

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Implementación del sistema de bombeo para optimizar el drenaje del
nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Miguel Angel HUALLPA ILDEFONSO

Asesor: Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Implementación del sistema de bombeo para optimizar el drenaje del
nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
Presidente

Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO
Miembro de Jurado

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS
Miembro de Jurado

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, mi esposa e hijos

Por su apoyo incondicional.

RECONOCIMIENTO

A Dios, por permitir vivir y obtener muchas experiencias que contribuyeron al desarrollo de mi personalidad y vida profesional.

A todas aquellas personas con las que he compartido un espacio de trabajo, en las que complementaron mis conocimientos en este rubro tan desafiante y apasionante.

A todos ustedes mi mayor reconocimiento y gratitud.

RESUMEN

En el presente trabajo se ha analizado la implementación del sistema de bombeo para optimizar el drenaje del nivel 2370 al nivel 2620 de la minera aurífera Retamas S.A. y a partir del cual se ha propuesto implementar para el sistema de bombeo de dichos niveles a caudales aceptables según las normas requeridas.

Un sistema de bombeo representa una de las operaciones de servicios unitarios de mayor relevancia en todo el ciclo de minado, por ende, el objetivo final es estudiar los caudales requeridos para determinar el diseño óptimo de drenaje del agua subterránea de la minera aurífera Retamas S.A., de tal modo que no se tenga inundaciones de agua en los niveles inferiores. Para tal efecto, se realizará la medición de los niveles de caudales de agua que es generado por las filtraciones de aguas subterráneas, agua de perforación y otros a la vez distribuirlos en un nuevo diseño de sistema de bombeo, este será una forma a través del cual es posible conocer su eficiencia, el resultado en términos de bombeo de aguas subterráneas al nivel superior definirá el rendimiento eficiente del diseño.

Se describe en este trabajo la aplicación de la técnica de un sistema de bombeo particularmente en la minera Marsa y su importancia en el diagnóstico, control, modelamiento y optimización del proceso de bombeo. Se analiza su potencial en términos de caudales de agua con el fin de mantener en buenas condiciones los niveles inferiores evitando inundaciones; así aumentar los rendimientos de producción y minimizar los costos operacionales en conjunto en la etapa de la explotación, en lo posterior validar el nuevo diseño de bombeo óptimo del nivel 2370 al nivel 2620, el objetivo es alcanzado como se demuestra en el presente estudio.

Palabras clave: Sistema de bombeo, caudal de agua, inundaciones de agua.

ABSTRAC

In this work, the implementation of the pumping system to optimize drainage from level 2370 to level 2620 of the gold mining company Retamas S.A. has been analyzed. and from which it has been proposed to implement said levels at acceptable flow rates for the pumping system according to the required standards.

A pumping system represents one of the most important unit service operations in the entire mining cycle, therefore the final objective is to study the flow rates required to determine the optimal design of groundwater drainage of the gold mining company Retamas SA, of such that there is no flooding of water in the lower levels. For this purpose, the measurement of the levels of water flows that is generated by the filtrations of groundwater, drilling water and others will be carried out at the same time distribute them in a new design of the pumping system, this will be a way through the which is possible to know its efficiency, the result in terms of pumping groundwater to the upper level will define the efficient performance of the design.

The application of the technique of a pumping system particularly in the Marsa mine and its importance in the diagnosis, control, modeling and optimization of the pumping process is described in this work. Its potential is analyzed in terms of water flows in order to keep the lower levels in good condition avoiding floods; Thus, increasing production yields and minimizing operating costs as a whole in the exploitation stage, subsequently validating the new optimal pumping design from level 2370 to level 2670, the objective is achieved as demonstrated in this study.

Keywords: Pumping system, water flow, water flooding.

INTRODUCCIÓN

La minera Retamas es una empresa dedicada a la explotación del oro, cuyo accionista controlador en un inicio fue el productor de oro B2Gold Corp. Fue incorporada en 1969 para la adquisición, exploración y desarrollo de yacimientos de metales base y preciosos. Además, opera en sociedad el Proyecto Borosi Oriental. Tiene su sede en Vancouver.

El 2 de julio de 2019, Calibre realizó una transacción con B2Gold Corp. (B2Gold) mediante la cual adquiriría las minas de oro productoras La Libertad y El Limón, así como el proyecto de oro Pavón y otras concesiones minerales.

La minera Marsa es una operación subterránea que utiliza métodos convencionales, uno de los mayores costos de las operaciones unitarias viene a ser el sistema de bombeo, por lo cual se es indispensable la optimización utilizando las técnicas modernas de diseños de sistemas de bombeo.

La presente tesis tiene por objetivo contribuir al desarrollo de los conocimientos actuales en sistemas de bombeo y su aplicabilidad en las Operaciones Mineras. La tesis está orientada a la implementación del sistema de bombeo con la aplicación de un nuevo diseño que se enfoca básicamente en la modificación de la capacidad de bombas, diámetro de tuberías. Esto se realiza usando el monitoreo, diseño de bombas y análisis de caudales.

DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

Para el desarrollo de la presente tesis he considerado (cuatro) 4 capítulos, siendo los siguientes:

- El capítulo uno, trata sobre los aspectos de la investigación, planteamiento del problema, delimitación; formulación de: problemas generales y específico, objetivos; justificación, importancia y alcances de la investigación y limitaciones.

Además, trata sobre los aspectos generales de la mina; ubicación y accesibilidad de la mina, historia, geología, métodos de explotación y plan de minado.

- El capítulo dos, trata sobre el marco teórico que comprende antecedentes, bases teóricas-científicas, definición de términos, sistemas de hipótesis e identificación de variables.

- El capítulo tres, trata sobre la metodología de la investigación que comprende: tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, métodos de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

- El capítulo cuatro, se muestra los resultados obtenidos insitu caso de estudio, validación del nuevo diseño de bombeo óptimo, aquí presentamos los resultados de las pruebas y discusión de resultados.

- Para concluir la tesis se presentan las conclusiones y recomendaciones y la bibliografía correspondiente.

Lo cual pongo a consideración de mis jurados calificadores para su evaluación correspondiente.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
RECONOCIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRAC	III
INTRODUCCIÓN	V
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Identificación y Determinación del Problema	1
1.2 Delimitación de la Investigación	2
1.3 Formulación del Problema	24
1.3.1 Problema Principal	24
1.3.2 Problemas Específicos	24
1.4 Formulación de Objetivos	24
1.4.1 Objetivo general	24
1.4.2 Objetivos Específicos	25
1.5 Justificación de la Investigación	25
1.6 Limitaciones de la Investigación	26
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	27
2.1 Antecedentes de Estudio	27
2.1.1 Internacionales	27
2.1.2 Nacionales	31
2.2 Bases Teóricas – Científicas	33
2.2.1 Fundamentos del Sistema de Bombeo	33
2.2.2 Partes de un Sistema de Bombeo	36
2.2.3 Tuberías y accesorios	38
2.3 Definición de Términos	47

2.4	Formulación de hipótesis.....	53
2.4.1	Hipótesis General.....	53
2.4.2	Hipótesis Específicas.....	54
2.5	Identificación de variables.....	54
2.5.1	Variable Independiente.....	54
2.5.2	Variable dependiente.....	54
2.5.3	Variable Interviniente.....	54
2.6	Definición Operacional de variables e indicadores.....	54
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....		56
3.1	Tipo de Investigación.....	56
3.2	Métodos de Investigación.....	57
3.3	Diseño de la investigación.....	57
3.4	Población y muestra.....	58
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	59
3.6	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	60
3.7	Tratamiento Estadístico de Datos.....	60
3.8	Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.....	61
3.9	Orientación ética.....	61
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		63
4.1	Descripción del Trabajo de Campo.....	63
4.2	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	69
4.3	Prueba de Hipótesis.....	71
4.4	Discusión de resultados.....	72
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Tramos y características de tuberías	85
Tabla N° 2: Características actuales.	90
Tabla N° 3: Sistema de bombeo convencional.	90
Tabla N° 4: Sistema de bombeo optimizado.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Plano de ubicación y accesibilidad	15
Figura N° 2: Bomba de eje libre	52
Figura N° 3: Bomba monoblock	52
Figura N° 4: Especificaciones técnicas de bombas centrífugas.....	53
Figura N° 5: Especificación técnica de motor estandar.....	54
Figura N° 6: Tanques sedimentadores.....	55
Figura N° 7: Tuberías y accesorios.....	57
Figura N° 8: Altura de succión	59

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y Determinación del Problema

El drenaje de agua subterránea de toda mina es muy importante ya que al eliminar el agua de las labores subterráneas permite continuar las operaciones de exploración, desarrollo y explotación de un yacimiento minero. Para su ejecución es necesario seleccionar los tipos de bombas a utilizar de acuerdo al caudal y la suspensión de sólidos que se presentan en el agua; para realizar un drenaje del agua en forma óptima y así evitar la inundación de las labores inferiores que va limitar continuar con las operaciones mineras en actividad.

Actualmente en la mina Retamas se está realizando un programa agresivo de profundización. Por esta expansión el sistema de bombeo actual instalada para el drenaje de agua subterránea ya no tiene la capacidad suficiente por el aumento del caudal debido a las filtraciones de agua por las fallas del macizo rocoso y por el incremento de las operaciones de la mina. Por lo que es muy importante aplicar un nuevo sistema de bombeo para evitar la inundación de la mina.

A raíz de esta profundización se tiene el aumento del caudal del agua subterránea de forma muy considerable por las diferentes filtraciones de las diferentes labores mineras por lo que se requiere drenar el agua de interior mina para evitar la inundación en el interior mina.

1.2 Delimitación de la Investigación

Ésta investigación se realizó en el nivel 2370 al nivel 2620 de la minera Marsa S.A. El tiempo de investigación es aproximadamente de 6 meses (fecha de inicio, marzo 2019 – fecha de culminación, agosto 2019).

1.2.1 Generalidades de la Mina

1.2.1.1 Ubicación y Accesibilidad

La minera Retamas se encuentra Ubicado en la sierra de la: Región La Libertad – Provincia de Pataz. Su acceso de la capital por vía terrestre es a Trujillo, La Libertad, provincia de Pataz y la mina Retamas. También se tiene acceso por vía aérea Lima, Trujillo, Retamas.

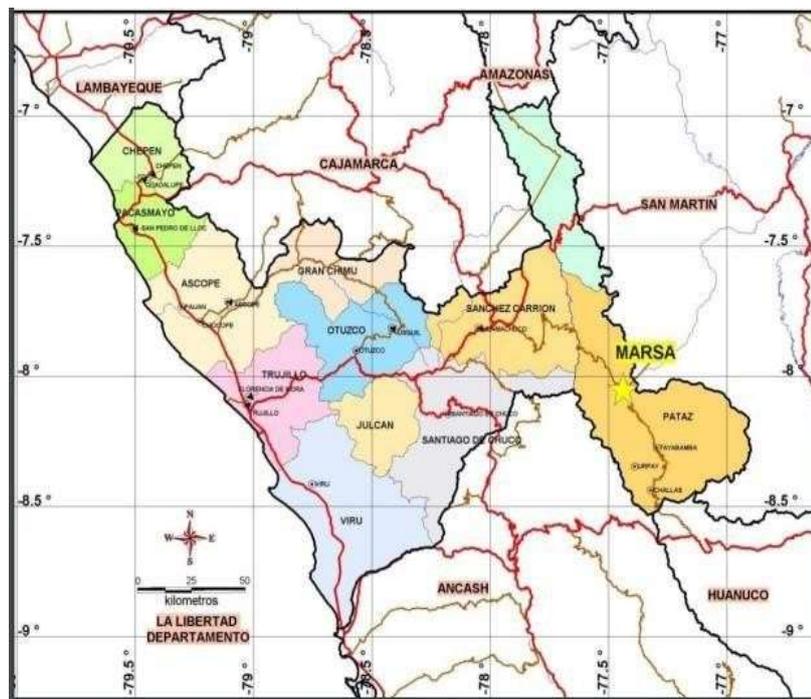


Figura N° 1: Plano de Ubicación y Acceso.

Fuente: Área de ingeniería Minera Retamas.

1.2.1.2 Antecedentes históricos

Mínera Retamas, produce 1,650 toneladas por día de mineral, con contenidos de oro y plata el mismo que es tratado en su planta concentradora que tiene una capacidad de 1800 toneladas por día.

En las exploraciones y desarrollo, la política de MARSA es mantener el nivel de reservas, para lograr este objetivo se desarrolla un agresivo programa mensual de profundización con avances lineales de alrededor de 2 mil metros.

La minera Marsa tiene un agresivo programa de exploraciones con labores mineras se viene ejecutando desde la cota 3220 hacia cotas más profundas, actualmente ya estamos explorando en la cota 2570. Estos programas junto a los programas de perforación diamantina de largo alcance permiten incrementar nuevas áreas de exploración y una reevaluación de las áreas más antiguas.

En años anteriores las reservas y la producción provenían del sistema Esperanza que es una estructura con rumbo NNW – SSE y buzamiento NE, pero adicionalmente se tienen identificadas 14 estructuras al piso de Esperanza con el mismo rumbo y buzamiento. Con la profundización realizada en los últimos años se han interceptado las vetas Cabana 2, Cabana 3 y Daniela con valores de oro superiores al promedio de ley de las reservas actuales y que pertenecen a este sistema de estructuras paralelas. Adicionalmente también se ha interceptado la veta Valeria que es una estructura tensional con valores de oro superiores. Los resultados que se vienen obteniendo son muy alentadores y esto ha permitido que manteniendo el programa de exploraciones las reservas se incrementen sustancialmente. Actualmente nuestras reservas alcanzan para una producción de

10 años. Con respecto al potencial de reservas las expectativas de mineralización económica son muy altas.

1.2.1.3 Geología Local de la Mina

En el territorio del distrito minero de Parcoy, en el Batolito de Pataz, se encuentra el depósito mineral conocido como «El Gigante», donde Retamas desarrolla sus operaciones. Está emplazado en rocas intrusivas granitoides de la edad Paleozoica. Constituido por filones de cuarzo con concentraciones de sulfuros, la concentración de mineral se presenta en forma de un cuerpo mineralizado (ore shoot) controlado por estructuras del tipo lazo cimoide.

1.2.1.4 Geología Regional

Geología- geología regional-estratigrafía: La columna estratigráfica del área está constituida en la parte inferior por rocas antiguas del complejo metamórfico. Sobre esta yacen en discordancia angular sedimentos continentales y marinos pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico. En la parte superior también en discordancia angular se exponen derrames y piroclásticos pertenecientes a los volcánicos lavasen. Un intrusivo granodiorítico corta las rocas sedimentarias y llega hasta la parte inferior de los volcánicos.

A continuación, se expresa una descripción generalizada de las formaciones que aparecen en la región.

a. Complejo del Marañón; (pe – Cm.): Es una formación potente de rocas metamórficas que afloran ampliamente en la cordillera central.

En la región estudiada ocupan una faja que se extiende de NE a SE por más de 100 Km. de largo. Hacia el SE, se ensancha considerablemente.

El espesor de esta formación puede llegar hasta los 2,000 mt. En este complejo metamórfico se distinguen tres unidades, una inferior representada por mica esquistos; otra media compuesta por meta andesitas esquistosas y otra superior caracterizada por filitas negras y pizarras. Las dos últimas unidades son las de mayor distribución en la zona. A este complejo se le ubica una edad Precambriano y Cambriano.

b. Grupo Ambo; (Ci - a): Pertenece a este grupo un afloramiento ubicado en el lado SE de la zona. La litología consiste en areniscas y lutitas con intercalaciones de conglomerados, con su espesor total de 200 mt. que se observa en Taurija y Urpay (Tayabamba). La edad asignada a este grupo es el Missisipiano medio.

c. Grupo Copacabana; (Pi - c): Cerca de Chagual afloran unas calizas algo arenosas, estratificadas en capas delgadas entre las cuales son comunes las intercalaciones de lutitas negras a limonitas. Estas rocas pertenecen al Grupo Copacabana y son de edad Pérmico Inferior.

d. Grupo Mitu; (Ps - m): Rocas de este grupo se han encontrado en afloramientos aislados dentro de la provincia, la encontramos entre Vijus - Chagual - Pías y entre Huaylillas - Tayabamba. Consta de areniscas y conglomerados de color rojo oscuro, estratificados en capas delgadas, que yacen en discordancia paralela sobre el grupo Copacabana y Ambo. A este grupo se la asigna una edad aproximada entre Permiano Medio o Superior.

e. Grupo Pucará; (Tji - p): Este grupo se compone de calizas con chert que superyacen con discordancia angular o erosional a las unidades descritas arriba. Se le encuentra al oeste de Buldibuyo, en el flanco oriental del valle

del Marañón. Su edad ha sido determinada por Wilson y Reyes y corresponde al Noriano y Sinemuriano.

f. Grupo Goyllarisquizga; (Ki - g): En la región estudiada el grupo está compuesto por areniscas grises, marrones y rojizas de grano medio a grueso, que corresponde a la denominada Facies de Plataforma por haberse depositado sobre el Geo-Anticlinal del Marañón (Benavides, 1956).

Estas Faces tienen un grosor variable de 50 a 150 mt. y se localizan en Huaylillas y Quiches(Tayabamba). A este grupo se le asigna una edad Neocomiana Aptiana.

g. Formación Crisnejas; (Ki - cr): Una secuencia de calizas y margas que afloran en el área del valle del Marañón, ha sido denominado “Formación Crisnejas” por Benavides (1956). Esta tiene un espesor de 200 mt. con una litología parecida a la de la Formación Chulec, pero con una menor proporción de calizas. La edad de esta formación es Albiano Medio.

h. Formación Rosa; (Ki - r): Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Crisnejas y está compuesta de conglomerados y areniscas rojas que se asemejan en cierto modo a las areniscas de la Formación Goyllarisquizga, pero se distinguen de esta última por su asociación con conglomerados gruesos. Afloran principalmente en el cuadrángulo de Patáz entre las quebradas de Yalén y Aserradero.

La edad ha sido determinada por Benavides (1956) con Albiano Superior – Cenomaniano Inferior con las siguientes características:

i. Volcánicos Lavasen; (Tm - Vi): El sector oriental de la región estudiada está cubierto por un manto de volcánicos jóvenes a los cuales Wilson, en

1964, denominó Volcánicos Lavasen. Litológicamente éstos constan de un miembro inferior compuesto por derrames andesíticos de color gris oscuro, grano fino, a veces microporfiríticos; y un miembro superior conformado de tufos y piroclásticos de composición dacítica. Se estima que estos volcánicos alcanzan un grosor máximo de 1,500 mt. , correspondiendo los primeros 800 a 900 mt., el miembro inferior. Los afloramientos de estas formaciones han dado lugar a escarpados terrenos, a farallones, y en general a una topografía agreste, suavizada en las partes altas por la erosión glaciaria.

1.2.1.5 Métodos de Explotación

La forma del tajeo puede variar según el método de explotación diseñado, en todos los casos el avance se mide mediante el volumen fracturado (in - situ). Actualmente se tiene como métodos de explotación:

- Método de Corte y Relleno Ascendente.

- Método de Cámaras y Pilares.

- Método de Explotación Selectivo Circado.

El nivel de producción del mineral es de 1,500 TMS/día, con ley promedio de 11 gr./Tn., siendo el Cut-off operacional en 6.64 gr/Tn.

Corte y Relleno Ascendente

Durante el avance ascendente de la producción, se deja pilares de 3m x 5m, adyacente a las chimeneas principales y un puente de 3m x 20m paralela a la galería.

- Geometría del yacimiento

- Forma Irregular
- Potencia: variable; >0.50 m.
- Buzamiento: 30° - 40°
- Altura litostática: 200 m - 600 m.

Parámetros Geométricos del Método.

- Dimensiones del sub block (m), 20 x 30
- N° de cortes horizontales 5
- Longitud de cortes horizontales (m): 14
- Ancho de cortes horizontales (m): 5
- Altura de cortes horizontales (m): 1.20 m
- Dimensión de los Pilares temporales (m): 3 x 5 y 3 x 20

Eficiencias.

- Rendimiento: 2.50 m³/tarea (con winche).: 1.25 m³/tarea (limpieza. manual)
- Factor de carga (L.F): 0.88 Kg/m³
- Factor de perforación: 3.57 m/m³
- Tonelaje / taladro: 1.22 TM / taladro.

Costo del método C & R.: US \$ 32.06/TM.

Cámaras y Pilares

Definido el block rectangular de mineral por chimeneas y galerías, a partir de un subnivel base, se divide el tajeo en cámaras alternadas por pilares rectangulares de 3 m de ancho.

Las cámaras tienen la dirección del buzamiento y altura que depende de la potencia de la veta. Una vez que la cámara llega al nivel superior, se retorna desquinchando y sosteniendo los hastiales para completar el ancho de diseño.

Geometría del yacimiento.

Forma: Tabular e irregular

- Potencia: Variable; 0.30 cm a 2.5 m
- Buzamiento: Sub horizontales; 10° a 30°
- Altura litostática: 200 m - 700 m.

Parámetros Geométricos del Método.

- Dimensiones del sub block (m): 20x30
- Número de cortes verticales: 4
- Ancho de cortes verticales (m): 3
- Ancho de cámara (m): 14
- Número de Pilares: 3
- Dimensiones de los pilares temporales (m): 3 x 30, 3 x 20

Eficiencias.

- Rendimiento: 2.00 m³ /tarea (con winche): 1.11 m³ /tarea (limpieza manual)
- Factor de carga (L. F): 1.22 Kg. /m³
- Factor de Perforación: 4.61 m/m³
- Producción por taladro: 0.94 TM / taladro.

- Costo de método C & P.: US \$ 37. 51 / TM.

Método De Explotación Selectivo Circado

Es el Método de minado del estudio y mejorado como se describe a continuación; Se aplica este método para zonas mineralizadas con potencia de veta angosta (< 0.30 cm) y altos valores de mineral. En una primera etapa se arranca el mineral y luego el desmonte pudiendo invertir esta secuencia de acuerdo a las condiciones de dureza del mineral y el desmonte así mismo la geometría que presenta el yacimiento y la veta propiamente.

Geometría del yacimiento.

Forma: irregular

- Potencia: variable; < 0.50 m.
- Buzamiento: variable
- Altura litostática: 200 m - 600 m.

Parámetros Geométricos del Método.

- Dimensiones del sub block (m): 20 x 30

Eficiencias.

- Rendimiento: 1.11 m³/tarea (con winche): 0.83 m³ /tarea (limpieza manual)
- Factor de carga (L.F): 1.43 Kg. /m³
- Factor de Perforación: 5.85 m/m³

- Tonelaje / taladro: 0.75 TM / taladro. Costo del método Circado: US \$ 59.97/TM.

Limpieza y Acarreo de Minerales

En tajos la limpieza se realiza con winches de arrastre de dos tamboras de motor eléctrico de 15 HP, que permiten un mejor rendimiento en el ciclo de minado, en algunos casos la limpieza es en forma manual con carretillas y carros mineros hasta depositar en las tolvas de extracción.

En frentes la limpieza se realiza con Palas Neumáticas Eimco 12B, y 21 de capacidades 0.155m³, 0.198m³ respectivamente. La extracción de desmonte o mineral de interior mina hasta las bocaminas lugar donde están las tolvas principales, se realiza con locomotoras a batería de 1.5 y 3 toneladas que jalan 12 a 20 carros mineros (U34).

El transporte de las tolvas principales (Bocaminas) a la tolva de gruesos (Planta de tratamiento) se realiza con volquetes de 20 toneladas de capacidad.

Sostenimiento

La masa rocosa ha sido clasificada por el índice Q y el índice RMR, los tipos de roca determinados son: A, B, C y D.

Las propiedades físicas y de resistencia de la roca han sido estimadas a partir de ensayos de laboratorio y del índice de resistencia geológico GSI. El criterio de falla empleado es el de Hoek-Brown. El sistema adecuado de sostenimiento temporal está constituido por los elementos:

- Puntales de madera,
- Gatas hidroneumáticas
- Pernos de anclaje.

Aplicando finalmente el Relleno Hidráulico en los tajos vacíos, su principal objetivo es evitar colapsos, subsidencias y permite recuperar los puentes y pilares de mineral. Las propiedades y características del relleno hidráulico son las siguientes:

- Densidad de pulpa: 1900 gr./lt.
- Velocidad crítica: 2.59 m/s
- Velocidad de percolación: 18.78 cm/hr
- Diámetro de tubería (troncal): 4" f
- Energía para el transporte: gravedad
- Diferencia de altura (Planta -Tajeo): 800 m
- Resistencia al cabo de 3 meses: 5 Kg. /cm².

Perforación y Voladura

Los equipos de perforación son perforadoras livianas tipo Jack-leg. La longitud de barrenos es de 5, 6 y 8 pies con 34, 36 y 38 mm de diámetro de inserto y/o brocas.

En la voladura, se emplean dinamitas semigelatinas con potencia relativas de 45% y 65% y dinamitas pulverulentas de 45% y 65% en las coronas.

Las ratios de perforación y voladura son:

- Factor de voladura en lineales es 2.18 kg/m³ y en tajos 1.04 kg/m³
- Factor de perforación en lineales es 7.10 m/m³ y en tajos 3.92m/m³

- Rendimientos en lineales es 36.76 cm/hg y en tajos 2.20 Tn/hg.

1.2.1.6 Labores de Desarrollo Exploración y Preparación

Todas estas labores se realizan por medio de labores de avance lineal (m), también se les llama labores lineales, en 3 dimensiones. Se caracteriza por avanzar en forma lineal, por la geometría y dimensión (sección) que se realiza este trabajo, se han diferenciado en las siguientes labores: Frentes, chimeneas verticales, chimeneas inclinadas, chimeneas pilotos, subniveles y estocadas.

a) Frentes: Dentro de este grupo podemos tener diferenciado varias labores, básicamente el trabajo es el mismo, pero diferencian por el objetivo que cumplen cada labor:

- Cortada; Labor que empieza desde superficie hasta interceptar una estructura mineralizada.
- Cruceros; Labor que cumple la función de avanzar hasta interceptar algún objetivo

Los ratios de perforación y voladura son:

- Factor de voladura en lineales es 2.18 kg/m³ y en tajos 1.04 kg/m³
- Factor de perforación en lineales es 7.10 m/m³ y en tajos 3.92m/m³
- Rendimientos en lineales es 36.76 cm/hg y en tajos 2.20 Tn/hg.

Especificaciones técnicas de los Frentes:

- Sección Standard: 7' x 8' (2.1 x 2.4m).

- Sobre excavación: +10% máximo.
- Gradiente: 5/1000
- Radio de curvatura: 5.0 m(externo), para locomotora de 1.5 Toneladas.
- Trocha: 500mm.
- Durmientes: Long. 1.0m C/ 1.0m.

b) Chimeneas Verticales: Labor que se realiza en forma ascendente, la limpieza del material roto es por caída libre; caen a la tolva o Chute instalada en el punto de inicio (de un frente).

Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Echaderos de mineral o desmonte, ventilación, Servicios, etc.
- Sección Standard: 4' x 4' (1.20 x 1.20m), rectangular.
- Inclinación: Según proyecto.
- Puntal de avance: Cada 1.0 m.

c) Chimeneas Piloto; Labor que generalmente se inicia en un tajo, sub nivel y/o chimenea inclinada, la limpieza se realiza empleando mano de obra, cuyo objetivo es interceptar estructura al techo de la labor.

Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Exploración al techo de la labor.
- Sección Standard: 4' x 4' (1.20 x 1.20m), rectangular.
- Inclinación: Según proyecto.
- Puntal de avance: Cada 1.0 m.
- Longitud máxima: 10 metros.

d) Chimeneas Inclinadas: Labor que se realiza en forma ascendente sobre estructura, la limpieza del material roto se realiza empleando mano de obra.

Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Exploración, desarrollo y/o preparación.
- Sección Standard: 5' x 5' (1.50 x 1.50m), rectangular.
- Inclinación: Buzamiento de la veta, sobre estructura.

e) Subniveles; Labor que se realiza en forma horizontal siguiendo el rumbo de la veta, la limpieza del material roto se realiza empleando mano

de obra. Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Preparaciones y exploraciones.
- Sección Standard: 4' x 6' (1.20 x 1.80m).
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.

Planeamiento y reservas de mineral

En las exploraciones y desarrollo, la política de MARSA es mantener el nivel de reservas, para lograr este objetivo se desarrolla un agresivo programa mensual de avances lineales de alrededor de 2 mil metros. Las exploraciones son vitales para encontrar y renovar nuestras reservas.

Este agresivo programa de exploraciones con labores mineras se viene ejecutando desde la cota 3220 hacia cotas más profundas, actualmente ya estamos explorando en la cota 2570. Estos programas junto a los programas de perforación diamantina de largo alcance permiten

incrementar nuevas áreas de exploración y una reevaluación de las áreas más antiguas.

En años anteriores las reservas y la producción provenían del sistema esperanza que es una estructura con rumbo NNW – SSE y buzamiento NE, pero adicionalmente se tienen identificadas 14 estructuras al piso de Esperanza con el mismo rumbo y buzamiento. Con la profundización realizada en los últimos años se han interceptado las vetas Cabana 2, Cabana 3 y Daniela con valores de oro superiores al promedio de ley de las reservas actuales y que pertenecen a este sistema de estructuras paralelas. Adicionalmente también se ha interceptado la veta Valeria que es una estructura tensional con valores de oro superiores. Los resultados que se vienen obteniendo son muy alentadores y esto ha permitido que manteniendo el programa de exploraciones las reservas se incrementen sustancialmente. Actualmente nuestras reservas alcanzan para una producción de 10 años. Con respecto al potencial de reservas las expectativas de mineralización económica son muy altas.

1.2.1.7 Seguridad y Salud Ocupacional

Contamos internamente con el Sistema Integral de Seguridad y Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad (SISSOMAC), que está orientado a gestionar y manejar de manera ordenada, objetiva y sistemática la prevención de accidentes laborales, enfermedades ocupacionales, contaminación ambiental, además de un mejoramiento cualitativo de los servicios que ofrece a sus trabajadores. Nos proporciona una estructura determinada para la acción y el establecimiento de objetivos y metas

específicas, procurando cumplir en estos temas con los más altos estándares ambientales, de seguridad, salud ocupacional y calidad.

Sistema de Gestión de Calidad Iso 9001:2008. Se realiza el análisis de las muestras minerales, las aguas y las soluciones cianuradas, tomando en cuenta un estricto control de leyes a lo largo del proceso productivo. Gracias a un laboratorio equipado y moderno, y al personal debidamente calificado, se asegura la fiabilidad de los resultados de acuerdo a los patrones internacionales y los estándares de otros laboratorios de prestigio.

Sistema de Gestión Ambiental Iso 14001:2004. Se ha previsto también la prevención y minimización de los impactos ambientales.

Como uno de los pilares del desarrollo de la empresa. Es un sistema que nos ha permitido gestionar nuestros procesos de forma más eficiente, logrando reducir significativamente el consumo de los recursos naturales como energía, madera y combustible. Se mejoró la gestión de los residuos sólidos, se optimizó el control de afluentes, emisiones, y se mejoró la cultura ambiental a nivel organizacional.

Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional Ohsas 18001:2007. Brindar protección y bienestar a nuestros trabajadores a través del cumplimiento de los más altos estándares en seguridad y salud ocupacional es uno de los propósitos fundamentales de la empresa.

Se ha implementado el seguimiento de la norma internacional OHSAS 18001, y contamos con un «Plan de Emergencias de Seguridad»,

que contempla acciones preventivas y respuestas inmediatas a circunstancias peligrosas.

1.2.1.8 Responsabilidad Social

La Cia. Minera Marsa, como empresa responsable y respetuosa de su marco legal cumple cabalmente con el pago del 30% del Impuesto a la renta, impuesto que es pagado directamente en Trujillo, el pago de regalías mineras, el aporte voluntario, dinero que es utilizado por el gobierno nacional y regional para el desarrollo del departamento de La Libertad.

MARSA opera de manera socialmente responsable y ha desarrollado una política de relaciones comunitarias basadas en el respeto y el diálogo permanente y transparente con las poblaciones vecinas.

Desde sus inicios, MARSA aspiró a generar un polo de desarrollo en la zona. Para ello, promueve diversos programas orientados a la reducción de los índices de pobreza, y a mejorar los niveles de salud, educación e infraestructura en las comunidades aledañas, entre otros, además MARSA apoya el desarrollo de la economía local, promoviendo las compras en la zona tales como las carnes, verduras, entre otros.

Es política de MARSA comprar y adquirir productos y servicios preferentemente a los proveedores locales, mientras compitan en igualdad de condiciones de calidad, oportunidad y precio.

Asociación de MARSA es una organización no gubernamental sin fines de lucro. Tiene como finalidad promover el desarrollo sostenible de las comunidades del entorno de influencia de MARSA, en especial

atención al anexo de la comunidad de Llacuabamba. Enmarcado dentro de sus compromisos como:

Misión: Contribuir al desarrollo económico, ambiental y social armónico de las comunidades de la influencia de las operaciones de MARSÁ, fortaleciendo el capital social de las comunidades y respetando la identidad cultural local.

Visión: Lograr el reconocimiento como una organización respetuosa de las comunidades y del medio ambiente, que contribuya a lograr el desarrollo sostenible:

Valores

Ética

Transparencia

Respeto a la diversidad

Co - responsabilidad

Compromiso

Finalidad de Asociación Retamas

Contribuir a crear un clima de confianza entre los comuneros, mejorando la relación de las comunidades, mostrando en todo momento que el desarrollo de la empresa se realiza con ética, transparencia, eficacia y eficiencia, respetando el medio ambiente y actuando siempre con responsabilidad social para generar y desarrollar el capital humano.

1.2.1.9 Responsabilidad Ambiental

La Cia Minera Marsa, tiene una política de responsabilidad ambiental orientada a prevenir y minimizar los impactos medio ambientales y de concientizar a sus trabajadores hacia el cuidado del medio ambiente. Para ello se ha desarrollado los siguientes ejes medio ambientales:

Monitoreos ambientales contamos con un programa de monitoreo ambiental, diseñado y ejecutado regularmente, con el fin de garantizar su eficiente desempeño ambiental. Así, se monitorea la calidad del agua, aire, suelos y ruidos con la finalidad de prever y minimizar cualquier impacto ambiental.

Manejo de residuos sólidos. Contamos con un "Plan de manejo de Residuos Sólidos", que se actualiza anualmente con el fin de mejorar la gestión integral de los residuos provenientes de las operaciones mineras, además de garantizar un ambiente saludable para sus trabajadores y las comunidades de su entorno. Ello ha permitido optimizar la utilización de los recursos naturales y minimizar los impactos negativos al ambiente.

Control de afluentes y emisiones

Para mitigar los efectos ambientales, se ha implementado una serie de sistemas de tratamiento que obedecen a estudios técnicos y de ingeniería. Contamos con plantas de tratamiento de aguas residuales de minas, procesos metalúrgicos, aguas residuales domésticas y sistemas de control de sedimentos e hidrocarburos. Las emisiones de gases, de material

particulado y de ruido con controladas a través de sistemas específicos que cumplen con minimizar posibles impactos al medio ambiente.

Salud

Entre los diversos programas sociales emprendidos por MARSa en el sector salud, se desarrolló el «Programa madre, niño, vida», cuyo objetivo es erradicar la desnutrición en la comunidad campesina de Llacuabamba beneficiando a más de 500 niños menores de 5 años y madres gestantes y lactantes, logrando reducir la anemia y la desnutrición en un 80%; la «Feria de alimentos ricos en fuentes de hierro», en la que participaron alrededor de 150 madres y niños buscando erradicar específicamente la anemia. El «Programa vaso de leche», cuyos beneficiarios son los escolares de los distritos de Llacuabamba, La Soledad, Parcoy y la Municipalidad de Parcoy, quienes reciben más de 2500 raciones diariamente para complementar su nutrición; el Programa de salud femenina», una campaña ginecológica que busca prevenir trastornos y enfermedades degenerativas y oncológicas entre la población de Llacuabamba. Además, MARSa contó con la colaboración de la misión Caritas Felices, gracias a la cual se operó a 76 personas de labio leporino, paladar hendido y otras malformaciones congénitas.

La Cia. Minera Marsa, colabora con los programas de salud que desarrolla el Centro Médico de Llacuabamba construido con el aporte voluntario de

MARSA, el cual cuenta con modernos equipos que hacen más eficaz la atención de los pacientes.

Educación

Se desarrollan programas de capacitación especializada a favor de los profesores de las diferentes comunidades campesinas de la Provincia de Pataz, como el «Programa de alfabetización digital», y también programas dirigidos a los escolares como el «Programa de becas integrales de estudios superiores, universitarios y técnicos», que se otorga a los cuatro primeros puestos del Colegio José Carlos Mariátegui de la comunidad de Llacuabamba. Por otro lado, colabora con la donación de carpetas, computadores y diversos útiles escolares a las diversas instituciones educativas con el objetivo de contribuir a mejorar la calidad e infraestructura educativa. Además, la empresa viene asumiendo el pago de 31 docentes que prestan servicios en las comunidades de Llacuabamba, La Soledad, Parcoy, Lucumos, El Tambo, Cabrillas, Curaubamba, Pilancon, Pampa de la Espina, La Paccha, Buldibuyo y Tayabamba, beneficiando de esta forma a los educandos de los mencionados anexos.

Infraestructura

La Minera Marsa, dentro de su política de responsabilidad social también desarrolla programas orientados a dotar y mejorar la infraestructura de la población de Llacuabamba. Así, desde el año 2008 viene funcionando la Posta Médica de Llacuabamba cuya construcción fue financiada por MARSA y su equipamiento con cargo al aporte voluntario local. A fines de 2010 se concluyó la construcción del segundo piso de este centro de

salud. Asimismo, conjuntamente con el Grupo Regional Minero La Libertad y con los fondos del Aporte Minero Voluntario Regional, ha rehabilitado 106 kilómetros de carretera desde el puente Pallar hasta el puente Chagual.

Por otro lado, se ha construido el local para la primera agencia de un banco comercial privado en el anexo de Llacuabamba, que ha permitido integrarnos al sistema financiero nacional, y así dinamizar las actividades económicas de la población, nuestros trabajadores y la empresa.

La comunidad campesina de Llacuabamba, se ha beneficiado con la construcción de la red de desagüe, gracias al apoyo que brindó MARSА conjuntamente con la Municipalidad de Parcoy. Hoy más de 1600 niños de la comunidad de Llacuabamba disfrutan del recientemente inaugurado "Parque Infantil Llacuabamba", que cuenta con una moderna infraestructura, en un adecuado espacio que permite el desarrollo recreacional en área ordenada y segura.

Además, MARSА colabora con proporcionar energía eléctrica a la Comunidad de Llacuabamba.

Agricultura y Forestación

Se desarrolla el «Programa integral de desarrollo y promoción de la agricultura en la comunidad campesina de Llacuabamba», que tiene por objetivo el fomento de la actividad agrícola como una alternativa económica en el tiempo, mejorando el nivel de ingreso, promoviendo la seguridad alimentaria y la calidad de vida. Asimismo, también se lleva a

cabo el «Programa de forestación dirigido a la comunidad de Llacuabamba», cuya finalidad es la forestación de 20 hectáreas de terreno con plántones de eucalipto y pino, logrando con ello la estabilización de los suelos y el mejoramiento ambiental de la zona.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema Principal

¿Cómo sería el sistema de bombeo para optimizar el drenaje del nivel 2370 al nivel 2620 para eliminar el agua de interior mina en la Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Cómo se va ejecutar la evacuación del agua desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.?

¿Cómo será el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.?

¿Cuál es la cantidad máxima de los sólidos en suspensión en el contenido de agua para el drenaje desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar el sistema de bombeo del nivel 2370 al nivel 2620 para el drenaje del agua de interior mina de la Minera Aurífera Retamas S.A.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la capacidad de las bombas para evacuar el agua desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.
- Determinar el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.
- Determinar la cantidad máxima de sólidos en suspensión para el drenaje de agua mina desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.

1.5 Justificación de la Investigación

Retamas, decidió profundizar la mina de manera mecanizada construyendo la Rampa Patrick de 4.0 m por 4.5 m, que tiene un recorrido de 5500 m. y se viene ejecutando la profundización de la rampa II etapa, que tendrá una longitud de 4000 m. En la construcción de la Rampa se está utilizando jumbos electrohidráulicos de dos brazos, scoop de 6 yd³, volquetes de 20 m³ de capacidad, para el desagüe de las aguas subterráneas se viene empleando bombas de 300 hp de potencia y 50 l/s, y se está construyendo una cámara principal de bombeo donde se instalará la bomba de 400Hp y 150 l/s de capacidad como medida de contingencia.

Tenemos una casa fuerza de energía neumática 16,000 cfm, y la red troncal de 22,000 m. para minimizar las caídas de presión el aire es conducido por tuberías de metálica de 16”, 12”, 10” y 8” de diámetro.

La mina trabaja en dos turnos y en MARSÁ damos una importancia especial a la seguridad en el trabajo, por ello los implementos de seguridad que se usan en la mina

cumplen con los estándares internacionales y su cambio o reemplazo obedecen a la frecuencia de uso y el estado del EPP establecido en el estándar de la mina.

El proyecto es muy importante que consiste en implementar el sistema de bombeo para el drenaje de agua de interior mina del nivel 2370 al nivel 2620 por la profundización de la mina que va repercutir en el aumento del caudal de las aguas subterráneas por lo que se puede inundar la mina si no se cuenta con sistema adecuado bombeo de agua.

1.6 Limitaciones de la Investigación

- En cuanto el apoyo de la empresa no se tuvo casi nada de limitaciones.
- Poca información geológica y planos de ubicación.
- Poca intensidad de señal de internet.
- Desconfianza del personal para permitir sus experiencias.
- Lluvias torrenciales que dificultan el monitoreo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudio

Se realizó la revisión de literatura respecto a estudio de sistema de bombeo para el drenaje de aguas subterráneas, encontrándose la siguiente información:

2.1.1 Internacionales

Antonio Pizarro (2015). El español considera que una tarea fundamental en la explotación de minas la constituía la extracción de las aguas que se generaban en el interior, se tiene conocimiento de laboriosos métodos utilizados para la extracción. En la época romana este problema se solucionó mediante la construcción de galerías de drenaje (a veces de varios kilómetros de longitud) que exigían un buen estudio topográfico y maquinaria como la noria, el tornillo de Arquímedes o la bomba de pistones.

A continuación, se implantó una nueva técnica de origen alemán, que consistía en el achique de agua mediante el método de bombas aspirantes accionadas mediante una palanca o balancín que daba movimiento al émbolo, y cuya ejecución, igualmente penosa, estaba encomendada a operarios denominados bomberos. La mayor eficacia de este sistema se vio en parte menoscabada por su deficiente construcción en madera de roble, lo que propiciaba frecuentes averías.

Las bombas aspirantes estaban situadas de manera escalonada para formar un cuerpo de bombas capaz de subir el agua desde lo más hondo de la mina hasta la superficie.

La capacidad de bombeo requerida en las minas subterráneas varía considerablemente.

En algunas minas, debe depurarse el agua usada y ser reciclada

Para atender las necesidades operativas del resto de instalaciones y reducir los costes.

En otras, por el contrario, se han de bombear millones de litros de agua

Cada día de cada año, es indudable que el tamaño e infraestructura de la mina va a ser un factor muy a tener en cuenta y, desde luego, los grandes avances que han ido apareciendo para esta actividad.

El agua que tiene que ser extraída de las minas no es H₂O pura, contiene también:

- Partículas sólidas, entre las que se incluyen finos procedentes de la Perforación, grandes partículas abrasivas y varios tipos de lodos que pueden resultar dañinos para los equipos que se utilicen para su extracción.
- Productos químicos, que se encuentran disueltos en el agua de mina, estos productos producen un agua altamente corrosiva que igualmente puede afectar gravemente a los equipos de bombeo.

Oswaldo Aduvire (2007). El español considera que los drenajes ácidos de antiguos minados de carbón y minería metálica son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo. Debido a que este problema puede persistir durante décadas e incluso cientos de años una vez finalizado el ciclo productivo, existe la necesidad de prevenir su formación y aplicar el tratamiento más adecuado cuando se ha formado.

Estos drenajes son tóxicos en diverso grado para el hombre, la fauna y la vegetación, contienen metales disueltos y constituyentes orgánicos solubles e insolubles, que generalmente proceden de labores mineras, procesos de concentración de minerales, presas de residuos y escombreras de mina. Existen reportes de la muerte de miles de peces y crustáceos de ríos, afecciones a ganado y destrucción de cultivos y riveras, así como la introducción de una coloración y turbiedad en aguas de ríos y lagos.

Los drenajes ácidos de mina además de un bajo pH contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión con un alto contenido en sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni), del orden de varios cientos de miligramos por litro. Estos elementos en altas concentraciones son nocivos para la actividad biológica, contaminan los cursos de aguas y pueden llegar a causar daños a las estructuras

construidas por el hombre. Debido al elevado coste que representa el tratamiento en depuradoras convencionales, es necesario buscar una solución a este problema.

Una alternativa al tratamiento convencional de los drenajes ácidos de minas de carbón y metálica tanto si las instalaciones se encuentran en operación o en abandono, lo constituyen los métodos de tratamiento pasivo, debido a su bajo coste, fácil operación y mantenimiento, y gran eficiencia en el tratamiento de aguas ácidas. Los métodos de tratamiento pasivo van desde humedales construidos, drenajes anóxicos, balsas orgánicas, sistemas de producción alcalina hasta barreras reactivas permeables, en donde el objetivo principal es la supresión de la acidez, la precipitación de los metales pesados y la eliminación de sustancias contaminantes como los sólidos en suspensión, antimoniatos, arseniatos y otros. La filosofía general de los tratamientos pasivos consiste en cambiar las condiciones de Eh y pH del influente de forma que se favorezca la formación de especies insolubles que precipiten como oxihidróxidos metálicos. Por lo general, en estos sistemas, se recurren al empleo de bacterias para catalizar las reacciones y acelerar los procesos que forman precipitados, así como al uso de material alcalino para neutralizar la acidez (subir el pH).

En el caso de humedales (wetlands) para aumentar el contacto entre el agua de mina y el oxígeno atmosférico, se diseñan sistemas de incluyan cascadas, lechos serpenteantes y balsas de grandes superficies y poca profundidad.

Para elegir el tipo de sistema pasivo se debe poner especial atención a las condiciones hidrológicas del lugar, al pH del influente, y al contenido de metales y sólidos en suspensión del drenaje. El diseño y la configuración del dispositivo de tratamiento deben asegurar una buena circulación y distribución del influente

dentro del sistema, con el fin de maximizar el tiempo de contacto entre el flujo de agua y los sustratos reactivos. Entre los principales parámetros a tener en cuenta en el diseño de un humedal, tenemos: el área o superficie, la geometría, la profundidad de las celdas, el tiempo de retención hidráulica y la composición del sustrato.

En este trabajo se hace una revisión del estado del arte sobre generación ácida, su prevención y tecnologías de tratamiento. Se continúa con una descripción detallada de los sistemas pasivos para el tratamiento de aguas ácidas y ver la posibilidad de aplicación en la Cuenca del Bierzo.

2.1.2 Nacionales

Cano Mucha (2019). En el mundo minero, todas empresas mineras cuentan con un sistema de bombeo para el drenaje de las aguas subterráneas; de acuerdo a las labores de profundización que cuenta y las operaciones que ejecuta para el laboreo minero y todo sistema de bombeo de la mina va cambiando de acuerdo cómo va profundizando el yacimiento minero. Para ello se selecciona nuevos tipos de bombas de drenaje de mayor capacidad o menor capacidad para obtener un eficiente drenaje de las aguas subterráneas, de esta manera optimizar la productividad de la empresa minera.

Habiendo realizado una revisión de la literatura sobre optimización de sistemas de bombeo de aguas subterráneas en el campo de la minería encontramos que hay buena información sobre estos temas; pero realizados o aplicados de acuerdo a su realidad; estos trabajos nos servirán de referencia para realizar nuestro estudio, así tenemos trabajos realizados en algunas minas como:

- Compañía minera Volcan SAC.

- Compañía minera Atacocha.

- Compañía minera Milpo.

- Compañía minera Brocal.

- Compañía minera Yauliyaco.

- Compañía minera Casapalca.

- Compañía minera Huarón.

- Compañía minera Buenaventura.

El Sector Minero es uno de los sectores con mayor importancia en nuestra economía y es la actividad principal que genera

De allí la importancia de aplicar nuevas técnicas en los procesos de explotación de minerales, usando softwares y dispositivos modernos que nos permitan trabajar con seguridad, cuidando el medio ambiente y obteniendo resultados económicos positivos.

Empresa Minera Retamas, no es ajeno a estos cambios, la compañía apostó por seleccionar nuevos métodos de optimización con la visión de una mejora continua mediante el manejo de estándares de un sistema integrado de gestión.

Méndez Augusto (2012-mina Uchucchaccua). En la historia de la minería subterránea donde no existe drenaje por gravedad, está expuesto al peligro de inundaciones a medida que la mina profundiza. El agua, procedente de las precipitaciones filtradas desde la superficie y de los niveles freáticos llega a impedir el normal desarrollo de las operaciones de la mina. Fueron entonces

necesarias máquinas para elevar el agua a niveles superiores para drenarlas a superficie. La tecnología en el diseño de los sistemas de bombeo ha sido una de las que mayor desarrollo ha experimentado a lo largo de los siglos, donde destaca los tornillos de Arquímedes, en la época contemporánea la más difundida fue la máquina de bombeo basada en el motor de vapor creado por Newcomen y perfeccionado después por Watt. 5. El diseño de un sistema óptimo de bombeo permitirá reducir los costos de la operación y la continuidad de las labores de la mina.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

2.2.1 Fundamentos del Sistema de Bombeo

El bombeo de aguas del interior mina una de las operaciones en la que se diseña para evitar la inundación del interior mina. Su propósito es el de eliminar el agua que se deposita en el nivel inferior de la mina debido a las filtraciones por fracturamientos, porosidades de la masa rocosa así mismo por las operaciones mismas de la mina; para ello es necesario diseñar un sistema de bombeo de aguas subterráneas para desalojar estas aguas mediante principios mecánicos de equipos de bombeo, tuberías, con diferentes capacidades y diámetros dependiendo del caudal de agua que se acumula en un periodo de tiempo, dependiendo del HP del agua que normalmente es ácida muy raramente básica, como también la presencia del tipo de lodos, granulometría que va acompañado el agua subterránea. Todo este sistema consiste en lograr la máxima eficiencia al menor costo.

Por tanto, un sistema de bombeo de agua tiene gran importancia el tipo de agua a eliminarla en cuanto a la resistencia por fricción (que influye en la facilidad y velocidad de drenaje) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de

piezas de la bomba y la tubería y por ende en el diámetro final de las tuberías.

Para un sistema de bombeo se considera:

1. Equilibrio hidráulico del sistema.

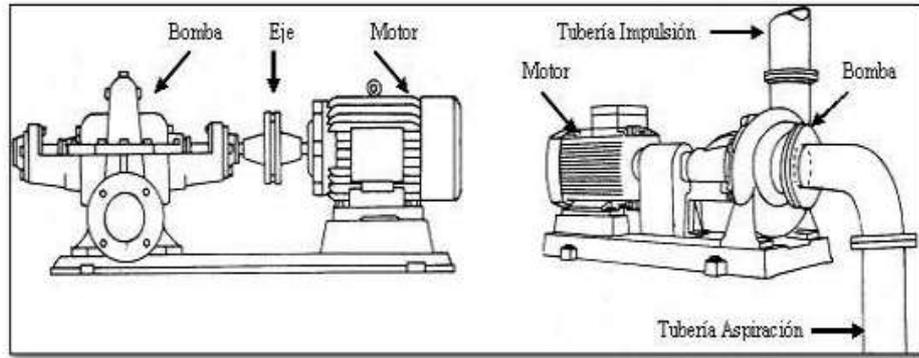
La evaluación del equilibrio hidráulico del sistema de bombeo consiste en realizar el balance energético del mismo, en este, se contabilizan la energía cinética, energía potencial y las pérdidas de energía. La importancia de establecer el equilibrio hidráulico radica en que a través de él puede determinarse la eficiencia de los sistemas de bombeo.

2. Carga estática total. La carga estática total se define como la carga que debe mover la bomba al elevar un fluido desde un punto A hasta un punto B ubicados en cotas diferentes.

3. Bombas. La mina usa electro-bombas centrifugas de eje horizontal, de una, dos y seis etapas de cebado manual y auto-cebado (Ver Tabla 3). Estas bombas son de dos tipos:

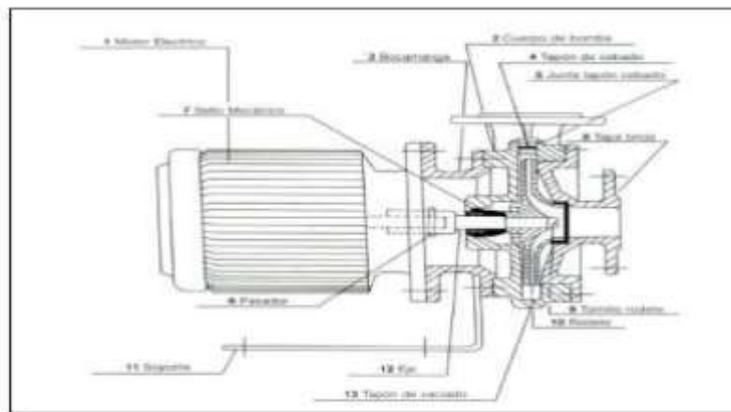
- De eje libre: son bombas cuyo impulsor, también llamado rodete, rotor o impeller posee un eje libre donde se instala un acople, que puede ser en omega o en araña, para unirlo con el conjunto motor, formando así el grupo motobomba el cual descansa sobre una base metálica estructural que brinda estabilidad en el sistema (Ver Figura 2).
- Monoblock: son aquellas bombas que tienen el conjunto motor integrado, formando una sola estructura, es decir, que el sistema tiene y comparte un eje de rotación único (Ver Figura 3)

Figura 2: Bomba de eje libre.



Fuente: <http://ocwus.us.es>

Figura 3: Bomba monoblock: motor y sus partes.



Fuente: <http://bombas-intercal.com>

Figura 4: Especificaciones técnicas de las bombas centrifugas de mina.

	BOMBA IHM 5X25 SM	
	MARCA:	IHM
	CATEGORIA:	EJE LIBRE
	TIPO DE BOMBA:	CENTRIFUGA
	TIPO DE SELLO:	MECANICO
	CEBADO:	MANUAL
	Ø SUCCION:	2"
	Ø DESCARGA:	2"
	ETAPAS:	1
HP:	10 Y 30	
RPM:	3500	
	BOMBA AU 3	
	MARCA:	BARNES
	CATEGORIA:	EJE LIBRE
	TIPO DE BOMBA:	CENTRIFUGA
	TIPO DE SELLO:	MECANICO
	CEBADO:	AUTO
	Ø SUCCION:	3"
	Ø DESCARGA:	3"
	ETAPAS:	1
HP:	10	
RPM:	3500	
	BOMBA IHM 30HH-25TW	
	MARCA:	BARNES
	CATEGORIA:	MONOBLOCK
	TIPO DE BOMBA:	CENTRIFUGA
	TIPO DE SELLO:	MECANICO
	CEBADO:	AUTO
	Ø SUCCION:	3"
	Ø DESCARGA:	3"
	ETAPAS:	2
HP:	25	
RPM:	3500	
	BOMBA IHM D25 30X6	
	MARCA:	IHM
	CATEGORIA:	EJE LIBRE
	TIPO DE BOMBA:	CENTRIFUGA
	TIPO DE SELLO:	MECANICO
	CEBADO:	AUTO
	Ø SUCCION:	2 1/2"
	Ø DESCARGA:	2 1/2"
	ETAPAS:	6
HP:	50	
RPM:	3500	

Fuente: Catálogo de bombas.

2.2.2 Partes de un Sistema de Bombeo

1. Motores.

Las bombas de eje libre utilizan motores eléctricos anti explosión con potencias nominales de 10, 25, 30 y 50 HP. Para las bombas monoblock los motores son convencionales, lo que significa que no puede usarse en zonas clasificadas, su potencia nominal es de 10 HP, las especificaciones técnicas de esto pueden verse en la Tabla 4.

Figura 5: Especificaciones técnicas del motor Standard.

MOTOR IE1	
MARCA:	WEG
CATEGORIA:	ANTI EXPLOSION
TIPO DE MOTOR:	ELECTRICO
FASES:	3
POLOS:	II
TENSION:	208-460 V
lamp.:	VARIABLE
HP:	10-50 HP
RPM:	3500

Fuente: Datos del estudio.

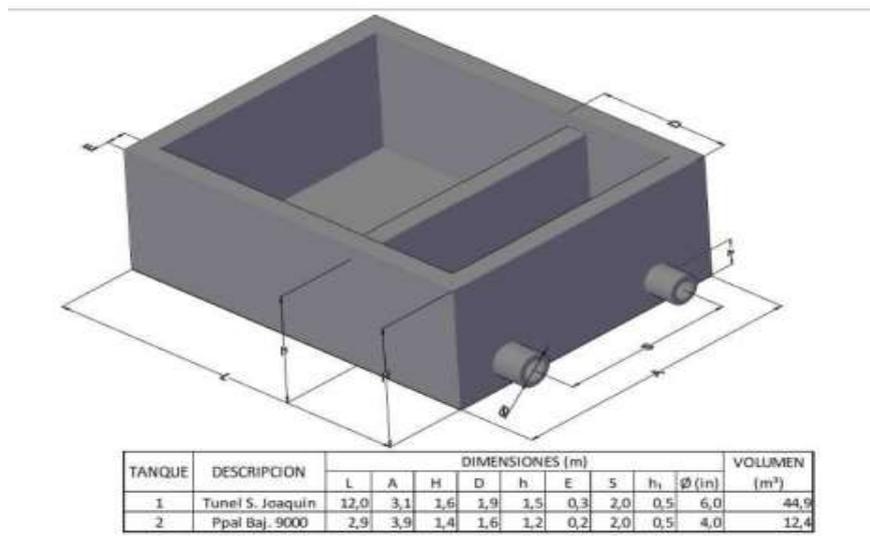
2. Tanques y depósitos de recolección

La mina cuenta con depósitos de agua denominados bolsillos, similares a los nichos de seguridad para protección del personal, pero con dimensiones mayores, a donde es bombeada el agua de los frentes en avance, y desde allí es llevada a tanques de recolección construidos en concreto, a partir de los cuales se envía el agua a superficie, estos tanques a su vez funcionan como pequeños sedimentadores al dividirse en dos paneles, empleando la técnica de rebose. Los tanques poseen un tubo en una de sus caras, a 45 cm del fondo, el cual sobresale a lado y lado de la pared y sirve como medio de succión para la bomba (Ver Figura 8). Las bombas instaladas en los tanques tienen succión positiva, es decir, que la entrada de succión se encuentra por debajo del nivel del agua, mientras que en los bolsillos la bomba se encuentra por encima de este, al igual que en los frentes en avance (succión negativa). La construcción de estos tanques es importante por dos razones fundamentales:

a) Por las largas distancias de la mina se requiere de depósitos con gran capacidad que permitan, con los equipos disponibles, la evacuación de las aguas subterráneas.

b) Permiten la sedimentación parcial de los sólidos en suspensión, logrando el tratamiento primario de estas aguas antes de ser vertidas en los afluentes hídricos superficiales.

Figura 6: Tanques sedimentadores



Fuente. Datos de estudio.

2.2.3 Tuberías y accesorios

La tubería de succión en los tanques, consta de tramos con tubo de acero galvanizado de 6" y 4" de diámetro u otro diámetro de acuerdo a las necesidades, atravesando una de sus paredes creando una entrada en borda, y tramos de manguera flexible de 2" y 4" de diámetro o dimensiones necesarias, respectivamente. Para las bombas ubicadas en frentes y bolsillos se emplea la manguera flexible de 2" de diámetro, con longitudes de 5, 6 y 11 metros. La tubería de impulsión emplea tubos de acero galvanizado de 2" y 4" de diámetro con 6 metros de longitud cada uno, acopladas con uniones excéntricas flexible;

tubo de polietileno de 2" de diámetro con longitudes variables, unidas con niples metálicos y sunchadas con abrazaderas en acero inoxidable, y manguera de alta presión de 2" de diámetro en un pequeño tramo.

Los tipos de tubería y los accesorios usados en la succión y la impulsión pueden observarse en la Figura 7.

Figura 7. Tubería y accesorios



Fuente: Autor.

4. Caudales (Q)

Los caudales medidos corresponden a la cantidad de agua infiltrada en la mina y a la capacidad de descarga de las bombas instaladas. El caudal de las infiltraciones fue medido mediante pruebas de bombeo, las cuales se hicieron en los frentes de las labores afectadas. Este método consiste en evacuar, con el uso de una bomba, un volumen de agua conocido y tomar el tiempo de recarga o recuperación de ese mismo volumen. La operación se repite tantas veces como sea posible para obtener un valor promedio ajustado a la realidad, en este caso las pruebas se realizan durante en turnos completos de ocho (8) horas por cinco (5) días en cada frente. La

capacidad de la bomba, en función del caudal o gasto, es medida en la descarga de cada sistema de bombeo mediante el método volumétrico, el cual consiste en la utilización de un recipiente de volumen conocido al cual se le toma el tiempo promedio de llenado, obteniendo los datos suficientes para hallar la relación volumen/tiempo o caudal. Los resultados de esta medición se promedian.

5. Equilibrio hidráulico del sistema

La evaluación del equilibrio hidráulico del sistema de bombeo consiste en realizar el balance energético del mismo, en este, se contabilizan la energía cinética, energía potencial y las pérdidas de energía. La importancia de establecer el equilibrio hidráulico radica en que a través de él puede determinarse la eficiencia de los sistemas de bombeo.

6. Carga estática total

La carga estática total se define como la carga que debe mover la bomba al elevar un fluido desde un punto A hasta un punto B ubicados en cotas diferentes. Este parámetro se calcula mediante la expresión:

$$(m) = HD - HS + PD - PS / \gamma \quad [1]$$

Donde:

HE: Carga estática total.

HD: Altura de descarga.

HS: Altura de succión.

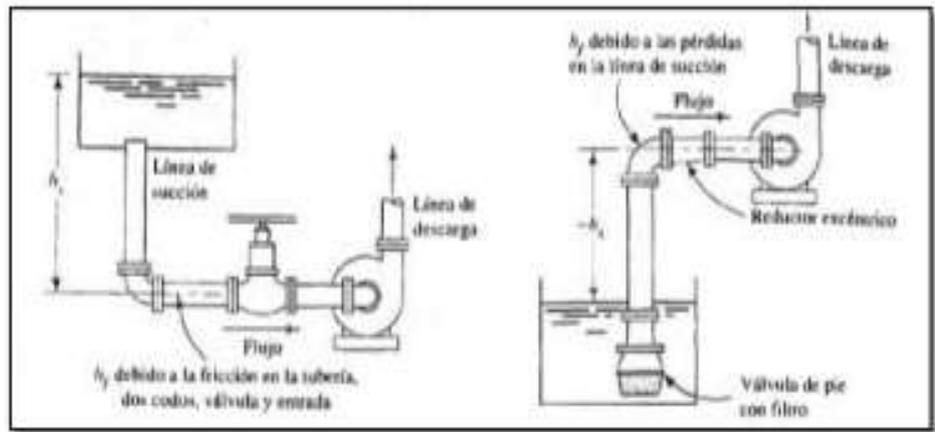
PD: Presión en el recipiente de descarga.

PS: Presión en el recipiente de succión.

γ : Peso específico del fluido.

El valor de H_s es positivo si la succión de la bomba se encuentra por debajo de la superficie del fluido en el depósito de captación y es negativo si la succión de la bomba se encuentra por encima del nivel del fluido en el depósito (Ver Figura 8).

Figura 8: Altura de succión respecto al nivel del fluido en el depósito.



Fuente: Mecánica de fluidos. Robert Mott.

7. Pérdidas de energía en el sistema

Estas pérdidas, también conocidas como pérdidas de carga o carga dinámica, obedecen a la fricción y la turbulencia que experimenta el fluido al ser transportado a través de ductos o tubería y dependen básicamente del factor de fricción, longitud y diámetro de la tubería, los accesorios (pérdidas de carga locales), el fluido a bombear y la velocidad del fluido. Pérdidas de carga por fricción en tuberías. Estas pérdidas se calcularon por el método empírico de Darcy-Weisbach:

$$h(m) = f (L/D) v^2 / 2g \quad [2]$$

Donde: f :

factor de fricción (adimensional)

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

v : velocidad del fluido (m/s)

g : aceleración de la gravedad (m/s²)

El factor de fricción (f) se calculó mediante la ecuación explícita de Swamee-Jain

$$f = 1.325 \left\{ \ln \left[0.27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + 5.74 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0.9} \right] \right\}^{-2} \quad [3]$$

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu} \quad [4]$$

Donde:

(ϵ/D) : rugosidad relativa (adimensional)

Re: número de Reynolds (adimensional)

ρ : densidad del fluido (Kg/m³)

μ : viscosidad cinemática del fluido (s² / m)

La ecuación [4] o número de Reynolds, establece el régimen de flujo, laminar para 2000-4000. La ecuación [3] se cumple para flujo completamente turbulento y considera las propiedades del fluido como su densidad y viscosidad cinemática, las cuales a su vez varían con las condiciones de presión y temperatura; razón por la cual fue elegido como el método de cálculo del coeficiente de fricción, los datos reportan un error promedio del 1% en comparación con el método iterativo de Colebrook Whit.

Perdidas de carga en accesorios o pérdidas locales. Las pérdidas de carga por fricción en accesorios o pérdidas locales, en la succión e impulsión (hfs-i), se hallaron empleado el método de Darcy-Weisbach [2] donde L toma el valor de la longitud equivalente, la cual puede determinarse mediante la ecuación:

$$(m) = (v^2 / 2g) \quad [5]$$

Dónde:

k: coeficiente de pérdida. Para el cálculo longitud equivalente en metros de tubería para cada accesorio.

Otras pérdidas como las ocasionadas por reducciones abruptas se calcularon hallando el valor aproximado de k para cada caso según Munson (1994), mediante la siguiente expresión:

$$k = 0,42 * (1 - D1^2 / D2^2) \quad [6]$$

Y reemplazando este valor en la ecuación:

$$(m) = k (v^2 / 2g) \quad [7]$$

Dónde:

D1= diámetro de la tubería con mayor área transversal (m).

D2= diámetro de la tubería con menor área transversal (m).

v_2 = velocidad en la tubería de menor diámetro (m/s). La longitud equivalente total de las pérdidas por accesorios en metros de tubería se halla en la succión e impulsión ($\sum L_{eq.s-i}$) para cada estación.

8. Carga dinámica total

Para la evaluación del sistema es importante conocer la carga total del sistema, esto es, la suma de la carga estática total y la carga dinámica.

$$HTotal = HEstática + HDinámica \quad [8]$$

Es decir:

$$HTotal = HEstática + hfs + hfi + hls-i \quad [9]$$

Dónde:

$hls-i$: pérdidas de carga en accesorios o locales (m).

hfs : pérdida de carga por fricción en tuberías (m).

hfi : pérdidas de carga por fricción en la impulsión (m)

9. Potencia real consumida por el sistema.

Para llegar al cálculo de la potencia consumida por el sistema se realiza la medición del voltaje y amperaje de cada motor y se toma el valor en placa para el factor de potencia ($\cos \phi$).

$$P_{con}(kW) = \sqrt{3} VI \cos \phi / 1000 \quad [10]$$

En la ecuación [10] la $\sqrt{3}$ se incluye a la fórmula general de potencia por ser el sistema trifásico.

10. Eficiencia del conjunto motor-bomba (η_{total})

Igualando la ecuación [10] a la expresión para calcular la potencia total de un sistema de bombeo [11] verificamos que las bombas son máquinas que transforman energía en función de su rendimiento.

$$P_{total \text{ del sistema}} (kgf \cdot m / s) = \gamma \cdot Q \cdot H / \eta_{total} \quad [11]$$

Dónde:

γ : Peso específico del fluido (kgf/m^3)

Q: Caudal (m^3 / s)

H: Altura dinámica total (m)

η_{total} : Eficiencia del conjunto motor-bomba

$$(\eta_{total} = \eta_{motor} \cdot \eta_{bomba}) \quad 1kW = (102.032 (kgf \cdot m / s))$$

$$(\%) = (\gamma \cdot Q \cdot H / P_{total \text{ del sistema}} \cdot 102.032) 100 \quad [12]$$

Donde la P total del sistema corresponde a la potencia real consumida por el sistema. Los resultados de la evaluación del sistema.

11. Tiempos de operación y tiempos muertos

Sí se cuenta con tres turnos laborales, es decir que, las operaciones mineras cubren las 24 horas del día, sin embargo, esto no se cumple en todas las labores de la mina, sino en las consideradas de mayor importancia, según lo establecido en el planeamiento minero. Una de las prioridades de la mina es el bombeo de las aguas a superficie por lo cual, este se realiza durante los tres turnos. Los tiempos de trabajo de las

bombas son muy variables, ya que todo depende de la percepción del operario quien decide en que momento iniciar y terminar la labor de bombeo en los frentes y bolsillos. No obstante, el tiempo de trabajo en horas*día, puede calcularse al relacionar el Caudal entregado o recibido, que para las estaciones en los frentes de trabajo corresponde a las infiltraciones, con la capacidad de descarga (Q) de la bomba receptora, así:

$$t = (Q_{recibido}/Q_{descargado})24hrs$$

12. Procedimiento estándar de instalación, operación y mantenimiento

A pesar de su importancia los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento, no han sido estandarizados por la empresa. No obstante, en cuanto a la instalación de las bombas se cuenta con la asesoría del fabricante y para el mantenimiento, con el manual técnico del equipo de bombeo. En un 90% el trabajo de mantenimiento es de tipo correctivo, la dificultad de la realización del mantenimiento preventivo se debe al sobrecargo de tareas para el personal designado y a problemas logísticos.

3.2.4 Reporte de Fallas o Averías

Una falla importante en el diseño general del sistema de bombeo, consiste en la recirculación de un porcentaje considerable de caudal bombeado. Esto ocurre en la estación ubicada en diferentes Tanques, dado que en los momentos críticos de la operación (cuando todas las bombas se encuentran encendidas), una parte del caudal entregado sobrepasa la

capacidad de las estaciones, causando el desborde del caudal sobrante, el cual, circula a lo largo de las vías principales de acceso, superando en algunos casos la capacidad de las cunetas, razón por la cual, se constituye además en un problema de seguridad. Los reportes de falla o avería de equipos de bombeo son principalmente por el desgaste de los componentes del sistema, especialmente los inherentes a la bomba como tal. Los daños más frecuentes ocurren en los sellos mecánicos, rodamientos y eje, con menor frecuencia se reporta el desgaste del buje y rodete o impulsor, la causa principal de estos es la abrasión, oxidación y corrosión producida por el agua y su alto contenido de sólidos en suspensión, otro factor importante es la manipulación ya que la mayoría de estos daños se hacen visibles cuando el equipo presenta un calentamiento excesivo debido a que trabajan en vacío, esto es, el fenómeno de cavitación, lo que sugiere, el mal cebado de las bombas o problemas en la succión. Las elevadas temperaturas que alcanza la bomba contribuyen al desgaste de sus componentes.

2.3 Definición de Términos básicos

Altura Total del Sistema (Altura Dinámica Total)

Carga total de un sistema contra la cual debe operar una bomba está compuesta por la altura estática, diferencia de presiones, carga por fricción, pérdidas en la succión y descarga, Altura correspondiente a la velocidad.

Altura Estática

La energía de elevación o energía potencial Z , en un líquido es medido en metros (m), la carga estática total de un sistema es la diferencia de elevación entre el nivel del líquido en la descarga y el nivel del líquido en la succión verticalmente por encima o debajo de la línea centro de la bomba. El líquido por encima de la línea centro de las bombas tiene una energía potencial positiva y por debajo de esta negativa.

Altura de velocidad: Es la energía cinética en un líquido en cualquier punto, puede calcularse con la ecuación $h_v = \frac{V^2}{2g}$ (m). Altura de presión. Se considerará si el líquido de succión o de descarga está a otra presión que no sea la atmosférica, en metros.

Altura de fricción: Es la carga equivalente expresada en metros (m) del líquido bombeado, que es necesaria para vencer las pérdidas de fricción causadas por el flujo del líquido a través de la tubería, incluyendo todos los accesorios.

Número Reynolds

Adimensional es usado para describir el tipo de flujo en la tubería.

NPSH

Presión estática a que debe ser sometido un líquido, para que pueda fluir por sí mismo a través de la tubería de succión y llegar finalmente a inundar los alabes en los orificios de entrada del impulsor. Para el correcto funcionamiento de una

bomba centrífuga es condición imprescindible que no surja formación de vapor en su interior.

NPSHo

Disponible del Sistema: depende exclusivamente de las características hidráulicas de la red externa de succión conectada a la bomba. Para que el sistema de bombeo opere satisfactoriamente el NPSH disponible deberá ser mayor por lo menos en 0.50 m, al NPSH requerido por la bomba.

NPSHR

Requerido de la Bomba: Depende exclusivamente del diseño de cada bomba según el tipo, modelo, capacidad y velocidad, describe la magnitud de la presión total, que debe existir como mínimo en la entrada de la bomba, para evitar la cavitación.

Golpe de Ariete

Sobrepresión en la tubería, cuando se cierra bruscamente una válvula,

Tuberías

Son las conducciones metálicas de sección transversal circular, a través de los cuales circula el líquido.

Válvula automática para control de bombas

Válvula controlada por piloto diseñada para instalarse en el lado de descarga, para eliminar los picos de sobrepresión en la línea y condiciones de depresión, las cuales suceden durante el arranque o paro (planeado o no planeado) de la bomba.

Válvula Anticipadora de Onda

La válvula se abre en reacción a la caída de presión generada por la súbita parada de la bomba, mediante la apertura de la válvula se disipa la onda de alta presión de retorno y así se elimina el golpe de ariete.

Válvula ventosa

Permiten evacuar el aire evitando la pérdida de agua de la red presurizada a la vez que permiten la entrada cuando la red se despresuriza.

Filtro

Destinado a impedir el ingreso de cuerpos extraños a la bomba.

Válvula mariposa

Instaladas para cerrar el flujo del líquido en las tareas de mantenimiento.

Sumidero

Elemento importante en la estructura de una estación de bombeo, debe ser debidamente situado, diseñado en forma y tamaño para que las condiciones del flujo del líquido no tengan un efecto adverso en el funcionamiento de la bomba, las características deben proporcionar un flujo uniforme, disipación de la energía cinética del flujo de llegada la más alejado de la aspiración de las bombas, evitar zonas de estancamiento en el tanque en las que puedan producirse sedimentos, disponer de elementos necesarios para la retención de sólidos, mantener velocidades por debajo de los valores máximos recomendados entrada a la cámara 0.9 m/s , para el flujo de aproximación a la toma 0.3 m/s a fin de evitar las turbulencias y disminuir las pérdidas energéticas.

Sumergencia mínima

Altura mínima del agua sobre la boca de entrada a la tubería de succión para evitar la formación de vórtices.

Eficiencia

Es la capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles. Aplicable, preferiblemente, a personas; y de allí el término eficiente.

Factor de riesgo

Es un elemento, fenómeno o acción humana que puede provocar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones.

Outsourcing o Tercerización

Es una mega tendencia a nivel empresarial de todo el mundo y consiste en la contratación externa de terceros para reducir sus costos de operación. Es una herramienta útil para el crecimiento de las empresas, y es aplicable a diferentes áreas de la organización, como personal, compras, mercadeo etc. En minería se da a través de las empresas especializadas de contratas mineras.

Peligro

Es todo aquello que puede producir daño o un deterioro en la calidad de vida individual o colectiva de las personas.

Política ambiental

Es un documento público que tiene principios de mejorar los procesos, prevenir la contaminación, mejorar el sistema de gestión ambiental, de protección al medio ambiente, de usar tecnologías limpias, de promover la conciencia ambiental y propiciar el mejoramiento continuo del sistema.

Productividad

La productividad es una medida relativa que mide la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en una unidad de tiempo. La productividad del trabajo se mide por la producción anual, mensual, diaria, u horaria por hombre; esto nos indica la cantidad de bienes que es capaz de producir un trabajador en un cierto período.

Riesgo

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento. Es la probabilidad de que se materialice de forma efectiva cierto peligro y se produzca un daño material y/o físico, siendo susceptible por ello, de cuantificarse.

Riesgo Laboral

Todo aquel aspecto del trabajo que tiene la potencialidad de causar un daño. la prevención de riesgos laborales es la disciplina que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Si se logra implementar el sistema de bombeo, para controlar, eliminar, el agua subterránea de las labores inferiores de la profundización de la mina, entonces habremos optimizado el drenaje subterráneo de la Minera Aurífera Retamas S.A.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- Sí se determina la capacidad de las bombas necesarias, entonces se podrá evacuar el agua subterránea desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.
- Sí se determina el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo, entonces se podrá evacuar el agua subterránea desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.
- Sí se determina la cantidad máxima de sólidos en suspensión del agua de la mina subterránea entonces se podrá evacuar el agua desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.

2.5 Identificación de variables

Se estudiarán cada una de las variables, las que se correlacionarán y compararán. Se identificaron las siguientes variables.

2.5.1 Variable Independiente

X: Caudal del agua subterránea

2.5.2 Variable dependiente

Y1: Capacidad de bombas

Y2: Diámetro de las tuberías

2.5.3 Variable Interviniente

Política de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla N° 1: Definición operacional de variables.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Caudal del agua subterránea del nivel 2370 de la minera aurífera Retamas S.A.	La implementación de un nuevo diseño de sistema de bombeo para drenar el agua del nivel 2370 al nivel 2620 de la minera aurífera Retamas S.A. permite reducir las inundaciones de agua de los niveles inferiores, para controlar el caudal del agua. Para ello se elaboran diseños hidráulicos de acuerdo a las características de las diferentes alturas de un punto de inicio y un punto final de bombeo, indicando el número de bombas correspondientes de acuerdo a su capacidad y número de tuberías con un diámetro. Así mismo calculando el caudal de agua mediante software o modelos matemáticos.	Características del agua subterránea	Calidad de agua	PH
				lodos	ppm
			Poza de acumulación	Caudal	m ³
				Velocidad de acumulación	L/s.
VARIABLE DEPENDIENTE	Y1: Capacidad de bombas Y2: Diámetro de tuberías del nivel 2370 de la minera aurífera Retamas S.A.	Cuando se realiza una explotación subterránea muchas veces las aguas subterráneas deben ser bien controladas las inundaciones que produce estas aguas por las filtraciones y operaciones de minado; se deben tomar en cuenta en el caudal total para no afectar los niveles inferiores evitando la paralización de las operaciones del ciclo de minado.	Bomba	Capacidad	L/s.
			Motor de bomba	Fuerza	Hp
			tuberías	Diámetro	pulgadas

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

El trabajo de tesis de acuerdo al objetivo es de carácter aplicativo, el estudio se ubica en un nivel de profundización descriptivo, correlacional y explicativo.

Hernández, Fernández & Baptista (2014), en su libro: Metodología de la Investigación, explica mediante un ejemplo los tipos de investigación donde constituye un estudio descriptivo y relaciona dicha intenciones con conceptos como tiempos, marcas de equipos o magnitud, dimensiones que realizan las operaciones en una extracción (estudio correlacional)..

3.2 Métodos de Investigación

Hay dos grupos de métodos de investigación, los métodos empíricos y los lógicos. Los primeros son aquellos que se basa en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, mientras que los métodos empíricos, se aproximan al conocimiento del objeto mediante su conocimiento directo y el uso de la experiencia, entre ellos encontramos la observación y la experimentación (Custodio Ruíz 2019).

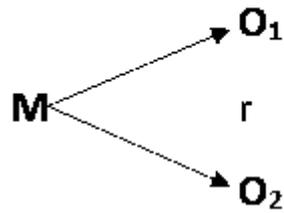
Según lo mencionado vamos a establecer los métodos de investigación utilizada en la investigación, es el método lógico inductivo, sintético y de análisis, del mismo modo se empleó el método empírico mediante la observación investigativa.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación del presente estudio corresponde a una investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional.

Hernández, Fernández & Baptista (2014), Metodología de la Investigación, una investigación correlacional describe relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente términos correlacionales, otras en función de la relación causa – efecto (causales). En el caso de esta investigación las variables guardan una relación, vibración – método El diseño que se usará es de acuerdo a los objetivos y las hipótesis con el esquema siguiente:

DISEÑO CORRELACIONAL:



M = Muestra

O₁ = Observación 1

O₂ = Observación 2

r = Relación

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para la investigación la población está representada por el caudal total de todas las aguas subterráneas de las labores mineras de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.

3.4.2 Muestra

La muestra es en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un sub conjunto de elementos que pertenecen al conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernandez Sampieri, FernándezCollado, & Baptista Lucio, 2014). La muestra está representada por el caudal de agua subterránea concentrada en el nivel 2370.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizará las técnicas e instrumentos de recolección de datos, considerando:

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos en la investigación fueron las utilizadas por el método de la estadística descriptiva, es decir:

- La Observación (Campo)
- Toma de datos primarios
- Entrevistas a trabajadores, parte de la supervisión
- La clasificación de la información
- El análisis de los datos, medición (Gabinete)
- Evaluación y discusión de resultados

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información de la investigación, fueron los siguientes:

- Planos del proyecto minero.
- Planos geo mecánicos.
- Informes de consultoría externa.
- Mapeo geo mecánico de las labores.
- Uso de Equipos.

- Uso de gabinetes.
- Hojas de registro/ Libreta de Campo.
- Uso de PC.

3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para el proceso y análisis de datos se inició con la estructuración, a través de la organización de datos y transcripción del material, iniciando el análisis del material, apoyado en programas como el Excel, para la creación de una base datos y su análisis.

Para el procesamiento y análisis de los datos tomados de los caudales se utilizó equipos para obtener el caudal pico del agua.

Así mismo se revisará la información recopilada para determinar su validez y el grado de confiabilidad.

3.7 Tratamiento Estadístico de Datos

En un primer nivel se ha aplicado técnicas de la estadística descriptiva, como por ejemplo el cálculo de las frecuencias absolutas y relativas, la elaboración de tablas de contingencia, de histogramas. Estas, además, de facilitar la ordenación y comparación de los datos, nos permiten conocer los parámetros de las muestras con las que trabajamos con respecto a los nuevos parámetros

obtenidos. Los recuentos necesarios para la elaboración de estos cálculos se han realizado con el programa Excel.

3.8 Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación

- Selección

Los datos que se consideró para la elaboración de la presente tesis de investigación se obtuvieron de una base de datos y toma de datos con equipos actualizados que controlan y miden los caudales de aguas subterráneas.

- Validación

Los datos para obtención y análisis de necesidad de bombas y tuberías son válidos, debido a que se obtuvieron documentos con el visto bueno y firma de los ingenieros del área de la minera Retamas.

- Confiabilidad

Los datos obtenidos para la reducción de la necesidad de bombas y tuberías de agua, cuenta con alta confiabilidad, pues estos datos fueron tomados varias veces considerando que los caudales de aguas subterráneas son variables por estaciones del año.

3.9 Orientación ética

La tesis de investigación es de autoría propia y original, ya que me encuentro laborando en la minera Retamas, el desarrollo de la investigación están

basados en investigaciones, observaciones, toma de datos de caudales de aguas subterráneas de los diferentes niveles inferiores de la minera Retamas; así mismo informes del proyecto de la minera Retamas para la recopilación de información, los cuales son citados y mencionados en el desarrollo de la tesis, de la misma manera las fuentes de las cuales la obtención de los datos estadísticos, imágenes y cuadros.

Las principales fuentes escritas que contribuyeron con información para la elaboración del proyecto de investigación son:

- Evaluación Conceptual del Proyecto minera Subterránea Retamas, del área de Ingeniería y Planeamiento, (2016).
- Informe Estudio Hidráulico y dimensionamiento del Minado Subterráneo del Proyecto minera Retamas, DCR Ingenieros S.R. Ltda. Hidráulica en Minería y Obras Civiles, (2016).
- Estudio Hidrogeológico - Hidrológico del proyecto Retamas Oeste Subterráneo S.A., (2017).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del Trabajo de Campo

4.1.1 Estudio de los Niveles de Caudales

Las aguas que vienen del Nv_2620 llegan por gravedad por las cunetas y las aguas que son bombeados por tubería HDPE de la Cámara de Bombeo N°28 llegan a la cota 2382.572m (Nv_2370) donde está ubicada la cuneta de concreto del Sedimentador N°1, en este paso los sólidos en suspensión son retenidos en Sedimentador N°1 y luego el agua con 500 ppm pasa a la Poza de Agua a través de una cuneta. Desde la Cámara de Bombas llega dos líneas de tuberías Ø8" a la Poza de Agua que luego es impulsada al nivel 2620. Ver Tabla N°1 para ver la cantidad de tramos y características de la tubería.

Tabla N° 1: Tramos y características de tuberías

Tramo	Labor	Tipo de tubería	Diámetro de tubería	Longitud de recorrido de tubería (m)	Longitud total de tubería – dos líneas (m)
1	Nv 2370 (Acceso ACC-10183N y Rampa Patrick III)	Acero	6"	218	436
2	RC12-IV	Acero	6"	188	376
3	Nv 2570 (EST 10258 1W)	Acero	6"	30	60
4	RC12-III	Acero	6"	104	208
5	Nv_2620 (EST 1NW)	Acero	6"	10	20
6	Nv_2620 (BP 10209-SW, XC 10509-S y XC 10362-NE)	HDPE	8"	760	1520

4.1.2 Trabajos de monitoreo

4.1.2.1 Componentes Convencionales

Los componentes o partes del Sistema de Bombeo Principal Nv_2370 son el Sedimentadores N°1, la Poza de Agua, la Cámara de Bombas, la Subestación Eléctrica y la Chimenea de Servicios. A continuación, se detallan los componentes.

a) Sedimentador

Se cuenta con el Sedimentador N°1 está ubicado a la altura de la Cámara de Carguío CC35 y a 56 metros de la Rampa Patrick III, tiene una capacidad de 881m³. Cuentan con una pasarela de acceso con su respectiva baranda y un monorriel para poder trasladar la bomba sumergible.

b) Poza de Agua

Se encuentra a 19 metros del Sedimentador N°1, tiene una capacidad de 500 m³. También cuenta con una pasarela de acceso con su respectiva baranda y un monorriel para poder trasladar la bomba sumergible.

c) Cámara de Bombas

Está ubicada a 129 metros en bajada de la Cámara de Carguío CC35 de la Rampa Patrick III y tiene un acceso de 38 metros, la labor de la Cámara tiene una sección de 5 x 5.5 metros y una longitud de 10 metros. Se tiene instalado dos bombas (una de stand-by) en la cota 2364.960, la capacidad de las bombas es de 45L/s y 250m de ADT, con motores de 300HP funcionando con una tensión de 4160V y 1800rpm. Para el funcionamiento normal se evacua 45L/s y cuando exista una emergencia se evacuará 90 L/s.

d) Chimenea de Servicios

Está ubicada a 25 metros en subida de la Cámara de Carguío CC35 de la Rampa Patrick III, está compuesta de dos chimeneas y un tramo horizontal. La primera chimenea es la RC12-IV (Inicia en el Nv_2370 y acaba en el Nv_2570), tiene una sección cuadrada de 2.4 metros y una longitud de 184 metros; en este tramo hay 38 sets metálicos espaciados cada 5 metros, con escaleras y barandas metálicas, además se encuentran fijadas dos tuberías de acero de Ø6" y una tubería de alvenius de Ø6" ambas con 6 metros de longitud. La segunda chimenea es la RC12-III (Inicia en el Nv_2570 y acaba en el Nv_2670); en este tramo hay 21 sets metálicos espaciados cada 5 metros, con escaleras y barandas metálicas, tiene una sección cuadrada de 2.4 metros y una longitud de 100 metros.

Entre las dos chimeneas se tiene un tramo horizontal de sección 3x3 metros y una longitud de 30 metros.

e) Cámara de Secado de lodos

Se cuenta con una cámara de secado de lodos, está ubicada en la Cámara de Carguío CC35-A de la Rampa Patrick III, con sección de 4x4 metros y una longitud de 30 metros.

4.1.2.2 Componentes de Optimización

Las aguas que vienen del Nv_2620 a la Cámara de Bombeo N°28 llegan a la cota 2382.572m (Nv_2370) donde está instalada una Planta de Floculante, en dicha Planta se le suministrará floculante previamente mezclado con agua. Las aguas mezcladas con el floculante llegan por cuneta al Sedimentador N°1, en este paso los sólidos en suspensión son retenidos en Sedimentador N°1 y luego el agua con 300 ppm pasa a la Poza de Agua llega dos líneas de tuberías Ø12” a la Poza de Agua, las aguas son succionadas por la Bomba Multietapica y luego es impulsada hasta el Nv_2620. Se ha considerado dos líneas de tubería (una en operación y otra de contingencia). Los componentes actuales del sistema de bombeo de la minera Retamas del nivel 2370 al nivel 2620 tienen las siguientes características.

a) Planta floculante

Se instala una planta floculante a la altura de la Cámara de Carguío CC35 y a 10 metros de la Rampa Patrick III, la planta tiene una sección de 6x4

metros y una longitud de 06 metros. Se instala dos tanques, un tanque de preparación con 2.5 m³ de capacidad con su respectivo agitador de 1.5kW y otro tanque de distribución de la misma capacidad; además se construye una base de concreto armado para el tanque de distribución y su respectivo soporte metálico para el tanque de preparación, así como su escalera de acceso y plataformas de acero.

b) Sedimentadores

Se construye dos Sedimentadores; el Sedimentador N°1 está ubicado a la altura de la Cámara de Carguío CC35 y a 56 metros de la Rampa Patrick III, tiene una capacidad de 1000 m³. El Sedimentador N°2 está alejado 38 metros del Sedimentador N°1, tiene una capacidad de 900m³. Ambos Sedimentadores cuentan con una pasarela de acceso con su respectiva baranda y un monorriel para poder trasladar la bomba sumergible.

c) Poza de Agua

Se construye a 19 metros del Sedimentador N°1, con una capacidad de 800m³. También cuenta con una pasarela de acceso con su respectiva baranda y un monorriel para poder trasladar la bomba sumergible.

d) Cámaras de bomba

Se ubica a 129 metros en bajada de la Cámara de Carguío CC35 de la Rampa Patrick III y tiene un acceso de 48 metros, la labor de la Cámara de Bombas se ha proyectado con una sección de 9x5.5 metros y una longitud de 18 metros. Se instala dos bombas multietapica (una de stand-by) en la cota 2364.960, la capacidad de las bombas es de 70L/s y 328m de ADT, con motores de 500HP funcionando con una tensión de 4160V y

1800rpm. Para el funcionamiento normal se evacuará 70L/s y cuando exista una emergencia se evacuará 140 L/s.

e) Chimenea de Servicios

En la primera chimenea es la RC12-IV se fijan dos tuberías de acero de Ø10” y una tubería de alvenius de Ø10”. La segunda chimenea es la RC12-III (Inicia en el Nv_2570 y acaba en el Nv_2670).

f) cámara de Secado de Lodos

Se instala dos cámaras de secado de lodos. La primera está ubicada en la Cámara de Carguío CC35-A de la Rampa Patrick III, con sección de 4x4 metros y una longitud de 30 metros. La segunda está ubicada al costado del Sedimentador N°2, con sección de 4x4 metros y una longitud de 10 metros.

g) Automatización y Control

Se instala un sensor que permite el encendido y apagado de las bombas de 500HP es el control de nivel tipo radar ubicado en la Poza de agua; los sensores de lodos envían una alerta al PLC cuando el lodo llega a un nivel determinado e indica que debe limpiarse el sedimentador. A parte de los manómetros se instala transmisores de presión en la descarga de cada bomba. Se instala los medidores de flujo estacionarios y la señal se envía al PLC para registrar dichos valores. Todos estos sensores, transmisores y medidores llevan las señales al PLC para registrar y estos datos son analizados. También hay la posibilidad de enviar la señal a una cabina de control ubicado en la superficie para que puedan ser visualizados.

Características actuales:

Tabla N° 2: Características actuales

Tramo	Labor	Tipo de tubería	Diámetro de tubería	Longitud de recorrido de tubería (m)	Longitud total de tubería – dos líneas (m)
1	Nv 2370 (Acceso ACC-10183N y Rampa Patrick III)	Acero	10"	218	436
2	RC12-IV	Acero	10"	188	376
3	Nv 2570 (EST 10258 1W)	Acero	10"	30	60
4	RC12-III	Acero	10"	104	208
5	Nv_2620 (EST 1NW)	Acero	10"	10	20
6	Nv_2620 (BP 10209-SW, XC 10509-S y XC 10362-NE)	HDPE	12"	760	1520

4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1 Presentación de los Datos de Campo

4.2.1.1 Sistema de bombeo convencional

En la tabla 3 se presenta la información de los datos de campo:

Tabla 3: Sistema de bombeo convencional

Componentes	Medidas	Características
Caudal de agua subterránea	De 30 a 45 litros/segundo Sólido retenido de 500 ppm.	Tubería 8" de diámetro
Planta de floculante	No está instalado	No está instalado
Sedimentador	N° 1 de 881 m ³	Loza de concreto
Poza de agua	Capacidad de 500 m ³	
Cámara de bombas	Capacidad de 45 litros/segundo 250 ADT – motor de 300 HP	2 bombas, una de contingencia

Chimenea de servicios	2 líneas de tuberías de 6” diámetro	Tubería de acero y alvania
Cámara de secado de lodos	Una cámara de 4 x 4, longitud 30m.	Loza de concreto
Automatización y control	Convencional	Convencional

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Sistema de bombeo Optimizado

En la tabla 4 se presenta la información del sistema de bombeo optimizado:

Tabla 4: Sistema de bombeo automatizado

Componentes	Medidas	Características
Caudal de agua subterránea	De 40 a 55 litros/segundo Sólido retenido de 300 ppm.	Tubería 12” de diámetro
Planta de floculante (2 plantas)	Capacidad de 2.5 m ³ c/u.	Agitador y distribuidor
2 Sedimentadores	N° 1 de 881 m ³ y N°2 de 1000 m ³	Loza de concreto
Poza de agua	Capacidad de 1000 m ³	Loza de concreto
Cámara de bombas	Capacidad de 70 litros/segundo 328 ADT – motor de 500 HP	2 bombas multietapica , una de contingencia
Chimenea de servicios	2 líneas de tuberías de 10” diámetro	Tubería de acero y alvania
Cámara de secado de lodos (dos)	Cámara de 4 x 4, longitud 30m.	Loza de concreto, uno al costado del sedimentador N° 2
Automatización y control	Eléctronico	Controla el nivel tipo radar Sensores indican la limpieza de lodos. Controla la presión de carga Cuenta con medidores de flujo

Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Análisis e Interpretación de Resultados

De las tablas anteriores se puede resaltar que con la optimización del sistema de bombeo se instaló una planta de floculante, se incrementó un sedimentador de mayor capacidad, de la poza de agua se incrementó la capacidad el volumen de agua, en la cámara de bombas se cambian esto equipos con mayor capacidad de 70 litros/segundo, también se incrementa una cámara de secado de lodos, finalmente se automatiza el control del sistema de bombeo.

4.3 Prueba de Hipótesis

4.3.1 Hipótesis General

Se planteó la siguiente hipótesis” Sí se logra implementar el sistema de bombeo para controlar, eliminar el agua subterránea de las labores inferiores de la profundización de la mina entonces habremos optimizado el drenaje subterráneo de la Minera Aurífera Retamas S.A.”

Tal cómo se muestra en los resultados se implementa los componentes del sistema de bombeo para lograr drenar el agua subterránea en comparación de los resultados iniciales.

4.3.2 Hipótesis Específica

Primera hipótesis específica

Se planteó lo siguiente “Sí se determina la capacidad de bombas necesarias entonces se podrá evacuar el agua subterránea desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.”

Para la optimización del sistema de bombeo se determina el uso de dos bombas multiepatica de mayor capacidad que significo una mejor distribución y lograr evacuar el agua subterránea.

Segunda hipótesis específica

Se planteó lo siguiente: “Si se determina el funcionamiento y componentes del sistema de bombeo entonces se podrá evacuar el agua subterránea del nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.”

El funcionamiento es automatizado y sus componentes se incrementan en cantidad y capacidad lográndose evacuar el agua subterránea de los niveles inferiores.

Tercera hipótesis específica

Se planteó lo siguiente “Sí se determina el contenido máximo de sólidos en suspensión del agua de la mina subterránea entonces se podrá evacuar el agua en la Minera Aurífera Retamas S.A.”

El contenido máximo de sólidos se logra con la instalación de la planta floculante de 500 ppm. A 300 ppm., cómo resultado se obtiene la evacuación del agua del nivel 2370 al nivel 2620.

4.4 Discusión de resultados

Relacionando el título de la investigación “Implementación del sistema de bombeo para optimizar el drenaje del nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.”, existen resultados favorables ya que en un principio se tenía una capacidad de bombeo de 45 litros por segundo y con la optimización de los componentes y equipos ahora se tiene una

capacidad de bombeo de 70 litros por segundo. Que, en un inicio significaba valores menores del caudal de drenaje de las aguas subterráneas, con la de bombas de mayor capacidad, implementación de componentes y control de partículas.

Sin embargo, es muy importante resaltar que la ampliación de los sumideros, pozas de agua, tuberías y demás componentes resultan ser elementos que ha estratégicos que han hecho posible alcanzar los objetivos del trabajo de investigación.

CONCLUSIONES

1. Con respecto a la prueba de hipótesis, se pudo demostrar que con la implementación del sistema de bombeo se logra los objetivos de optimizar el drenaje de las aguas subterráneas del nivel 2370 al nivel 2620
2. Con la implementación del sistema de bombeo se hará posible continuar con la profundización de las labores mineras ya que en cuanto al drenaje de aguas subterráneas no se tendrá problemas de inundaciones en las labores inferiores a largo plazo, porque el sistema está previsto hasta un máximo de 140 litros por segundo.
3. El uso de bombas multiepatica garantizan el bombeo del agua con presencia de partículas y sólidos suspendidos en el agua a 300 ppm. El cual garantiza un drenaje normal en el ciclo de bombeo.
4. Se nota un incremento bastante significativo en el volumen de evacuación del agua subterránea por el aumento del diámetro de tubería de 6" de diámetro a 10" de diámetro y de 8" de diámetro a 12" de diámetro.
5. Con respecto a la automatización también resulta ser muy favorable ya que, con el control de la presión de carga, la medición de flujos y sensores que indican la limpieza de los sedimentos; todo ello hace que el sistema de bombeo está de acorde con la tecnología, facilitando el ciclo del sistema de bombeo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con el monitoreo del caudal de agua de aguas subterráneas de niveles inferiores para determinar el requerimiento de un sistema de bombeo.
2. Se recomienda no centrarse en el sistema de bombeo de sus componentes y equipos, si no también analizar los costos de operación para sacar conclusiones de eficiencias en cuanto a costos
3. Evaluar algún cambio posible dentro de los componentes del sistema de bombeo para que esta implementación sea sostenible en el tiempo.
4. Las reinstalaciones y posteriores monitoreos debe ser efectuado por personal capacitado para disponer de información confiable, y evitar distorsiones en la toma de decisiones.
5. Se recomienda utilizar instrumentos de última generación, mantenimiento adecuado y programado para que con estos tener más posibilidades en el tiempo de vida del sistema de bombeo.
6. Fomentar el estudio donde se aborde el estudio e investigaciones de sistemas de bombeo utilizando distintos enfoques para poder crear modelos matemáticos efectivos de predicción de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

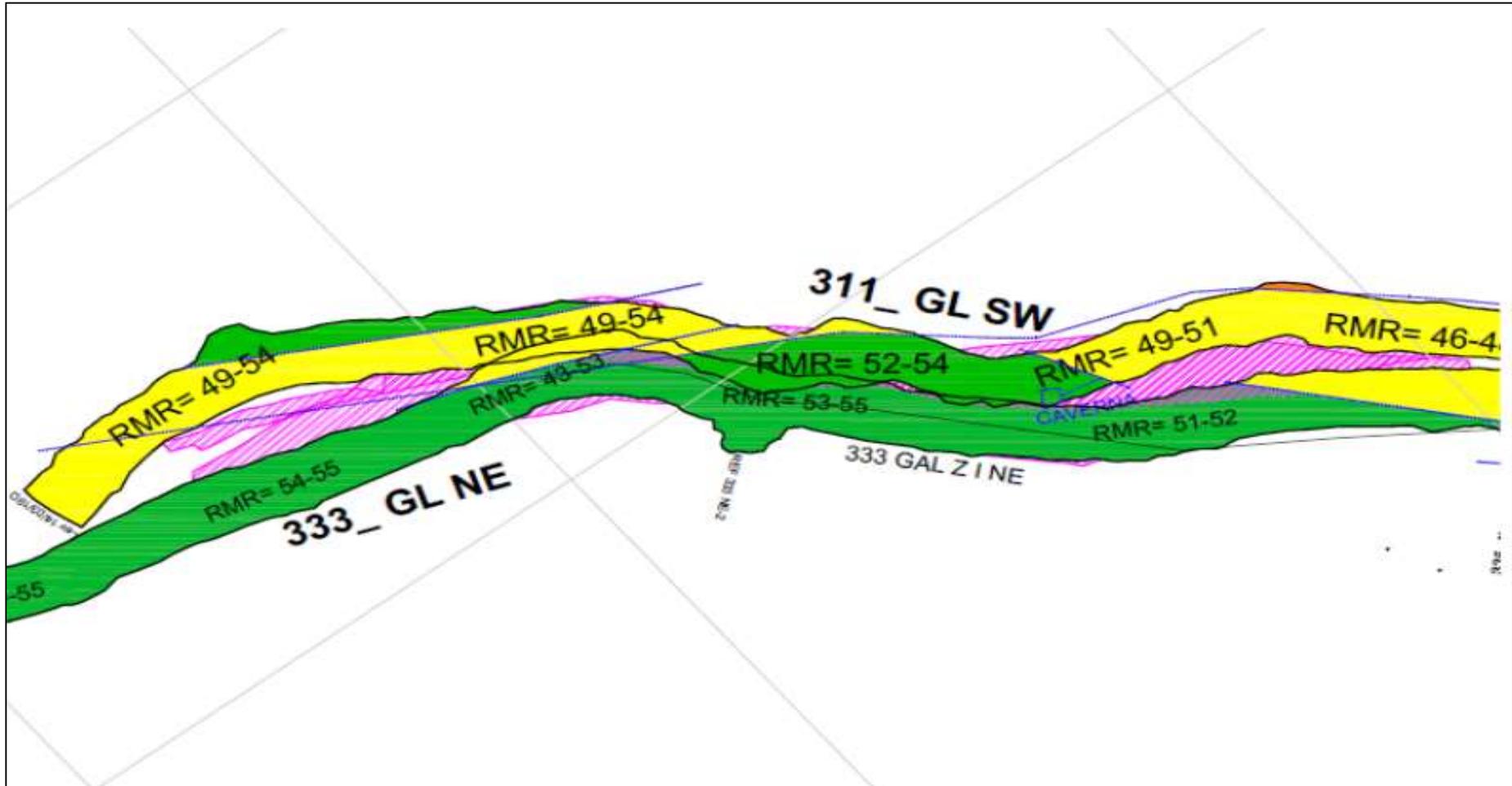
- MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.: Departamento de Ingeniería.
- MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.: Departamento de Geología.
- MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.: Departamento de Planeamiento.
- MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.: Departamento de Mina.
- MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.: Memoria Anual 2018.
- Reglamento de seguridad e higiene minera – DS 024-2015.
- Hock y Brown. “Excavaciones Subterráneas en Rocas”. Editorial McGraw Hill. México (1980).
- Larson, B and Clark D.A. “Cost Saving and improved Stability Through Optimized Rock Blasting” VM – Nitro Consult (1982).
- Richard E. Gertsch and Richard L. Bullock. “Techniques in underground Mining”. Society for mining (1998).
- Grundfos. “Manual de Bombeo de Aguas residuales”. España (2014).
- José C. Segura Cobo. “Máquina para Tratamiento y Depuración de Aguas”. Editorial Bellisco. España (2010).
- Francisco Vera Dominguez. “Diseño Hidráulico”. Editorial MUSA. Mexico (2015).
- <https://es.slideshare.net/ProfesorUPV/drenaje-de-mina-subterranea>.
- <https://es.scribd.com/presentation/269214626/BOMBEO-DE-AGUA-EN-MINA-SUBTERRANEA-pptx>.
- <https://www.convencionminera.com/perumin32/doc/conferencias/tecnologia/csanchez.pdf>.
- <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3626>.

ANEXOS

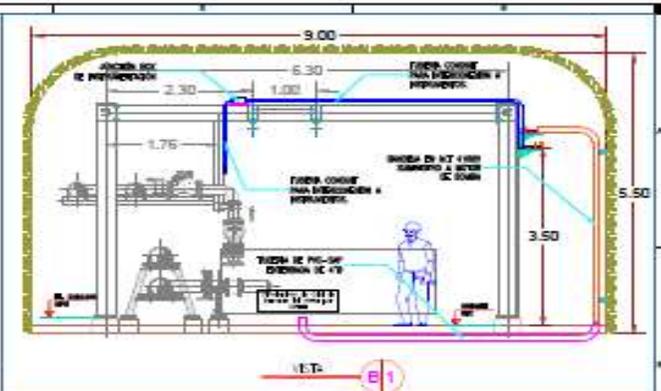
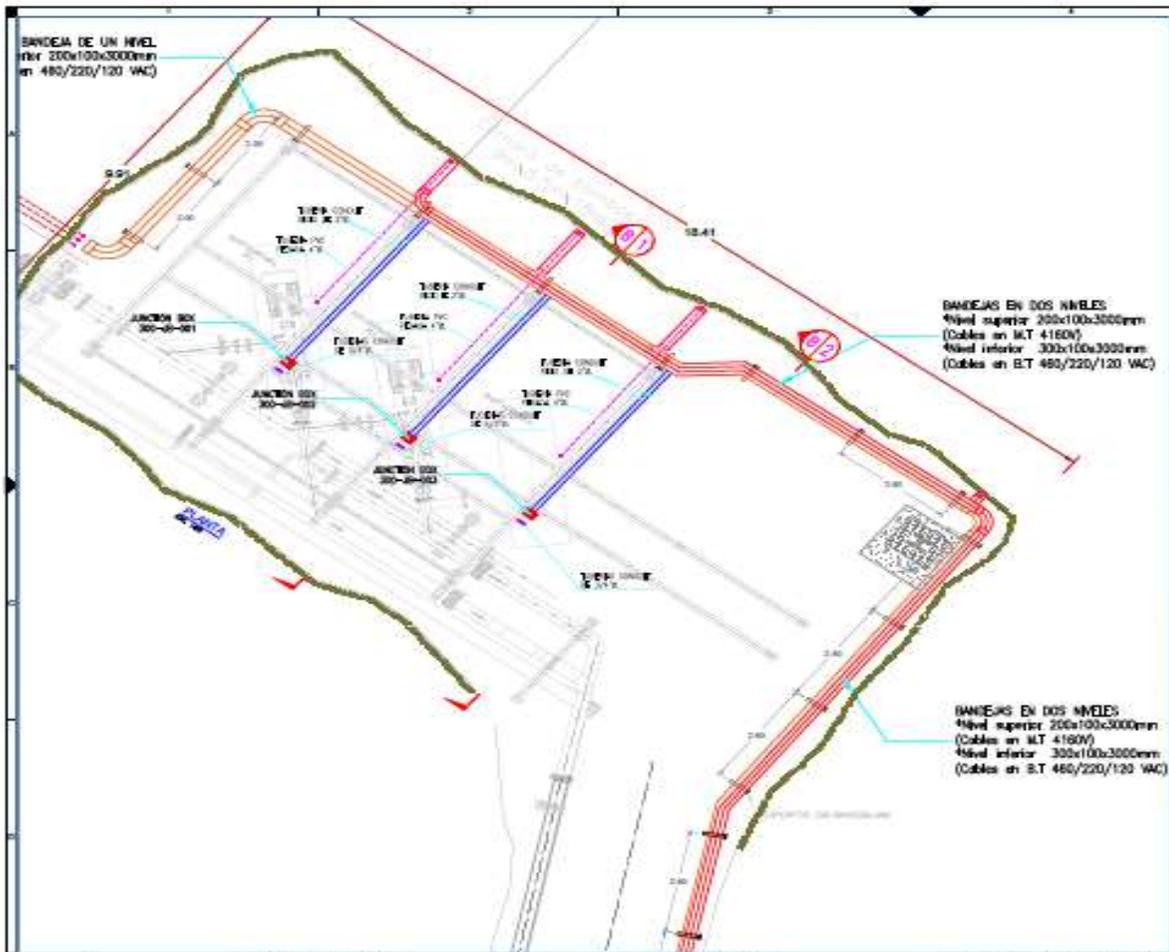
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Implementación del sistema de bombeo para optimizar el drenaje del nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.”							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	POBLACION	DISEÑO
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	INDEPENDIENTE				METODO
¿Cómo sería el sistema de bombeo para optimizar el drenaje del nivel 2370 al nivel 2620 para eliminar el agua de interior mina en la Minera Aurífera Retamas S.A.?	Implementar el sistema de bombeo del nivel 2370 al nivel 2620 para el drenaje del agua de interior mina de la Minera Aurífera Retamas S.A.	Si se logra implementar el sistema de bombeo, para controlar, eliminar, el agua subterránea de las labores inferiores de la profundización de la mina, entonces habremos optimizado el drenaje subterráneo de la Minera Aurífera Retamas S.A.	Caudal del agua subterránea	Caracterización del agua subterránea	Tipo de agua PH	La población está representada por el caudal total de todas las aguas subterráneas de las labores mineras de la Empresa Minera Aurífera Retamas S.A.	Tecnológica Operativa
					Presencia de lodos		
				Tiempo de acumulación del agua en los sumideros	Caudal		
					Velocidad de acumulación		
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO:	HIPÓTESIS ESPECÍFICA:	DEPENDIENTE			MUESTRA	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo se va ejecutar la evacuación del agua desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.?	Determinar la capacidad de las bombas para evacuar el agua desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.	Si se determina la capacidad de las bombas necesarias, entonces se podrá evacuar el agua subterránea desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.	Capacidad de bombas Diámetro de las tuberías 	Tipo de Bomba	HP de bomba	La muestra está representada por el caudal de agua subterránea concentrada en el nivel 2370.	Descriptivo, explicativo y de correlación.
							DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cómo será el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.?	Determinar el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.	Si se determina el funcionamiento y sus componentes del sistema de bombeo, entonces se podrá evacuar el agua subterránea desde el nivel 2370 al nivel 2620 de la Minera Aurífera Retamas S.A.		Tipo de tuberías	Diámetro	<p>OG = O₁ O₂ HG = R₁ R₂ CG = C₁ C₂.... O₁,..., O₃ = Evaluación de los objetivos R₁,..., R₃ = Resultados y demostración de la Hipótesis C₁,..., C₃ = Conclusiones de la investigación</p>	

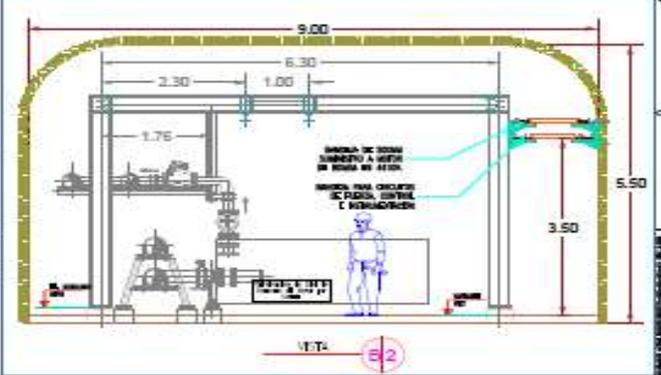
PLANO GEOLÓGICO NIVEL 2370



PLANOS DEL PROYECTO MINERO



CANALIZACIONES EN CÁMARA DE BOMBAS
ROMBEO PRINCIPAL NV. 2370



- NOTA:
1. LAS DIMENSIONES NOTARIAS SE DIO EN METROS.
 2. EL PLANO DE SOLO VALE PARA REFERENCIAS ELECTRICAS.

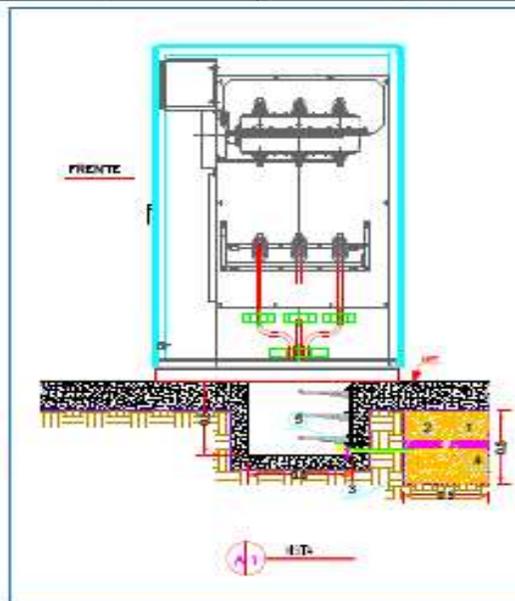
ENCARGO TÉCNICO
E. TORRES

PLANOS DE REFERENCIA	
Nº	DESCRIPCIÓN

REVISIONES	
Nº	DESCRIPCIÓN
1	REVISIÓN PARA REVISIÓN Y CORRECCIÓN
2	REVISIÓN PARA REVISIÓN Y CORRECCIÓN

MARINKA
MINERA AURIFERA
RETAMAS S.A.
 SUB GERENCIA DE PROTECTOR

NUEVO SISTEMA DE DRENAJE		PROYECTO	23120021
INSTALACIONES ELECTRICAS		FECHA	
CANALIZACION DE FUERZA, CONTROL E INSTRUMENTACION			



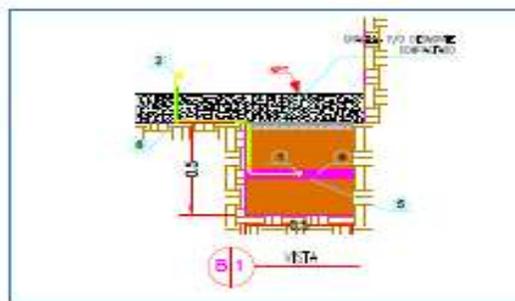
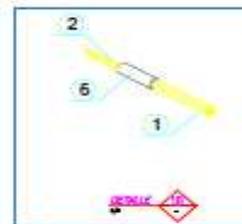
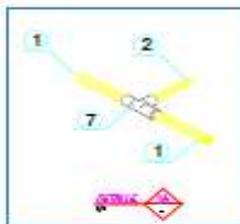
DISTRIBUCIÓN DE MALLA PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SUBESTACIÓN RETAMAS Nº. 2370

LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	CABLE SERVIDO DE OIL DE 100 MM2 (TIPO BLANCO)
2	CABLE SERVIDO DE OIL DE 70 MM2 (TIPO BLANCO)
3	TIERRA HECHA DE CULTIVO MEZCLADA CON SEMENTA
4	CEMENTO PORTLAND
5	TIERRA DE PISO-SAP DE 2" Ø
6	SOLDADURA CADWELD ENTRE CONDUCTOR DE 100 A 70 MM2
7	SOLDADURA CADWELD EN DERIVACIÓN "T" Y/O UNION CON SOLDADURA DE PLATA
8	CAJA DE REGISTRO DE PUESTA A TIERRA DE 40x40x40 CM

LEYENDA

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	PUNTO DE UNIÓN DE CONDUCTORES DE OIL CON SOLDADURA CADWELD
2	MEJAS DE CONDUCTOR DE OIL DE 70 MM2
3	CONDUCTOR DE OIL DEPOSITO EN MALLA A TIERRA
4	CONDUCTOR DE OIL DEPOSITO EN BANDEJA



1. LAS DIMENSIONES INDICADAS DE EJECUCIÓN EN METROS
2. EL PLANO ES SÓLO PARA INDICACIÓN DE BASTEAJES

PLANOS DE REFERENCIA		REVISIONES	
Nº	FECHA	Nº	FECHA

FECHA	DESCRIPCIÓN

MARCA MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.

SISTEMA DE BOMBEO Nº. 2370	
INSTALACIONES ELECTRICAS	
DISTRIBUCIÓN DE MALLA A TIERRA	
A	

33000221
A
20/08/2017

INFORME DE CONSULTORIA EXTERNA



INTECH S.A.

Tecnología Industrial

Calle Los Cráneos # 237 - Urb. Valcorno - Ave
Lima 3 - Perú
Tel: (51-1) 348-5858
Fax: (51-1) 652-4095
E-mail: ventas@intech-an.com
Página Web: www.intech-an.com
RUC: 20166378070

PROPUESTA TECNICA

ALTERNATIVA 1: BOMBA GOULDS 3840 XL6 4x8-28B 2 Stages



Marca	GOULDS
Procedencia	USA
Modelo	3840 4x8-28B 2 stages
Condiciones de Operación:	
Fluido:	Agua de Mina
Temperatura (°C):	No Informado
pH	7
SG fluido	1.02
Caudal (m ³ /h):	262.0
A.D.T. (m.c.a.):	328.0
Velocidad (RPM):	1785
Eficiencia (%):	57.6
NPSHd (m):	No Informado
NPSHr (m):	3.01
Potencia Consumida (kW):	391.62
Potencia Máxima (kW):	461.51
Ø de impulsores (mm):	567
Características de la Bomba:	
Construcción	3-6
Carcasa	Carbon steel
Impulsor	12% Chrome
Anillos de desgaste impulsor:	410SS Hardened
Eje	4140
Sellado	Sello Mecánico (EagleBurgmann H75VNXX-E682 AQ2K23MG)
Etapas	2
Brida Succión / Descarga(pulg)	6 / 4
Motor Eléctrico Trifásico:	
Potencia (HP)	600
Nº de Polos / RPM	4 / 1800
Voltaje (V)	460
Frecuencia (Hz)	60
Transmisión	
Tipo	Acople Thomas
Placa Base	
Material	Acero Estructural (Construcción en fábrica)

Hoja de datos

Proyecto: Sistema de Bombeo Principal - Nv_2370

Rev_B

Bomba	
Fluido	Agua de mina
Temperatura del fluido	18°C
Densidad del fluido	1020kg/m ³
PH	7
Caudal	70 L/s
Altura estática	298
ADT	328
Sello mecánico	
Motor Premium de Alta eficiencia	
Voltaje	480V
Frecuencia	60Hz
Fases	3
Polos	4
Velocidad	1780rpm
F.S.	1.15
Aislamiento	Clase H
Hermeticidad	IP56
Potencia aproximada	450HP
Diseño para trabajo	2700 msnm
Trabajo continuo	24horas
Temperatura ambiente	35°C
Humedad Realativa	90%
Incluye RTD's (08 und, 02 x fase y 02 rodamientos) y calentador.	