220/380/440
Sellado	: Prensaestopas	F. S.	: 1.15
Ø Succión (mm)	: 254	Nº de polos	: 2
Ø Descarga(mm)	: 203	Fases	: 3

ITEM 02: COMPONENTES QUE INTEGRAN EL TABLERO DE ARRANQUE Y - Δ PARA 150HP – 440V

- ✓ 01 Gabinete metálico de Fabricación Nacional, con Grado de Protección IP55 de tipo Mural color RAL7035.
- ✓ 01 Interruptor Termomagnético principal en caja moldeada fijo de 150A - 3P.
- ✓ 02 Interruptores Termomagnéticos de mando 3A – 2P.
- ✓ 02 Contactores Tripolares en régimen de trabajo AC3 de 50 A
- ✓ 01 Contactor Tripolar en régimen de trabajo AC3 de 50 A
- ✓ 01 Relé Térmico regulable para sobrecarga de 70 a 80 A
- ✓ 01 Relé de Protección con las siguientes opciones: Apertura por máxima y mínima tensión, apertura por pérdida de fase, apertura por secuencia de fases incorrecta y apertura por fases desbalanceadas.

- ✓ 01 Unidad electrónica para control de nivel de líquidos
- ✓ 03 Electrodo tipo péndulo
- ✓ 01 Temporizador para el cambio de Y a Δ
- ✓ 01 Transformador de tensión de 440/220V para circuito de control.
- ✓ 01 Equipo de Iluminación de 8W, 220V.
- ✓ 01 Interruptor de Puerta para el sistema de Iluminación.
- ✓ 01 Selector Manual o Automático.
- ✓ 01 Pulsador de Marcha Color Verde de 22mm, Marca Schneider Electric
- ✓ 01 Pulsador de Parada Color Rojo de 22mm, Marca Schneider Electric
- ✓ 01 Pulsador de Emergencia Tipo Hongo Color Rojo de 22mm, Marca Schneider Electric.
- ✓ 01 Lámpara de Señalización Verde de 22mm.
- ✓ 01 Lámpara de Señalización Roja de 22mm.
- ✓ Portaplanos.
- ✓ Montaje de los equipos en el tablero y platinado en general.
- ✓ Canaletas Plásticas Ranuradas.
- ✓ Borneras de Control.
- ✓ Rieles simétricos para la fijación de equipos.
- ✓ Terminales, cintillos de amarre, etc.

PRECIOS:

Ítem	Cant	Descripción	Valor Venta	Valor Venta
			Unit. S/.	Total S/.
01	04	Electrobomba Modelo 65-250-9-E500 / 125 HP	5,033	20,132.00
02	04	Tablero Arranque Estrella Triangulo de 125.00 HP,460V,3Ø,60Hz	13,772.64	55,090.56
VALOR VENTA TOTAL			S/.	75,222.56
I.G.V. 18%			S/.	13,540.06
PRECIO VENTA TOTAL			S/.	88,762.62

Nota: Precio en soles.

CONDICIONES DE VENTA

Condición N° 1: Al recibir su orden de compra, por ser productos sujetos a especificaciones técnicas para poder cumplir con la calidad ofrecida, es necesario aclarar todos los detalles antes de iniciar la fabricación y/o el despacho.

Condición N° 2: De haberse además convenido un pago inicial es necesario que este se haya realizado. Luego de cumplido con ello emitiremos nuestro Acuse Confirmación de Pedido y/o Factura.

Forma de Pago: Factura 30 días.

Plazo de entrega: A la fecha nuestro plazo de entrega es 06 - 08 Semanas, a partir de emitido nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura en nuestra planta.

Embalaje: Los productos se entregarán sin embalar, salvo que haya sido ofrecido expresamente en nuestra oferta.

Validez de Oferta: 30 días, de su emisión, las condiciones de venta definitivas son las establecidas en nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o factura.

Lugar de entrega: En nuestra planta sito en portada del sol 722 zarate encima del camión, o en sus almacenes en caso haya sido así expresamente indicado en nuestra propuesta. Nuestro compromiso termina encima del camión debiendo el cliente disponer de las facilidades para descargarlo.

Garantía: 1 año desde la entrega y/o facturación, lo que ocurra primero.

Asegura al cliente la reparación o reemplazo de las partes del producto con defectos de fabricación, quedando excluidos desgaste natural por uso.

El cliente debe llevar el equipo y retirarlo luego de la reparación al lugar de entrega indicado líneas arriba.

Garantía aplica sólo si el cliente ha cumplido con las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento indicadas en el Manual del Usuario, entregado con el equipo. La garantía no se extiende a envejecimiento, desgaste natural, mal manejo o mala operación del equipo, uso con energía eléctrica inadecuada o sin la debida protección, líquidos diferentes al ofertado y demás indicaciones establecidas en nuestras condiciones generales de venta.

Nos ponemos a su disposición para atender cualquier requerimiento adicional que tenga sobre la presente oferta. Estamos a su servicio y con gusto lo atenderemos

Atentamente,

Juan Fernando Donaires Portocarrero

Tel: (51 - 1) 319 - 1000

Fax: (51 - 1) 319 - 1019

Ing. Arturo Gutierrez

Jefe de Ventas - Minería



Ing. Raúl Marcelo Pomianowski MA-PERU

Supervisor de Ventas

COMPAÑÍA: SOCIEDAD MINERA CASTROVIRREYNA	MENSAJE: Cotización RM-036-13
ATENCION: Ing. Sandro Rojas	PAGINA: 1 / 2
FECHA: 25 de Septiembre del 2013	

Estimados Señores:

Atendiendo su solicitud de cotización de la referencia y de acuerdo a los datos proporcionados por ustedes, nos es grato cotizarles como sigue:

ITEM 01: EQUIPO DE BOMBEO

El equipo suministrado se compone por:

A.- (03) Una Bomba Principal, que se compone de lo siguiente:

Bomba centrífuga horizontal marca **HIDROSTAL** fabricada en el Perú, según norma ISO/DIS 2858. Caja de bomba con succión axial y descarga radial e impulsor cerrado. Soporte construido en fierro fundido con rodamientos lubricados por grasa.

Base común de acero estructural para montaje bomba-motor y sistema de transmisión mediante acoplamiento marca Guardex, con su respectivo guardacople.

Motor eléctrico asíncrono trifásico marca **WEG** construido según standard IEC, aislamiento clase F, grado de protección IP55, totalmente cerrado, forma constructiva B3D Horizontal, para operar en instalaciones trifásicas de 60 Hz. y para arranque directo o estrella triángulo. Para temperatura ambiente de hasta 20°C y



Juan Fernando Donaires Portocarrero

operación hasta 4800 m.s.n.m.

Datos de Operación:

Modelo	: 65-250-3AHE-E500-AS-TG1070-5R1-36-265		
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	: Agua Limpia	Ejecución	: 3A
Caudal (lps)	: 40	Caja	: Fierro Fundido Gris A48CL30B
A.D.T. (m.c.a.)	: 105	Impulsor	: Acero Inoxidable
Eficiencia (%)	: 74.50	Eje	: Acero Inoxidable
Potencia Abs. (hp)	: 104.4	Datos de Motor	
Máx Pot. Abs. (hp)	: 145.87	Potencia (hp)	: 125
NPSH req. (m)	: 3	Velocidad (rpm)	: 3600
Ø de impulsor(mm)	: 246.00 @ 3540 rpm	Frame	: 280 S/M
<i>Características de Bomba</i>		Voltaje (v)	: 220/380/440
Sellado	: Prensaestopas	F. S.	: 1.15
Ø Succión (mm)	: 254	Nº de polos	: 2
Ø Descarga(mm)	: 203	Fases	: 3

ITEM 02: COMPONENTES QUE INTEGRAN EL TABLERO DE ARRANQUE Y - Δ PARA 150HP – 440V

- ✓ 01 Gabinete metálico de Fabricación Nacional, con Grado de Protección IP55 de tipo Mural color RAL7035.
- ✓ 01 Interruptor Termomagnético principal en caja moldeada fijo de 225A - 3P.
- ✓ 02 Interruptores Termomagnéticos de mando 4A – 2P.
- ✓ 02 Contactores Tripolares en régimen de trabajo AC3 de 150 A
- ✓ 01 Contactor Tripolar en régimen de trabajo AC3 de 80 A
- ✓ 01 Relé Térmico regulable para sobrecarga de 95 a 120 A
- ✓ 01 Relé de Protección con las siguientes opciones: Apertura por máxima y mínima tensión, apertura por pérdida de fase, apertura por secuencia de fases incorrecta y apertura por fases

desbalanceadas.

- ✓ 01 Unidad electrónica para control de nivel de líquidos
- ✓ 03 Electrodo tipo péndulo
- ✓ 01 Temporizador para el cambio de Y a Δ
- ✓ 01 Transformador de tensión de 440/220V para circuito de control.
- ✓ 01 Equipo de Iluminación de 8W, 220V.
- ✓ 01 Interruptor de Puerta para el sistema de Iluminación.
- ✓ 01 Selector Manual o Automático.
- ✓ 01 Pulsador de Marcha Color Verde de 22mm, Marca Schneider Electric
- ✓ 01 Pulsador de Parada Color Rojo de 22mm, Marca Schneider Electric
- ✓ 01 Pulsador de Emergencia Tipo Hongo Color Rojo de 22mm, Marca Schneider Electric.
- ✓ 01 Lámpara de Señalización Verde de 22mm.
- ✓ 01 Lámpara de Señalización Roja de 22mm.
- ✓ Portaplanos.
- ✓ Montaje de los equipos en el tablero y platinado en general.
- ✓ Canaletas Plásticas Ranuradas.
- ✓ Borneras de Control.
- ✓ Rieles simétricos para la fijación de equipos.
- ✓ Terminales, cintillos de amarre, etc.

PRECIOS:

Ítem	Cant	Descripción	Valor Venta Unit. S/.	Valor Venta Total S/.
01	01	Electrobomba Modelo 65-250-9-E500 / 125 HP	49,890.90	49,890.90
02	01	Tablero Arranque Estrella Triangulo de 125.00 HP,460V,3Ø,60Hz	15,055.00	15,055.00
VALOR VENTA TOTAL			S/.	64,945.90
I.G.V. 18%			S/.	11,690.26
PRECIO VENTA TOTAL			S/.	76,636.16

Nota: Precio en soles.

CONDICIONES DE VENTA

Condición N° 1: Al recibir su orden de compra, por ser productos sujetos a especificaciones técnicas para poder cumplir con la calidad ofrecida, es necesario aclarar todos los detalles antes de iniciar la fabricación y/o el despacho.

Condición N° 2: De haberse además convenido un pago inicial es necesario que este se haya realizado. Luego de cumplido con ello emitiremos nuestro Acuse Confirmación de Pedido y/o Factura.

Forma de Pago: Factura 30 días.

Plazo de entrega: A la fecha nuestro plazo de entrega es 06 - 08 Semanas, a partir de emitido nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura en nuestra planta.

Embalaje: Los productos se entregarán sin embalar, salvo que haya sido ofrecido expresamente en nuestra oferta.

Validez de Oferta: 30 días, de su emisión, las condiciones de venta definitivas son las establecidas en nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o factura.

Lugar de entrega: En nuestra planta sito en portada del sol 722 zarate encima del camión, o en sus almacenes en caso haya sido así expresamente indicado en nuestra propuesta. Nuestro compromiso termina encima del camión debiendo el cliente disponer de las facilidades para descargarlo.

Garantía: 1 año desde la entrega y/o facturación, lo que ocurra primero.

Asegura al cliente la reparación o reemplazo de las partes del producto con defectos de fabricación, quedando excluidos desgaste natural por uso.

El cliente debe llevar el equipo y retirarlo luego de la reparación al lugar de entrega indicado líneas arriba.

Garantía aplica sólo si el cliente ha cumplido con las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento indicadas en el Manual del Usuario, entregado con el equipo. La garantía no se extiende a envejecimiento, desgaste natural, mal manejo o mala operación del equipo, uso con energía eléctrica inadecuada o sin la debida protección, líquidos diferentes al ofertado y demás indicaciones establecidas en nuestras condiciones generales de venta.

Nos ponemos a su disposición para atender cualquier requerimiento adicional que tenga sobre la presente oferta. Estamos a su servicio y con gusto lo atenderemos

Atentamente,

Ing. Arturo Gutierrez

Jefe de Ventas - Minería

Ing. Raúl Marcelo Pomiano

Supervis

Juan Fernando Donaires Portocarrero