

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE

INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Mejoramiento del sistema de bombeo y drenaje de Aguas subterráneas

Unidad de Producción Uchucchacua- Cia de Minas Buenaventura

S.A.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Huston Aysen CONDEZO ACOSTA

Asesor: Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE

INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Mejoramiento del sistema de bombeo y drenaje de Aguas subterráneas

Unidad de Producción Uchucchacua- Cia de Minas Buenaventura

S.A.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy, para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. Gracias también a mi amada esposa por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

RECONOCIMIENTO

Este informe es el resultado del esfuerzo y dedicación que se puso en este trabajo. Con el reconocimiento a nuestros profesores a quien le debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias por su paciencia, enseñanza, dedicación, a la empresa minera buenaventura unidad Uchucchacua, por brindarnos toda la información y conocimiento necesarios para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Los resultados de este informe, están dedicados a todas aquella personas que, de alguna forma, fueron de gran ayuda para su culminación, que de manera desinteresada, me brindaron información relevante, próxima, y cercana a la realidad, que plasmaron los resultados investigativos en diseños originales, atractivos y de gran realce para el éxito del trabajo de investigación.

RESUMEN

Esta investigación busca el Mejoramiento del Sistema de Bombeo para Evacuación Eficiente de aguas Subterráneas en la unidad minera de Uchucchacua, desarrollado desde setiembre del 2017 a marzo del 2018. El problema de investigación se encuentra en especialmente en el Nv. 3990, debido a que no existe un buen sistema general lo que provoca, inundaciones continuas, el sistema de bombeo con tres bombas en paralelo instaladas en el nivel 3990, con potencia de 750 HP cada una y con fallas de funcionamiento continuo. Mejorar esta realidad es la finalidad de este estudio. La metodología consiste en evaluar al sistema anterior de bombeo, las condiciones hidráulicas y de operación. Luego se revisó los reportes mensuales de consumo de energía eléctrica, caudal, mantenimiento revisión de reportes de bombas, horas de operación, vida útil, tipo y marca de las bombas, calidad del sistema de tuberías y mangueras. Así mismo será necesario contar con datos técnicos de los equipos de bombeo, motores y la evaluación del medio ambiente de trabajo tanto así, la calidad y cantidad de aguas a ser bombeado y drenado, para iniciar con el diseño del nuevo sistema de bombeo, con la finalidad de comparar los resultados y establecer las mejoras obtenidas. Como resultado se tiene tres bombas instaladas en serie, con una potencia del motor eléctrico de 350 HP cada una.

Palabras claves: Sistema de bombeo, fallas de funcionamiento y mantenimiento.

ABSTRACT

This research seeks the Improvement of the Pumping System for Efficient Evacuation of Groundwater in the Uchucchacua mining unit, developed from September 2017 to March 2018. The research problem is found especially in Nv. 3990, due to the fact that there is no good general system which causes, continuous flooding, the pumping system with three pumps in parallel installed at level 3990, with power of 750 HP each and with continuous malfunctions. Improving this reality is the purpose of this study. The methodology consists in evaluating the previous pumping system, the hydraulic and operating conditions. Then the monthly reports of electric power consumption, flow, maintenance, review of pump reports, hours of operation, life, type and brand of pumps, quality of the piping and hose system were reviewed. Likewise, it will be necessary to have technical data of the pumping equipment, engines and the evaluation of the working environment, as well as the quality and quantity of water to be pumped and drained, to start with the design of the new pumping system, with The purpose of comparing the results and establishing the improvements obtained. As a result you have three pumps installed in series, with an electric motor power of 350 HP each.

Keywords: Pumping system, malfunctions and maintenance.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación intitulado: **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO Y DRENAJE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS UNIDAD DE PRODUCCIÓN UCHUCCHACUA - CIA DE MNAS BUENAVENTURA S.A.A.**” de la compañía minera BUENAVENTURA a la unidad de producción UCHUCCHACUA, Nivel 3990, donde se realizó el presente estudio para ello se ha contado con la colaboración desinteresada de todos los profesionales, empleados y trabajadores de la Empresa y de las empresas contratistas, contratadas, se ha hecho realidad en estudio.

Considerando que, como prioridad de mejorar el sistema de bombeo que es la suma de energía cinética y potencial a un líquido con el propósito de moverlos de un punto a otro. El sistema a través del cual el líquido es bombeado ofrece resistencia al flujo por varias razones y las que en la mina han sido deficientes, además, el flujo a través de las tuberías y válvulas se ve impedido por la fricción, la altura de elevación es una resistencia adicional.

La selección y optimización del sistema de bombeo se centra en una bomba centrífuga que deberá ser capaz de entregar un caudal especificado del fluido a través del sistema en el que se usa que han presentado una serie de inconvenientes en la regulación del abastecimiento y el drenaje respectivo de las aguas residuales en nuestro objetivo.

Para su desarrollo el presente estudio de tesis se ha establecido los siguientes Capítulos:

El Capítulo I, Comprende los aspectos relevantes de la investigación, donde se contempla, problemas de investigación, identificación y determinación del problema, su formulación, sus objetivos, justificación, importancia y limitaciones de la Investigación.

En el Capítulo II, se define el marco teórico, los antecedentes de estudio, bases teóricas y científicas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis, identificación de variables e indicadores respectivos.

El Capítulo III, se desarrolla el tipo de investigación, la metodología de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, orientación ética.

El capítulo IV, se desarrolla descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis, discusión de resultados, presenta los resultados relevantes del estudio marcando las ventajas y desventajas del proyecto y cuantificando los resultados respectivamente.

He arribado a las conclusiones y recomendaciones respectivas con lo que doy por concluido la tesis.

EL AUTOR

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema.....	1
1.2 Delimitación de la investigación.	1
1.3. Formulación del Problema.....	2
1.3.1. Problema General.....	2
1.3.2. Problemas específicos	2
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.5.1. Justificación Metodológica	3
1.5.2. Justificación Práctica	4
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio	5
-------------------------------------	---

2.2. Bases Teórico – Científicas.....	9
2.3. Definición de términos básicos.....	11
2.4. Formulación de Hipótesis.....	16
2.4.1. Hipótesis General.....	16
2.4.2. Hipótesis específicas.....	16
2.5. Identificación de Variables	16
2.5.1. Variable Independiente.....	17
2.5.2. Variable Dependiente	17
2.5.3. Variable Interviniente	17
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	17

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación.....	18
3.2. Métodos de Investigación	18
3.3. Diseño de Investigación	18
3.4. Población y Muestra	19
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	19
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	19
3.7. Tratamiento Estadístico	19
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	19
3.9. Orientación ética	20

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	21
4.1.1. Sistemas de Bombeo y Drenaje de Aguas Subterráneas y Meteóricas.....	22
4.1.2. Análisis de los Parámetros de cálculo del sistema de bombeo y drenaje...23	
4.1.3. Resultados de la Mejora del sistema de Bombeo	40

4.1.4. Diseño del Sumidero	41
4.1.5. Cálculo de Sobrepresiones Por Golpe de Ariete	41
4.2. Presentación, Análisis e interpretación de Resultados	45
4.3. Prueba de Hipótesis	48
4.3.1. Sumidero (deslamador de Tanque)	50
4.4. Discusión de Resultados	50
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

La deficiencia del abastecimiento del recurso agua, en la unidad minera de Uchucchacua, y la consecuente problemática del drenaje, especialmente en el Nv. 3990, debido a que no existe un buen sistema general lo que provoca, inundaciones continuas y en la evaluación se han encontrado accesorios y equipos de bombeo que no cumplen adecuadamente su funcionabilidad operativa, por ello se hace necesario un estudio de mejora del sistema de bombeo y drenaje general de estos recursos cuyo esquema es:

1.2 Delimitación de la investigación.

Como el fenómeno hidrológico es diferente de acuerdo a la latitud y altitud de cada cuenca, también las corrientes de agua internas tienen características físico químicas diferentes; en cuanto a presión, temperatura, densidad, PH, limpias o con partículas, entre otras. En esta medida una necesidad importante en nuestro medio es el hecho que se viene desarrollando en los diferentes centros laborales nuevos

procesos de trabajo con acelerado avance tecnológico, siendo para ello necesario mejorar los principios y técnicas en la ingeniería; por lo tanto es muy importante la utilización de herramientas y conocimientos más evolucionados en manejo de equipos y personal capacitado relacionados a sistemas de bombeo de aguas subterráneas.

1.3. Formulación del Problema



Esquema del sistema típico de bombeo Fuente: Diseño propio

Con el presente estudio se tratará de responder las interrogantes planteadas.

1.3.1. Problema General

¿Cómo se mejorará los controles del agua y el drenaje existentes en las labores subterráneas de la Mina Uchucchacua?

1.3.2. Problemas específicos

- a). ¿Cómo realizar la optimización del sistema de bombas y el drenaje, de las aguas subterráneas en la Unidad Minera Uchucchacua?
- b). Cómo se analizará las mejoras y control del funcionamiento de las bombas y el drenaje de las aguas en la mina Uchucchacua.

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el funcionamiento óptimo del sistema de bombeo y drenaje de los materiales líquidos de las labores subterráneas en la Unida Minera Uchucchacua.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a). Realizar el ajuste y los cambios requeridos en el sistema de bombeo y drenaje para mejorar las condiciones de servicio mineros en la Unidad Minera Uchucchacua.
- b). Analizar el sistema de bombeo y drenaje, para determinar los parámetros que nos ayuden a optimizar el diseño del sistema general de bombeo y drenaje de las aguas subterráneas de la Unidad Minera Uchucchacua.

1.5. Justificación de la investigación

Las consecuentes inundaciones de las labores por las aguas subterráneas y las filtraciones de las aguas meteórica en las épocas de invierno de la sierra del País, impiden y paralizan las operaciones mineras las cuales se ven afectadas el ritmo de producción de la Mina, por ello se hace necesario realizar el estudio y la adopción de un sistema de bombeo y drenaje, con la finalidad de que estos fenómenos se minimicen y se eviten inundaciones con consecuencias perjudiciales de las operaciones normales de la Unidad Minera Uchucchacua.

1.5.1. Justificación Metodológica

Con la finalidad de cumplir con los objetivos del estudio, la investigación hará uso de una metodología propia, teniendo como base el método científico. Esperando resultados en la optimización del sistema de bombeo y drenaje respectivamente y consecuentemente las mejoras en el ritmo de producción de la Unidad.

1.5.2. Justificación Práctica

En relación a los objetivos propuestos, se logrará las soluciones que se han planteado para los problemas de bombeo y drenaje de las aguas subterráneas, con ello minimizar riesgos de inundaciones en las labores de la Unidad Minera de Uchucchacua.

1.6. Limitaciones de la investigación

Por lo mencionado resulta muy incómoda la ocurrencia de una parada intempestiva del sistema de bombeo, porque de inmediato el agua invade las zonas de explotación de minerales, perjudicando el trabajo. Para contribuir con la empresa al proponer una solución a la problemática del bombeo de agua de diferentes densidades en el interior mina y todo ello para el control de las paradas intempestivas del sistema de bombeo de aguas subterráneas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

Es la implementación del PLC y los electroniveles al sistema de bombeo, ayudan a llevar a cabo un control más eficiente sin riesgos de fuga de agua en el llenado de la cisterna y el depósito, además evitan que las bombas operen en vacío. Otra ventaja que se observa es que permite una sincronización en el arranque y parada de las bombas ya sea por tiempo o de acuerdo al nivel del agua que se encuentra en la cisterna y en el depósito, Por otro lado, en industrias que manejan procesos muy delicados y necesitan una velocidad de respuesta muy precisa, así como la coordinación con otras máquinas. Este tipo de tareas resultan imposibles de realizar por una persona, es por ello que en estos tipos de procesos también es necesario implementar la automatización, ya que evita la pérdida de materia prima y mejora la calidad del producto. En la unidad de cobriza se manejan procesos muy grandes, donde el Costo de mano de obra es muy elevado, necesitan de otro tipo de Control. Es aquí donde la automatización se puede implementar ya que Estos gastos son

reducidos en su mayoría, cuando se realiza un Proyecto es necesario realizar una comparación de gastos a largo Plazo (no más de 3 años), y así determinar si dicho proyecto es viable. **Soto Romero, Christian (2012).**

Desarrolló la tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, titulado Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas ácidas, en el que resume lo siguiente: La mina Yanacocha se ubica aproximadamente a 600 km al norte de Lima y a 20 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca, a una altitud cercana a 4100 m.s.n.m. En los procesos mineros que realiza utiliza el agua como alternativa de abastecimiento. En el desarrollo del proceso por acción de lixiviación de sulfuros se producen alteraciones en la calidad del agua (aguas ácidas) las cuales son evacuadas hacia grandes pozas. Considerando y respetando las normas medio ambientales la minera tiene que preocuparse por restablecer las propiedades naturales del agua antes de devolverlas al medio ambiente. Por tal motivo se desarrolla en Maqui Maqui – Yanacocha el proceso de bombeo de aguas acidas, evacuando el agua contaminada desde la poza de almacenamiento hasta otra poza localizada al norte de la misma en la cual se procederá a la neutralización del agua antes de devolverla al medio ambiente. El objetivo general de esta tesis es el desarrollo de la ingeniería de detalle del sistema de bombeo de aguas ácidas desde la poza de almacenamiento sur, hasta la poza de almacenamiento y control norte. En primer lugar se define el significado de automatización a nivel de industrias mineras en el mundo de hoy. Enfocando nuestro interés en el desarrollo de la automatización en la minera Yanacocha. En segundo lugar se identificó las variables del proceso, desarrollando la ingeniería básica del proyecto. En tercer lugar se desarrolla la

ingeniería de detalle del sistema de bombeo. Por último, se elabora los cálculos necesarios para la selección de los instrumentos tanto de campo como de control. También se desarrolla el programa que permite controlar el proceso de bombeo, como también los resultados gráficos de la simulación del programa, además sugiero algunas recomendaciones para la prueba de instrumentos antes y después de ser instalados. **Ojeda Chinchayán, Carlos Miguel (2013)**

El uso de la historia como estrategia didáctica, no es una idea original, dado que ya se ha propuesto por Rodríguez y González (2004) quienes dicen que “... un alto porcentaje de ingenieros de física, no conoce el desarrollo histórico de la disciplina que orientan...” Por lo tanto, consideran que el uso de la historia “...podría ser de gran utilidad en el trabajo didáctico de los técnicos en minería”

Procesos de excavación en una mina debajo de la superficie freática pueden crear una serie de problemas relacionados con el agua que podrían afectar la eficiencia operacional y viabilidad económica de operación en la mina (Doulati Ardejani et al., 2003). Por otro lado, el agua es también indispensable para los diversos procesos mineros. Procedimientos de abatimiento de la superficie freática permiten la extracción del agua en regiones de excavación de la mina, dejándola en condiciones de trabajabilidad, y al mismo tiempo, permiten aprovechar esta agua por tecnologías de re-uso en distintas áreas de la minería. Estos procesos son conocidos como técnicas de control de agua, que son continuamente implementadas y monitoreadas durante los procesos de excavación y a lo largo de la vida útil de los proyectos de mineración.

Si por un lado un estudio geológico de un depósito de mineral a ser explorado permite conocer y calcular la disposición de las reservas a explorar, direccionándolo, básicamente, a la correcta elección del método de exploración

del mineral con el menor costo, por otro lado, un estudio hidrogeológico detallado del depósito permite valorar los sistemas de control de agua más adecuados, necesarios para permitir la actividad minera. La implementación de un apropiado sistema de control de agua puede facilitar los procesos de excavación de una mina, caracterizada por estratificaciones complejas de materiales permeables abajo de la superficie freática. Un sistema inadecuado o no controlado del flujo subterráneo puede, por presión hidrostática o exfiltración, causar piping, levantamiento de la base de la excavación, o reducir la estabilidad de los taludes de excavación (en el caso de una mina a cielo abierto), o colapsar o causar subsidencia (en el caso de una mina subterránea).

Las trayectorias de flujo subterráneo y sus mecanismos de infiltración existentes hacen necesario realizar un estudio hidrogeológico más completo que contemple los caminos preferenciales rastreados, así como un modelo más realista. Por tanto, análisis numéricos tridimensionales hidrogeológicos por el método de los elementos finitos con el programa FEFLOW 6.2 están siendo estudiados, en condiciones de flujo permanente y transitorio para las condiciones de exploración actuales de la mina. Estos análisis comprenden la elaboración de un modelo hidrogeológico conceptual, el desarrollo de una metodología de uso de condiciones de contorno y de restricción, la calibración del modelo numérico y la verificación de las respuestas del flujo subterráneo generados por la incorporación de distintas técnicas de control de aguas, como solución para el problema de infiltración.

Dentro de un marco geográfico; La mina subterránea de Vazante, localizada en el municipio de Minas Gerais en Brasil, es destinada a la labra en áreas cársticas para el beneficio de zinc. Esta mina viene explorando este mineral desde 1969 a

través de procesos de labra a cielo abierto, cuyas actividades subterráneas iniciaron en el año 1982. Actualmente, la mina de Vazante consiste en múltiples niveles de mineración subterránea situados debajo de la superficie freática, donde la remoción del agua subterránea que entra en la mina crea un desnivel en la superficie piezométrica superior o igual a 180 metros. Este cono de depresión origina altos gradientes hidráulicos en la región entre el río Santa Catarina y las actividades subterráneas de mineración. El río Santa Catarina escoa del oeste al este a aproximadamente 1 km al sur de la mina (Figura 0.1) atravesando superficialmente la región de Dolomito y el área del cono de depresión de la superficie freática creado por la remoción del agua de la mina. Adicionalmente, la mineralización del zinc (willemita y hemimorfita) en la mina es encontrada en una zona de cizallamiento que descansa en la dirección noreste que atraviesa una secuencia de rocas carbonáticas y pelíticas pertenecientes al grupo Vazante neoproterozoico. Como resultado de la combinación de los factores naturales y antrópicos pueden destacarse algunas características percibidas que son de preocupación para las operaciones mineras, tales como altos caudales en los conductos cársticos asociados a estructuras geológicas preferenciales en las galerías de la mina y la potencialización o inducción al surgimiento de dolinas o sumideros además de las naturalmente ya registradas en muchos estudios hidrogeológicos del país.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

El modelo conceptual es una representación simplificada de las características esenciales del sistema físico hidrogeológico y de su comportamiento hidráulico, en el cual diversas asunciones son hechas porque la completa reconstrucción del sistema es compleja, además de que raramente existen datos que abarcan todo el

sistema ya sea espacial o temporalmente. El modelo conceptual debe ser desarrollado usando el principio de simplicidad, i.e., el modelo debe ser tan simple como posible, pero, manteniendo una consistencia lo suficiente para:

- (i) representar adecuadamente los elementos físicos del sistema,
- (ii) reproducir el comportamiento del sistema a ser estudiado; y
- (iii) facilitar las respuestas relacionadas a los objetivos del modelaje.

La verificación del modelo conceptual puede ser hecha al convertir éste en un modelo matemático, calibrándolo con los datos de campos observados, e.g.; cargas hidráulicas observadas versus cargas hidráulicas medidas en el campo.

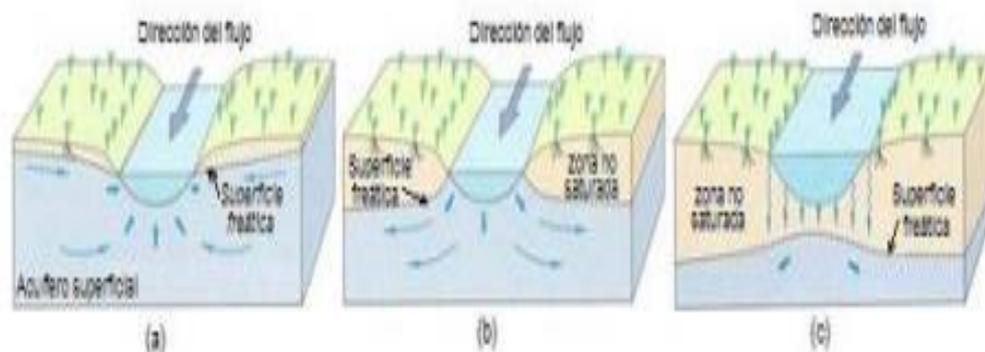
El modelo conceptual normalmente implica un proceso iterativo y debe ser continuamente actualizado mientras que nuevos datos estén disponibles o mientras que el entendimiento del sistema sea mejorado.

La interacción de aguas subterráneas con las superficiales es un aspecto importante, que ocurre en la mayoría de las cuencas, y, es gobernada por la diferencia entre el nivel de la superficie freática y la elevación de las aguas superficiales (Winter et al., 1998). Si el nivel de la superficie freática es superior que el nivel del agua de la corriente superficial, el agua subterránea descarga en el agua superficial (Figura 0.3a). Si el nivel del agua de la corriente superficial fuera más grande que el nivel de la superficie freática, el agua superficial sirve como fuente de agua para el agua subterránea (Figura 0.3b). Otro caso identificado es cuando la superficie freática está abajo del fondo de la corriente de agua, tal caso es identificado como fuentes desconectadas (Figura 0.3c).

Representación esquemática:

- (a) superficie freática mayor que el nivel del río
- (b) superficie freática menor que el nivel en el río

(c) corriente del río desconectada del acuífero.



2.3. Definición de términos básicos

Los sistemas de bombeo, constituyen la forma más eficiente de evacuar el agua de filtración y las aguas de escorrentía superficial proveniente de la precipitación directa sobre los tajos, estas se recolectan en un sumidero de donde se evacúan mediante un sistema de bombeo, conduciendo el agua mediante tubería HDPE de 12" y canales a los sitios de almacenamiento. Las condiciones físicas para la aplicación y elección de una bomba se fundamentan en la teoría basada en los puntos de referencia:

Elevación: Diferencia de elevación vertical medida en metros (o pies) (resistencia gravitacional), la elevación determina la fuerza de la bomba.

Flujo: es la cantidad de fluido que se desplaza por un recipiente que alcanza cierto movimiento medida en metros cúbicos por hora (galones por min), es decir, volumen sobre tiempo. El flujo determina el tamaño de la tubería.

Flujo laminar: En el flujo laminar, las partículas del fluido solo se mezclan a escala molecular de modo que durante el movimiento dichas partículas se desplazan según trayectorias paralelas bajo la acción de la viscosidad. En la práctica, el flujo laminar se produce cuando el número de Reynolds no excede los valores de 1.500 a 2.000.

Flujo turbulento: En el flujo turbulento las partículas del fluido se mezclan a escala molar, de modo que durante el movimiento se produce un intercambio de cantidad de movimiento entre partículas adyacentes ocasionando una rápida y continua agitación y mezcla en el seno del fluido. En la práctica el flujo turbulento se produce para números de Reynolds por encima de valores entre 6.000 a 10.000.

Distancia: la distancia es el trayecto espacial medido en metros o pies (Longitud de la manguera / tubería a la descarga). Determina si el tamaño de la tubería debe ser incrementado para reducir las pérdidas por fricción.

Caudal: Es el volumen de líquido desplazado por la bomba en una unidad de tiempo; se expresa generalmente en litros por segundo (L/s), metros cúbicos por hora (m³ /h), galones por minutos (Gpm).

Bombas: La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica que permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y velocidades. Las bombas son los elementos que aportan energía para vencer las pérdidas de carga.

Sistema de bombeo: consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.



Fuente: Bombas Centrifugas / Francisco Guerrero

Sumidero: Conducto o canal por donde se sumen las aguas para poder ser evacuadas o dirigidas.

Tubería: Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

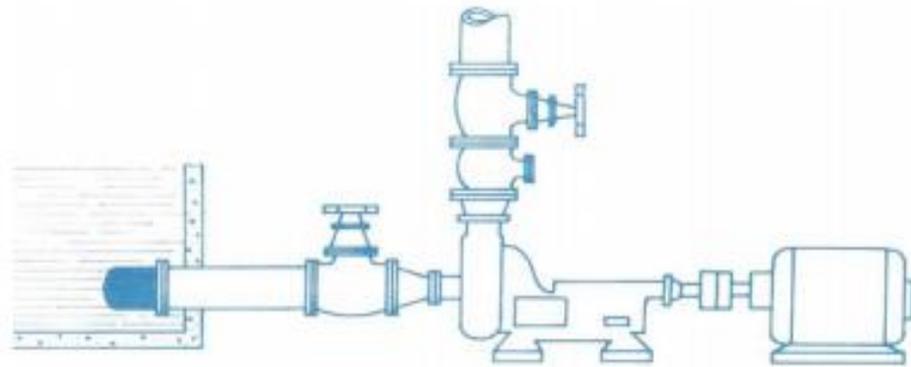
Curvas características: Una forma de visualizar fácilmente el funcionamiento de un sistema de tuberías es utilizando las curvas características.

La idea consiste en resolver de forma gráfica las ecuaciones que definen un determinado problema.

Sistema de bombeo: Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, desde interior mina hasta la superficie, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

Mejoramiento de un sistema de bombeo: Es la evaluación inicial de sistema en funcionamiento a fin de acopiar información de la dimensión hidráulica y mecánica, para luego proponer una nueva instalación que salve las limitaciones del anterior.

Evacuación eficiente de aguas subterráneas. En minería es el traslado de las aguas subterráneas mediante sistema de bombeo a la superficie desde interior mina, para facilitar el proceso de extracción de mineral. Es la instalación que está compuesto por un tanque de aspiración, tubería de aspiración, una bomba hidráulica, tubería de descarga y tanque de descarga, según se muestra en la figura.



Fuente: Hidrostral - Instalación típica de una bomba

Bombas hidráulicas: Una bomba hidráulica es una máquina que sirve como medio para el transporte de un fluido al convertir energía mecánica en energía fluida o hidráulica, es decir las bombas agregan energía al fluido.

Principio de funcionamiento: Las bombas son dispositivos que se encargan de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión. Están compuestas por un elemento rotatorio denominado impulsor, el cual se encuentra dentro de una carcasa llamada voluta. Inicialmente la energía es transmitida como energía mecánica a través de un eje, para posteriormente convertirse en energía hidráulica. El fluido entra axialmente a través del ojo del impulsor, pasando por los canales de éste y suministrándosele energía cinética mediante los álabes que se encuentran en el impulsor para posteriormente descargar el fluido en la voluta, el cual se expande

gradualmente, disminuyendo la energía cinética adquirida para convertirse en presión estática.

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

Carga Estática Total: La carga estática total se determina conociendo la altura geométrica del nivel del líquido entre los recipientes de succión y descarga y la línea de centros de la bomba, así como las presiones en esos mismos puntos.

Carga Dinámica Total: La carga dinámica total representa las pérdidas de presión, las cuales se originan por la fricción del fluido en las tuberías, válvulas, accesorios y otros componentes como pueden ser intercambiadores de calor u otros. Estas pérdidas varían proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad del caudal. También varían de acuerdo con el tamaño, tipo y condiciones de las superficies de tubos y accesorios y las características del líquido bombeado.

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

Caudal Constante: El punto de operación de una bomba se obtiene cuando la carga generada por la misma coincide con la que precisa el sistema de bombeo. El punto de operación se obtiene en la intersección de la curva (carga vs caudal) de la bomba correspondiente al diámetro de operación y la curva del sistema.

Caudal Variable. En general los sistemas de bombeo requieren caudal variable, lo cual significa que una bomba trabaja con diferentes puntos de operación (carga, caudal).

Método de Regulación. Los procesos productivos de las empresas requieren condiciones de bombeo diferentes a las del caudal nominal, por lo tanto, es necesario aplicar algún tipo de control o regulación de caudal.

Método de Regulación: Los procesos productivos de las empresas requieren condiciones de bombeo diferentes a las del caudal nominal, por lo tanto, es necesario aplicar algún tipo de control o regulación de caudal

Cavitación de las bombas: La cavitación es un fenómeno muy común, pero es el menos comprendido de todos los problemas de bombeo. Tiene distintos significados para diferentes personas. Algunos la definen como el ruido de golpeteo o traqueteo que se produce en una bomba. Otros la llaman “patinaje” debido a que la presión de la bomba decrece y el caudal se torna errático.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

¿Si logramos mejorar el sistema de bombeo del interior mina instalando bombas en serie, entonces se logrará una expulsión óptima y eficiente de las aguas subterráneas en la mina Uchucchacua, De Buenaventura S.A.?

2.4.2. Hipótesis específicas

La necesidad de dar solución al sistema de bombeo especialmente en la mina Socorro el Nv. 3990 de la U.E.A. Uchucchacua.

2.5. Identificación de Variables

De la evaluación del sistema actual y de la hipótesis general se deduce:

2.5.1. Variable Independiente.

X = Sistema óptimo de bombeo y drenaje de aguas del interior mina

2.5.2. Variable Dependiente

Y = f(X): Expulsión eficiente de las aguas del interior mina

2.5.3. Variable Interviniente

Instalación del sistema de bombas en serie

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

PROBLEMA	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
¿Cómo se optimiza el sistema de bombeo, en la mina Uchucchacua.	Independiente X: mejorar el Sistema de bombeo Dependiente Instalación del sistema de bombas en serie.	Hidráulica e Hidrología aplicada	Parámetros de un sistema de bombas NPSH Y NPSHo hidráulicos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

Basado en el planteamiento del objetivo del presente estudio, se encuadra dentro de la investigación científica tecnológico aplicado, y de acuerdo a los propósitos del estudio es analítico descriptivo.

3.2. Métodos de Investigación

Se efectuará, trabajos de campo, medición de caudal, revisión del sistema de bombeo actual, evaluación de bombas, canales de drenaje, recopilación de datos directos e indirectos.

3.3. Diseño de Investigación

Para el diseño se adopta en analítico cuantitativo correlacionando y evaluando las variables que se han tomado para el estudio:

VARIABLES: X – Y (Evaluables)

3.4. Población y Muestra

Población (N): Labores propensas a inundaciones en la mina Uchucchacua

Muestreo: Aleatorio a Nivel 3990, de la Unidad Minera Uchucchacua.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recopilación de datos será revisión de reportes de bombas, horas de operación, vida útil, tipo y marca de las bombas, calidad del sistema de tuberías y mangueras.

Así mismo será necesario contar con datos técnicos de los equipos de bombeo y motores, y la evaluación del medio ambiente de trabajo tanto así, la calidad y cantidad de aguas a ser bombeado y drenado de la mina Uchucchacua.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos relacionados con la cantidad y calidad de las aguas de minas serán tabulados y registrados para ser evaluados y estudiados sus características físicas y químicas, y serán sometidas y el sistema será sometido a pruebas hidráulicas respectivas utilizando equipos de medición de caudales y densidad cálculos de resistencia del sistema para determinar la capacidad de las bombas respectivamente.

3.7. Tratamiento Estadístico

Se aplicarán técnicas apropiadas de cálculo de caudal, resistencia de ductos, densidad y otros factores y los parámetros de cálculo de bombas, y motores del sistema de bombeo, han sido tabulados y calculados

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

El cálculo del sistema de bombeo de tanque a tanque requiere de dos pasos previos, del cálculo de la dotación diaria (caudal de bombeo), de la carga dinámica total de bombeo, de la geometría del terreno de ubicación y del sistema de tuberías. Cuando fuere necesario emplear una combinación de tanque bajo,

bomba de elevación y estanque elevado, debido a presión insuficiente en el acueducto público, y/o a interrupciones de servicio frecuentes, el volumen utilizable del estanque bajo no será menor de las dos terceras ($2/3$) partes de la dotación diaria y el volumen utilizable del estanque elevado no será menor de la tercera ($1/3$) parte de dicha dotación.

3.9. Orientación ética

La formación ética y en valores en la universidad y su relación con la calidad de vida de los trabajadores que laboran en los diferentes asentamientos mineros. Una experiencia de Aprendizaje de valores que se dieron en mi formación como profesional.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

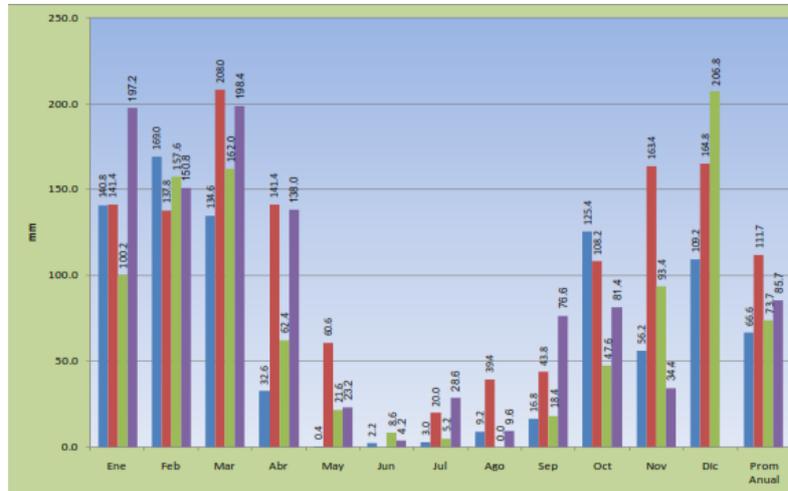
En la Unidad Económica de Uchucchacua se presentan períodos estacionales de lluvias entre los meses de noviembre a abril que produce un aumento considerable del caudal de agua perjudicando el normal curso de las operaciones. A partir del mes de noviembre hasta abril se presenta un incremento considerable de agua en la mina, colmatándose las fallas y fracturas del macizo rocoso y brotando por las mismas, inclusive del suelo en zonas puntuales.

La profundización de las minas Socorro y Carmen son zonas afectadas. Las operaciones actualmente se encuentran en la cota 3840, es decir 280 m por debajo del nivel de drenaje 4120 y éstas profundizan cada día más. Las principales reservas se encuentran en el nivel 3850 de la mina Socorro y se requiere garantizar la continuidad de las operaciones durante la temporada de lluvias.

Las precipitaciones en la zona de la mina Uchucchacua varían mes a mes, alcanzando sus mayores valores entre los meses de octubre a abril de cada año con precipitaciones de hasta 208mm. La intensidad de las precipitaciones depende del

fenómeno del Niño. En la figura adjunta se pueden observar las precipitaciones mensuales promedio durante los años 2015 a 2018.

Precipitaciones en los años 2015-2016-2017-2018 respectivamente

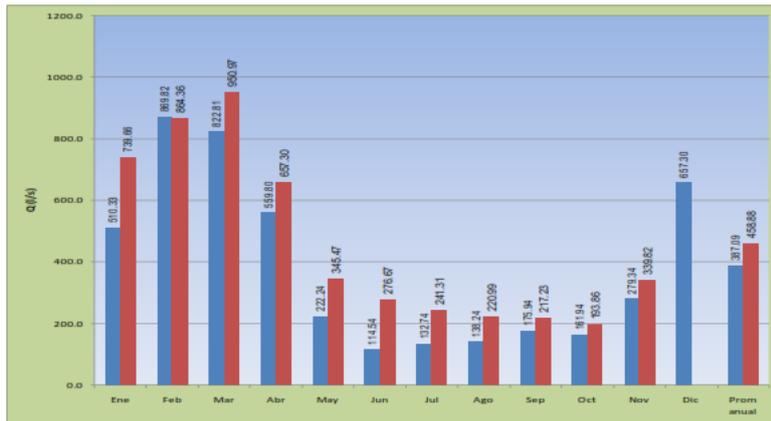


Fuente: Elaboración oficina servicios auxiliares.

4.1.1. Sistemas de Bombeo y Drenaje de Aguas Subterráneas y Meteóricas

En la mina de uchucchacua el nivel 4120 se constituye como el nivel de drenaje principal de la mina. A través del túnel Patón sale el agua a superficie. Por él discurren tanto el agua de bombeo de la parte baja de la mina, así como el agua que llega por gravedad. A la fecha se descarga por bombeo a este nivel 484 l/s. Se ha propuesto para la temporada de lluvias 2017-2018 bombear 1330 l/s al nivel 4120. Salvo el nivel 4360, al que se tiene instalado la descarga de un sistema de bombeo de emergencia de 80 l/s, por el resto de bocaminas se captan caudales pequeños de agua sólo por gravedad.

En la figura adjunta se observa el caudal promedio mensual 2018 medido en el EU-20. Este punto se encuentra a 1 km de la bocamina del túnel Patón.



Reporte de caudal de afluentes promedio de aguas medido en el UE-20 de la UP.2017-2018

4.1.2. Análisis de los Parámetros de cálculo del sistema de bombeo y drenaje

La capacidad de descarga por bombeo de la mina al nivel 4120 concebida para la temporada de lluvias 2017-2018, es de 1330 l/s, en la temporada de lluvias 2015 -2016 se bombearon 484 l/s. El caudal de agua que sale de la mina por la bocamina Patón es de 950 l/s como promedio mensual en la temporada de precipitaciones más alta, entre agua bombeada y agua que cae por gravedad.

Esta diferencia se explica debido a la existencia de un sistema escalonado de estaciones de bombeo que no permite que el agua que filtra en la zona más alta por debajo del nivel 4120 (nivel de drenaje) llegue hasta la profundización a fin de ahorrar energía en bombeo. Estas estaciones cuentan con más de una bomba, que no son usadas a su máxima capacidad o se mantienen en *stand by* debido al uso estacional que se les da o por razones de prevención. Existen asimismo picos diarios de bombeo mayores.

Estaciones de bombeo

El presente estudio se compone de dos tuberías de acero ASTM de 18" Ø en una longitud de 190 mts a instalarse en el Nv. 3970, RC 736 y en el sub nivel

del Nv. 4120 acceso a la RC 736 y de dos tuberías HDPE de 18” en una longitud de 250 mts.

En el Nv.4120 túnel Patón, instalación de cuatro bombas Goulds 3409 de 250 lts./seg cada una con sus respectivas válvulas de control de bombas, válvulas anticipadoras de onda.

Durante el año 2001, se han construido cuatro bases de concreto para la estabilización de las bombas Goulds 3409

La unidad Minera posee el sistema de bombeo para la mina que se realiza en estaciones principales, estaciones secundarias, y estaciones de avance. Así también existen pequeñas pozas de acumulación o represamiento de aguas. Que se construyen normalmente conjuntamente como se avanza la construcción en el avance de las rampas de profundización o se proyecta su construcción de las rampas.

Estaciones Principales:

Estos están ubicados en zonas de más alta represamiento o concentración de agua y por debajo de un nivel principal, luego de una evaluación por el Área de planeamiento con el área encargada de drenaje y bombeo. En su diseño se ha considerado dos o tres deslamadores, un tanque de agua tipo sifón, una cámara de bombeo con bombas estacionarias, una cámara para la acumulación de lama producto de la limpieza y una chimenea para la descarga del agua.

La Distancia desde el primer hasta el último deslamador se diseña con una gradiente de no más de 1%, con el único fin de no se pierda la capacidad de acumulación en los deslamadores ni en el tanque de sifoneo de agua.

Lo ideal es que los deslamadores deberían encontrarse en la misma cota. El volumen del tanque sifón debe ser tal que almacene suficiente cantidad de agua para que las bombas funcionen de manera continua y sin cavitación. Las bombas tienen distintas capacidades de bombeo, de acuerdo al caudal presentado durante la temporada de lluvias. A mayor capacidad de la bomba, mayor volumen del tanque sifón. Adicionalmente, a mayor capacidad de la bomba, el motor requerirá mayor potencia por lo que los intervalos entre el arranque y apagado debe ser mayor. Las bombas usadas son estacionarias. Las tuberías de succión y descarga tienen diámetros mayores a 10" para fines de conseguir un buen rendimiento del bombeo.

En Uchucchacua, se cuenta actualmente con dos estaciones principales ubicados en la mina Carmen nivel 4120 y mina Carmen nivel 3990.

Estaciones Secundarias

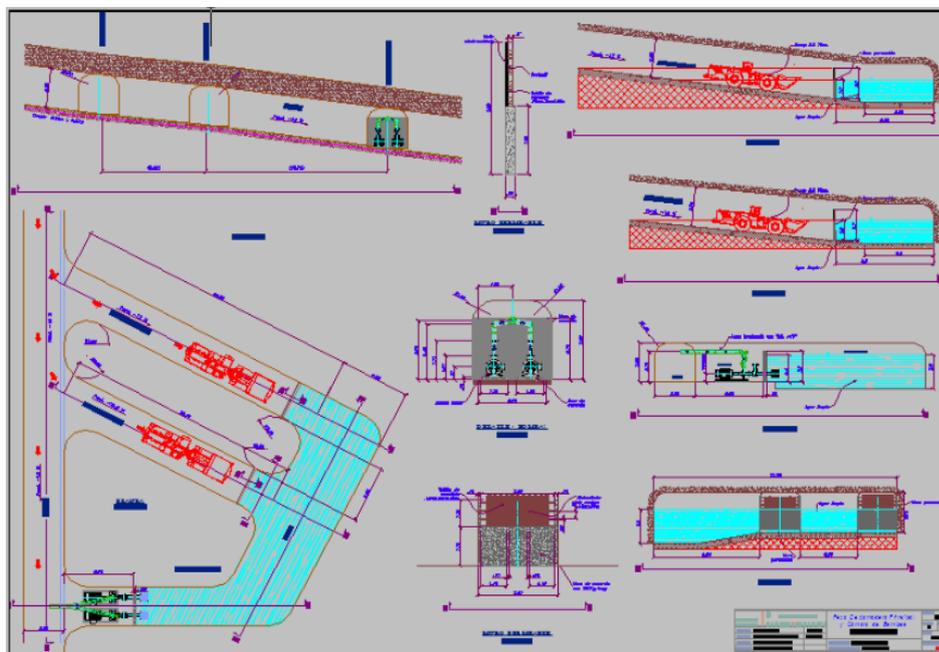
Se ubican en zonas de alta concentración de agua y por debajo de un nivel principal, luego de una evaluación por el área de Planeamiento con el área encargada de drenaje y bombeo. Su implementación a partir de cámaras existentes se ha iniciado en la mina Socorro por debajo del nivel 3990. Su diseño considera dos deslamadores, un tanque de agua, una cámara de bombeo con bombas estacionarias, una cámara para la acumulación de lama producto de la limpieza. La chimenea para la descarga es la misma de servicios y ventilación de la rampa. El tramo desde el primer hasta el último deslamador debe tener una gradiente de no más de 1% con el fin de no perder capacidad en los deslamadores ni en el tanque de agua. Idealmente, los deslamadores deberían encontrarse en la misma cota. El volumen del tanque debe almacenar suficiente cantidad de agua para que las bombas funcionen de

manera continua durante la temporada de lluvias. Las bombas usadas son estacionarias. Tienen distintas capacidades de bombeo. Las tuberías de succión y descarga tienen diámetros de 8" y 6". Se cuenta con estaciones secundarias en la mina Socorro en la rampa 626 nivel 3920, rampa 626-1 nivel 3920, Mina Carmen nivel 4360.

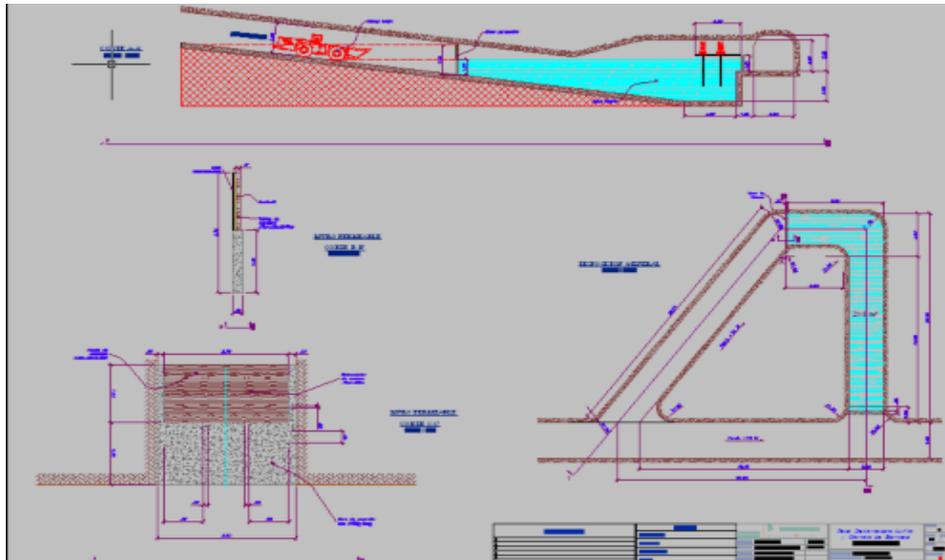
Estaciones de Avance

Se ubican por debajo del ingreso a cada nivel, en cada rampa de profundización, de preferencia en zonas con filtraciones de agua. El diseño de la excavación es de forma triangular, con sección 3.5 m x 3.5 m con un ingreso para cámara de deslame con gradiente -13% para la limpieza con equipo y un ingreso para cámara de bomba estacionaria con gradiente horizontal de por lo menos 7 m. Asimismo, cuentan con una cámara para limpieza próxima al deslamador.

Las bombas usadas, al estar cerca al avance son sumergibles, aunque se les prepara una losa y tuberías de succión del modelo estacionario para cuando se profundice. Las tuberías de succión y descarga tienen diámetros de 6" y 4" de diámetro. Se cuenta con estaciones secundarias en la mina Socorro a lo largo de las rampas 626 y 626-1.



Diseño de estación secundaria en uchucchacua-Fuente Planeamiento UP Mina



Estación de avance Fuente UP. Uchucchacua

Sistema de Bombeo

En Uchucchacua se usan tanto bombas estacionarias como sumergibles.

En la tabla que se adjunta veremos las bombas disponibles con las que cuenta actualmente la Unidad de Producción de Uchucchacua en ella se muestra las características técnicas principales de ellas.

Tipo	Marca	Modelo	Caudal nominal (l/s)	Altura nominal (m)	Potencia (HP)	Diámetro de tubería de descarga (pulgadas)
Estacionaria	GOULDS	3409	250	150	900	18
Estacionaria	GOULDS	3700 MA	80	160	250	10
Sumergible	FRANKLIN	HC 6410	80	170	250	8
Sumergible	TSURUMI	LH 6110	50	170	150	8
Sumergible	TSURUMI	LH 8110	108	107	150	8
Sumergible	TSURUMI	LH 645	50	103	50	6
Sumergible	GRINDEX	Maxi H	30	80	46	4
Sumergible	GRINDEX	Midi	21	70	17	2
Sumergible	GRINDEX	Matador	15	50	15	2
Sumergible	GRINDEX	Major	15	50	8.3	2

Bombas hidráulicas y sus características del interior mina UEP Uchucchacua

Fuente: Oficina de Mantenimiento.

Sistema de bombas en la mina Socorro Mina Uchucchacua

De acuerdo a los reportes del área de mantenimiento de la Unidad se tiene los siguientes cuadros donde se muestra las características y funciones operativas en los niveles correspondientes que a la fecha se cuenta.

BOMBAS EN LA MINA SOCORRO DEL NIVEL 3920 AL NIVEL 3990 EN ÉPOCA SECA, DE LLUVIAS Y CONTINGENCIA

BOMBAS QUE TRABAJARON EN INUNDACION MINA SOCORRO									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tubería (m)
3920	TSURUMI 08	LH 0110	50	170	35	285,6	70	3990	571
	TSURUMI 11	LH 0110	50	170	35		70	3990	571
	TSURUMI 13	LH 8110	108	107	75,6		70	3990	571
	TSURUMI 07	LH 045	50	103	35		70	3990	571
	TSURUMI 04	LH 045	50	103	35		70	3990	571
	MAXI 22	H	50	103	35		70	3990	571
	MAXI 20	H	50	103	35		70	3990	571
BOMBAS INSTALADAS ACTUALMENTE MINA SOCORRO									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tubería (m)
3920	TSURUMI 08	LH 0110	50	170	35	145,6	70	3990	571
	TSURUMI 13	LH 8110	108	107	75,6		70	3990	571
	TSURUMI 07	LH 045	50	103	35		70	3990	571
BOMBAS A INSTALARSE EN CONTINGENCIA MINA SOCORRO									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tubería (m)
3920	TSURUMI	LH 0110	50	170	35	331,8	70	3990	571
	TSURUMI	LH 8110	108	107	75,6		70	3990	571
	TSURUMI	LH 8110	108	107	75,6		70	3990	571
	TSURUMI	LH 045	50	103	35		70	3990	571
	TSURUMI	LH 8110	108	107	75,6		70	3990	571
	MAXI	H	50	103	35		70	3990	571

Fuente: Área de Mantenimiento Mecánico UEAU

**BOMBAS EN LA MINA SOCORRO DEL NIVEL 3990 AL NIVEL 4120 EN
ÉPOCA SECA, DE LLUVIAS Y CONTINGENCIA**

BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990 RMPA 626 GAL 422 RMPA 626-1	GOULDS 10	3700 MA	80	160	68	289	130	4120	214
	GOULDS 08	3700 MA	80	160	68		130	4120	214
	FRANKLIN 02	HC-6410	80	130	68		130	4120	214
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
	TSURUMI 12	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
BOMBAS INSTALADAS ACTUALMENTE MINA SOCORRO									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990 RMPA 626 GAL 422 RMPA 626-1	GOULDS 10	3700 MA	80	160	68	221	130	4120	214
	GOULDS 08	3700 MA	80	160	68		130	4120	214
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
	TSURUMI 12	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
BOMBAS A INSTALARSE EN CONTINGENCIA MINA SOCORRO									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL TOTAL (l/s)	ALTURA(m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990 RMPA 626 GAL 422 RMPA 626-1	GOULDS 10	3700 MA	80	160	68	374	130	4120	214
	GOULDS 08	3700 MA	80	160	68		130	4120	214
	FRANKLIN	HC-6410	80	170	68		130	4120	214
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
	TSURUMI 12	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
	TSURUMI	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214
	TSURUMI	LH 6110	50	170	42,5		130	4120	214

Fuente: Área de Mantenimiento Mecánico UEAU

Bombeo en la mina Carmen

En esta mina el bombeo se el agua se realiza en etapas por medio del pique y por la rampa 760. Con las características que se muestran en los cuadros adjuntos:

**BOMBAS EN LA MINA CARMEN DEL NIVEL 3990 AL NIVEL 4120
EN ÉPOCA SECA, DE LLUVIAS Y CONTINGENCIA**

BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA (m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990	TSURUMI 05	LH 6110	50	170	37,5	195	65	4055	
	GOULDS N° 4	3700	60	160	45		130	4120	715
	GOULDS N° 9	3700 MA	60	160	45		130	4120	715
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	37,5		130	4120	715
	GRINDEX 01	MAXI H	50	103	37,5		50	4040	
	GRINDEX 05	MAXI H	50	103	37,5		30	4020	
BOMBAS INSTALADAS ACTUALMENTE MINA CARMEN									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA (m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990	GOULDS N° 4	3700	60	160	45	120	130	4120	715
	GOULDS N° 9	3700 MA	60	160	45		130	4120	715
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	37,5		130	4120	715
	GRINDEX 01	MAXI H	50	103	37,5		50	4040	
BOMBAS A INSTALARSE EN CONTINGENCIA MINA CARMEN									
BOMBEA DE :	MARCA	MODELO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	ALTURA NOMINAL (m)	CAUDAL REAL INC PERDIDAS (l/s)	CAUDAL REAL TOTAL (l/s)	ALTURA (m)	A NIVEL :	Longitud Tuberia (m)
3990	GRINDEX	MAXI H	50	103	37,5	277,5	65	4055	
	GOULDS N° 4	3700	60	160	45		130	4120	715
	GOULDS N° 9	3700 MA	60	160	45		130	4120	715
	TSURUMI 09	LH 6110	50	170	37,5		130	4120	715
	GRINDEX 01	MAXI H	50	103	37,5		50	4040	
	GRINDEX 05	MAXI H	50	103	37,5		65	4055	
	TSURUMI	LH 6110	50	170	37,5		130	4120	715

Fuente: Área de Mantenimiento Mecánico UEAU

Resultados de la Mejora del sistema de Bombeo

Contar con una capacidad de drenaje de agua de 1000 l/s Del Nv 3990 al Nv 4120 en la mina Carmen.

Para cumplir con sus objetivos de ha realizado las siguientes acciones:

- Construcción de 4 bases de concreto para las bombas Goulds 3409
- Construcción de dos dados de concreto para el soporte del codo de acero ASTM de 18" Ø en el inicio de la RC 736 Nv. 3970
- Instalación de sets, descansos, instalación de anclaje de tuberías, instalación de dos tuberías de acero ASTM de 18" Ø en una longitud de 190 mts., desde la estación de bombeo hasta el Nv. 4120 por la RC 736.
- Instalación de 2 líneas de tubería ASTM de 18" Ø, en el subnivel desde la RC 736, hasta el Túnel Patón Nv. 4120.
- Instalación de 2 tuberías de succión ASTM de 24" Ø en una longitud de 50 mts.
- En el Nv. 4120 Túnel Patón se ha realizado la instalación de 54 soportes para la tubería HDPE de 18" Ø.
- Instalación y montaje de dos bombas Goulds 3409 con sus respectivas válvulas de control de bomba y anticipadoras de onda
- Construcción de seis dados de concreto para el soporte de las tuberías de succión y descarga.
- Construcción en concreto de las bases para los tableros de control de las bombas.
- Construcción de piso y revestimiento con concreto del sifón del sumidero del Nv 3970.
- Instalación de bandejas y cables eléctricos desde la Sub estación Nv. 4120 hasta la estación de bombas por la RC 736.
- Instalación de los tableros de control de las bombas.
- Arranque en vacío de dos motores de las bombas Goulds 3409 en la estación de bombeo Nv. 3970.

Las operaciones actualmente se encuentran en la cota 3840, es decir 280 m por debajo del nivel de drenaje 4120 y éstas profundizan cada día más.

Las principales reservas se encuentran en el nivel 3850 de la mina Socorro y es ésta una de las zonas más afectadas por el agua.

Por estos motivos y sin descartar el uso de técnicas modernas a partir de estudios hidrogeológicos para poder captar el agua de filtración con taladros largos desde zonas más altas, se planteó la necesidad del mejoramiento del sistema de bombeo de la mina Uchucchacua. Asimismo, se planteó la realización de trabajos complementarios para crear un circuito de bombeo que minimice costos de energía y provea suministro eléctrico suficiente para temporadas de alta demanda. El “Mejoramiento del sistema de bombeo de la mina Uchucchacua” incluye los siguientes trabajos:

1. Construcción de la estación de bombeo 3970 Mina Carmen con capacidad de 900 l/s.
2. Automatización de la estación de bombeo 3970 Mina Carmen.
3. Ampliación y construcción de cunetas en la integración de las minas Carmen y Socorro nivel 3990.
4. Trabajos complementarios para bombeo en las rampas 626 y 626-1, de la mina Socorro.
5. Adquisición de bombas para la temporada de lluvias.

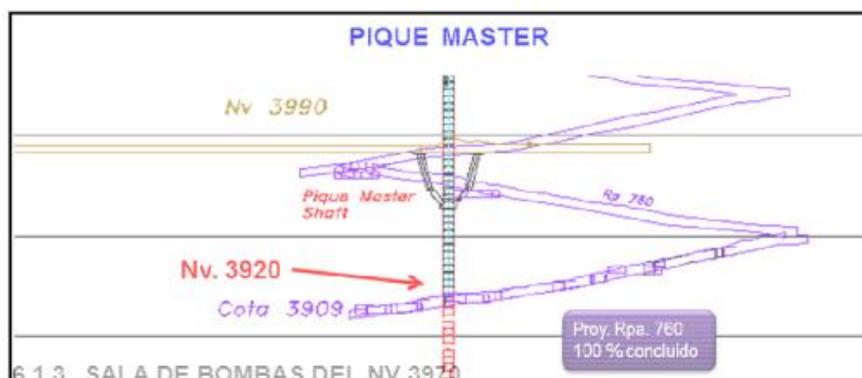
El “Mejoramiento del sistema de bombeo de la mina Uchucchacua” tiene como objetivo incrementar la capacidad de descarga de bombeo de 484 l/s hasta 1330 l/s en el nivel de drenaje 4120 entre las minas Carmen y Socorro para la temporada de lluvias 2017-2018, con el fin de garantizar la continuidad de nuestras operaciones durante el período de precipitaciones.

ESTACIÓN DE BOMBEO 3970- MINA CARMEN

La estación de bombeo 3970 Mina Carmen es una estación principal diseñada para bombear 900 l/s con una altura dinámica de 159.17 m, consta de una cámara de bombas, un tanque sifón, una chimenea de descarga *raise climber*, dos deslamadores y una cámara de limpieza.



Fuente: Planeamiento UMU - Montaje de 4 bombas Goulds de 900HP



Fuente: Planeamiento – Mina UMU Sala de Bombas

Alcances en la sala de Control (superficie)

- El sistema de automatización de la mina se integrará al sistema de supervisión (sala de control) mediante la red industrial *ethernet*, para ello se tenderá una red de fibra óptica en anillo.
- Los dispositivos de la red *ethernet* (*switch*) serán administrables y con capacidad para establecer una redundancia en anillo; los equipos de red

ethernet se instalarán en las zonas del nivel 4120 Carmen y en la sala de control.

- El sistema de supervisión será instalado en una sala de control, para monitorear el sistema de bombeo del nivel 3990 Carmen y los demás sistemas enlazados en las subestaciones del nivel 4120.

- Instalación de un servidor de aplicación y dos estaciones de trabajo, los cuales conformarán el sistema de supervisión distribuido compuesto por un servidor y dos clientes.

Alcances en el nivel 4120 Carmen

- Instalación de un tablero de control (PLCs) con procesadores y sistema de fuentes redundantes para el control de las dos subestaciones y el sistema de bombeo de la mina Carmen.

Diseño del Sumidero

En el Nv. 4120 la instalación de 36 soportes de 500 mts de tubería de HDPE de 18" Ø y la instalación de 500 mts de tubería HDPE de 18" Ø.

- Montaje e instalación de dos bombas Goulds 3409 con sus respectivas válvulas de control de bomba y anticipadoras de onda.

- Construcción de 4 dados de concreto para soportes de tuberías de succión y descarga

- Construcción del primer deslamador del sumidero.

- Puesta en operación de dos bombas en el mes de Noviembre del 2018 y de las otras dos bombas en el mes de Diciembre del 2018.

Asimismo, se han cumplido con:

- Instalación de un *switch* administrable para enlazar los procesadores con la sala de control mediante el cable de fibra óptica.

- Instalación de un *rack* remoto (módulo de entradas y salidas) compuesto en total de 32 entradas discretas en 220 VAC, 32 salidas discretas tipo *relé* y comunicación *Modbus*, sistema de fuentes redundantes. El *rack* remoto recibirá las señales de estado de las celdas y ordenará la apertura y cierre de las mismas, todo este enlace se realizará mediante entradas y salidas discretas.

- Enlace de los *relés* de protección MIFII, Multilin 745 y los medidores de energía Power Logic PM820 (con los que cuentan las celdas) al rack remoto mediante comunicación *Modbus*. Todos los equipos mencionados cuentan con este tipo de protocolo de comunicación.



Fuente: Unid. Planeamiento UMU -Instalación del sistema de tuberías Rc 736

REABILITACIÓN DE CUNETAS EN LA INTEGRACIÓN DE LAS MINAS CARMEN Y SOCORRO NIVEL 3990

El trabajo consistió en el ensanchamiento y el vaciado de la cuneta.

La gradiente de por sí es favorable. El ensanchamiento de la cuneta es desde una sección 0.30 m x 0.30 m hasta una sección de 1 m x 1 m con el fin de que el agua de la mina Socorro llegue hasta la mina Carmen.

Esta cuneta recibe agua de los sistemas de bombeo de las rampas 626, 626-1, así como de las operaciones que por gravedad desaguan en el nivel 3990. Se realizó un trabajo con el departamento topografía para definir zonas a profundizar y ampliar. Este trabajo se hizo en una longitud de 2.3 Km. Se marcó la rasante y se realizó voladura. La limpieza se realizó con equipo *Bobcat*. Se realizó un trabajo de obras civiles para dar el acabado, con concreto armado de resistencia 175Kg/cm² y fierro de ½” de espesor.

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS EN LA MINA SOCORRO

El sistema auxiliar en la mina Socorro consistió en la ejecución de deslamadores principales y chimeneas *raise climber* para llevar el agua hasta el nivel 3990, el cual por gravedad conecta mediante una cuneta al sistema principal de bombeo 3970 Carmen.

Rampa 626-1.- Ejecución de una chimenea *raise climber* de 141 m para llevar el agua del fondo de la rampa 626-1 hasta el nivel 3990, ampliación de poza de bombeo del nivel 3920 con el aumento inclusive de un deslamador, puesta en operación de una poza de bombeo de avance en el nivel 3880, habilitación de subestación eléctrica nivel 3880.

Rampa 626.- Ejecución de un *raise climber* de 2.1m x 2.1 m en el nivel 3920 que conecta tanto a los niveles 3990 y 4120, limpieza y ejecución de un segundo deslamador para la estación de bombeo secundaria 3920.

ADQUISICIÓN DE BOMBAS PARA LA TEMPORADA DE LLUVIAS

Se han adquirido bombas para la temporada de lluvias que se aproxima. Reemplazarán a bombas viejas y se sumarán a las ya existentes. Serán instaladas en la mina Socorro: 03 bombas Tsurumi LH 6110 y 02 bombas

Tsurumis 8110. Asimismo se han adquirido 04 bombas Goulds 3409 M para la nueva estación principal de bombeo 3970 Mina Carmen.

DISEÑO DEL PROYECTO ESTACIÓN DE BOMBEO 3970 MINA CARMEN

El diseño del proyecto ha considerado los siguientes aspectos:

1. Ubicación de la estación lo más cercanamente posible a la proyección del túnel Patón 4120 (drenaje de la mina).
2. Selección de equipo en base a la capacidad de bombeo requerido y altura dinámica.

Se basa en la teoría fundamental de la hidráulica se utiliza las siguientes definiciones:

a. Altura estática de succión o aspiración:

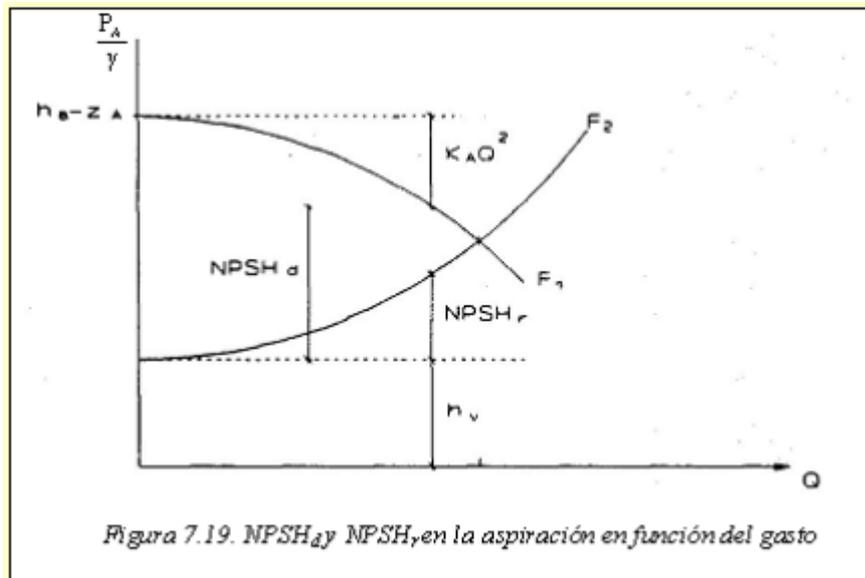
Corresponde a la diferencia entre la altura de la superficie del líquido a elevar y la altura del eje de la bomba.

b. Altura estática de descarga o impulsión:

Corresponde a la diferencia de niveles entre la altura del eje de la bomba y la cota piezométrica superior es decir el punto más elevado de la instalación.

c. Altura dinámica total de elevación:

Corresponde a la sumatoria de las alturas estáticas más las pérdidas de carga. Estas últimas están referenciadas principalmente a las pérdidas de carga por fricción en el sistema de tuberías y conexiones.



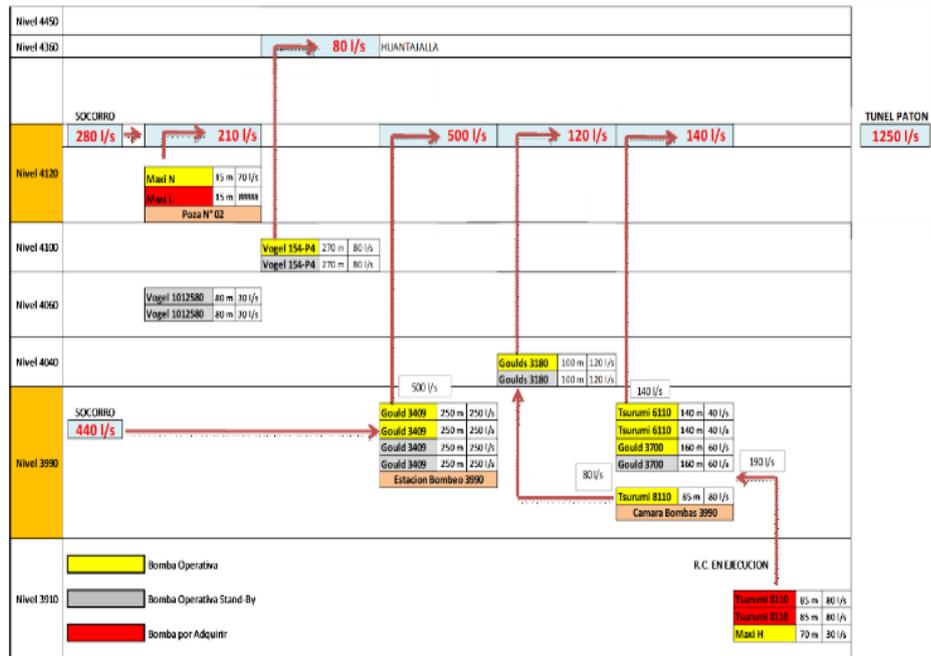
Altura Estática	=	Altura desde eje de succión hasta punto más alto de bombeo	+	Altura real de succión hasta eje de succión
	=	161.9 + (-5.2)		succión (+)
	=	156.7		

La **altura dinámica total** considera las pérdidas de la altura estática por fricción las Para el cálculo de la altura dinámica total se debe considerar la longitud equivalente por accesorios. La altura dinámica es 159.17 m. Sabemos que:

Altura dinámica total	=	Altura estática de descarga	+	Altura estática de succión	+	Pérdidas por fricción de tuberías y accesorios
	=	161.9	-	5.2	+	2.47
	=	159.17				

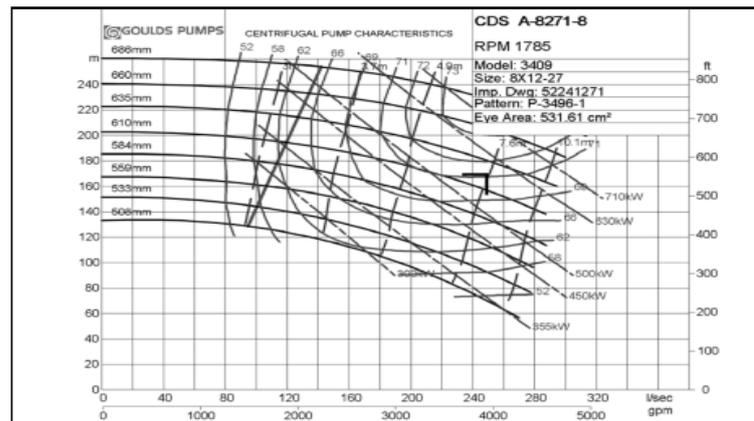
Esto nos indica que la estación de bombeo debe estar en la capacidad de bombear 730 l/s a una cabeza dinámica de 159.17 m. Esto con una, dos o más bombas.

PROYECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO CARMEN 2018



Fuente: Área de Mantenimiento UEAU

Identificación de accesorios requeridos.



Abaco usado para selección de bombas, Fuente: Mantenimiento UEAU

1. Tuberías de succión de 28" de diámetro SCH. 40
2. Codo tipo desarrollo de 28" de diámetro.

3. Reducción de 28" a 20 "de diámetro.
4. Purga de 8" de diámetro.
5. Vacuómetro.
6. Válvula mariposa de diámetro 20" – F012-K1
7. *Strainer* de 20" de diámetro.
8. Reducción ex. De 20" a 12" de diámetro – ASME36
9. Bomba Goulds 3409 M
10. Junta de expansión de 8" de diámetro – JEBWA
11. Alineador de caudal de 8" de diámetro.
12. Reducción de 14" a 8" de diámetro – ASME 36.
13. Válvula de control de caudal de 14" de diámetro – 770/U.
14. Fluviómetro de 14" de diámetro – STRAINS F-M
15. Válvula Mariposa de 14" de diámetro – F012--K1
16. Reducción de 18" a 14" de diámetro- ASME36
17. Válvula anticipadora Onda de 6" de diámetro – 735M
18. Brida tipo slip de 18" número 150 RF A-105
19. Sensores con tubo de ½" de diámetro.
20. Válvula mariposa de 6" de diámetro – F012--K1
21. Brida ciega tipo slip de 18" número 150 RF A-105
22. Tubería de descarga de 18" de diámetro SCH. 40

Algunos de estos accesorios pueden ser obviados dependiendo de la posición de las tuberías de succión y descarga. Adicionalmente el sistema.

4.1.3. Resultados de la Mejora del sistema de Bombeo

Al final de la instalación con la consiguiente evaluación de la línea de conducción y la instalación de las tres bombas enseriadas de 255 Hp de

potencia y 70 m de elevación cada una, se realizó la prueba hidráulica de funcionamiento.

4.1.4. Diseño del Sumidero

Los sumideros son los encargados de almacenar toda el agua que es recolectada y transportada por los diferentes canales ubicados en las diferentes áreas de corte. Se pueden dividir en tres grupos según su función:

Tipo 1: son los sumideros para el desagüe de los pisos de las palas que son de dimensiones reducidas para la ubicación de la bomba

Tipo 2: son los sumideros construidos cerca de paredes altas en niveles intermedios y superiores, se emplean para rebombeo o para torre-tanquero tiene una dimensión de 15 m x 15 m x 4 m.

Tipo 3: son sumideros construidos en el nivel inferior para sacar el agua del fondo del tajo. Tiene una dimensión de 40 m x 40 m x 7 m. se construye en forma de L con rampa interna de acceso.

4.1.5. Cálculo de Sobrepresiones Por Golpe de Ariete

Un golpe de ariete es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina "golpe de ariete" porque los aumentos repentinos de la presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría la tubería si se golpease con un martillo.

En instalaciones en pozo, el golpe de ariete se produce si

a) la válvula anti-retorno de la tubería descendente que sale de la bomba se instala a más de 9 m del nivel de agua,

b) la válvula anti-retorno instalada en la tubería descendente que sale de la bomba presenta fugas, y otra válvula anti-retorno instalada por encima funciona correctamente. En ambos casos se crea un vacío parcial en la tubería descendente.

La próxima vez que la bomba se ponga en marcha, el agua llenará el vacío a gran velocidad y empujará la válvula anti-retorno cerrada y la columna de agua acumulada en la tubería, causando un aumento repentino de la presión o golpe de ariete.

Este aumento repentino de la presión puede hacer estallar las tuberías, romper las uniones y causar daños a la bomba y/o el motor. Si se producen aumentos repentinos de la presión, desconecte el sistema y avise al instalador de la bomba para que resuelva el problema.

La estructura en la mina Uchucchcua, es de especial consideración y debe ser de concreto que soportará el golpe de ariete de la tubería de impulsión de una columna de agua de 171 m (S7). Dimensiones: 2.5 m x 2.5 m x 2.95 m (ancho x largo x alto) cada uno, con 1.2 m embebido en tierra.

La base está sujeta a la roca mediante 4 varillas de $\frac{3}{4}$ " de 1.2 m de profundidad (de los 2 m de longitud), que sirven como anclajes, para lo cual se utilizó el aditivo sika grout 212.

La estructura de acero está compuesta por una malla de fierro de $\frac{5}{8}$ ", espaciada a 0.20 m de manera transversal y longitudinal en forma de canastilla, que se coloca en la zona excavada.

El codo de la tubería de impulsión de 18" de diámetro que está embebido en el dado de concreto está forrado por una chaqueta de plancha rolada de fierro

de espesor 3/8". Entre la plancha y la tubería se utilizó neopreno como absorbedor de vibración.

Concreto armado con resistencia de 350 Kg/cm². Se utilizan aditivos acelerantes de fragua Chema struck y plastificante Rhebuild 1000, para obtener la resistencia indicada.

a). Válvula Automática Para Control de Bombas

Las válvulas de control de succión de bomba/control de bomba para pozo profundo es serie 61 están diseñadas para evitar aumentos bruscos de presión en las tuberías causados por el arranque y la detención de bombas para pozo profundo. Una válvula piloto de solenoide y válvulas independientes de control de flujo ajustable en el sistema piloto regulan las velocidades de apertura y cierre. Cuando la bomba está detenida, la válvula permanece en posición totalmente abierta.

Cuando la bomba arranca, la válvula de control de succión de bomba comienza a cerrarse lentamente, y descarga el aire y la carga inicial de arena y agua de la columna de la bomba hacia la atmósfera. A medida que la válvula se cierra, la salida de la bomba se desvía de forma gradual hacia la línea principal, lo que evita el desarrollo de un aumento brusco de presión.

En La Unidad de Uchucchacua, las válvulas de control de bomba son de series 125 y 126 de OCV, están diseñadas para eliminar efectivamente la sobrecarga asociada con el arranque y parada de la bomba. En interface eléctrica con el motor de la bomba, la válvula abre y cierra a una velocidad ajustable, proporcionando una transición cómoda y predecible de la presión y volumen de carga de la bomba en el sistema.

En la cámara de bombas se han instalado cuatro bombas Goulds 3409 M de 900 HP con capacidad nominal de 250 l/s cada una y cabeza de 170m. La succión de agua se realiza mediante dos tuberías de 28" de diámetro. La descarga es mediante dos tuberías de 18" de diámetro. El tanque sifón de agua fue diseñado con 900 m³ de capacidad.

La chimenea *raise climber* es de sección 2.1 m x 2.1 m, longitud 171 m, inclinación 70° consta de plataformas metálicas por donde pasan dos tuberías de descarga de 18" de diámetro hasta el nivel de drenaje 4120. Los deslamadores son dos y fueron diseñados con una capacidad de 1050 m³ Se considera una cámara de limpieza para lama.

b). Válvula Anticipadora de Onda

es una válvula que controla la súbita parada de la bomba es seguida por una caída de presión mientras la columna de agua, con su momento inherente, sigue desplazándose a lo largo de la línea y generando una grave baja presión. Cuando la columna de agua pierde momento, retorna en dirección a la bomba. Si la columna golpeará la válvula de retención cerrada, se crearía una onda perjudicial de muy alta presión que se desplazaría por el sistema a velocidades de hasta 4 Mach. Ninguna válvula de alivio puede reaccionar con la rapidez suficiente para eliminarla.

c). Válvula Ventosa

es una valvula que se utiliza en el sistema de bombas en Uchucchacua par que en caso de darse las condiciones para un golpe de ariete negativo (subpresión), la válvula reacciona rápidamente introduciendo un gran volumen de aire en el sistema para impedir este fenómeno y por consiguiente todos los golpes de ariete a lo largo de la tubería. El

componente de aire y vacío de la ventosa dinámica permanece normalmente cerrado mientras la tubería no está en funcionamiento, lo cual impide el acceso de impurezas e insectos al sistema de conducción de agua.

d), Filtro

En el sistema de bombas en la Unidad es usado Los filtros prensa de cámaras, son equipos mecánicos de deshidratación, que están compuestos de una cantidad variable de placas de filtración, del mismo tamaño, colocadas secuencialmente.

4.2. Presentación, Análisis e interpretación de Resultados

Para cumplir con los objetivos del sistema se han realizado trabajos relacionados con las bombas mediante las siguientes consideraciones técnicas:

Identificación de excavaciones necesarias.

Una estación de bombeo cuenta normalmente con: una cámara de bombas, un tanque de almacenamiento de agua, chimenea de descarga (hacia el nivel de drenaje), deslamadores y una cámara para limpieza. Se proyecta:

Una cámara de bombas lo suficientemente amplia para que ingresen todas las instalaciones mecánicas, metalmecánicas, eléctricas, obras civiles y servicios.

Un tanque de almacenamiento de agua lo suficientemente grande para que las bombas que se encuentren trabajando no paren por lo menos 15 minutos. El arranque es importante por la cantidad de energía suministrada en éste debido a la alta potencia de las bombas Goulds 3409 M.

Una chimenea de descarga raise climber de descarga de 171m con 71° de inclinación aproximada y 38m de subnivel adicionales hasta alcanzar el túnel Patón.

Dos deslamadores para realizar la limpieza de lama. Se sugirieron dos, de tal forma que mientras uno trabaja, el otro se pueda ir limpiando.

Una cámara para limpieza de lamas provenientes de los deslamadores.

Dimensionamiento de las excavaciones.

Instalaciones mecánicas: 04 Bombas Goulds 3409 M, 04 motores 5812 M, accesorios de las 04 bombas, tuberías de succión, tuberías de descarga, accesorios de tuberías de succión, accesorios de tuberías de descarga, puente grúa, bombas de retorno de agua.

Instalaciones metal mecánicas: pasarelas y escaleras, canaletas de alimentación para línea de 4.16 KV, puerta hermética.

Instalaciones eléctricas: 02 celdas de distribución de 4.16/ 0.46 / 0.23 KV, 04 arrancadores sólidos AES 04, cable eléctrico de 4.16 KV.

Obras civiles: bases para las bombas y motores, dados de soporte para tuberías de succión, dados de soporte para tuberías de descarga, cunetas, pozas de retorno, cunetas, muro de ingreso.

Otros servicios: tuberías de aire y agua, tuberías de retorno al tanque.

Se identifican como puntos críticos: la distribución de bombas, motores, tuberías y accesorios en las direcciones longitudinal y transversal a la succión de la bomba.

Finalmente se definen las dimensiones para una cámara de bombas de 11.75 m x 40 m x 6.5 m. (ancho x largo x altura).

Diseño de estructuras metalmecánicas.

Los trabajos metalmecánicos se pueden subdividir en:

Cámara de bombas

Los trabajos metalmecánicos consisten en pasarelas, empalmes de tuberías y puente grúa.

Chimenea de descarga *raise climber*

Los trabajos incluyen la instalación de plataformas con escaleras y la instalación de tuberías en la columna.

Plataformas metálicas. Se diseñaron plataformas metálicas de 2 m x 2.24 m espaciadas cada 5 m desde arriba hacia abajo. Cada plataforma consta de 02 compartimientos donde pasarán las tuberías de descarga de 18” de diámetro cada una, 02 compartimientos de camino y descanso, 03 compartimientos para servicios y cables eléctricos. Estas plataformas tienen compartimientos para la instalación de dos tubos de 18” de diámetro SCH 40 m. Poseen 3 agujeros de 1 ¼ “de diámetro por lado de la plataforma. Los pernos de roca de 1” de diámetro que son montados en por estos agujeros a la roca en el campo. Las parrillas son de material *grating* de platina ¾” x ¼” dentada y galvanizada. Sobre cada parrilla va montada una escalera metálica.

Instalación y soldadura de tuberías de descarga. - Se considera la instalación de tuberías de abajo hacia arriba, montándolas una encima de la otra desde la parte baja. Las tuberías van unidas con bridas tipo slip.

Deslamadores

Los trabajos metalmecánicos consisten en pasarelas para el desplazamiento de personal de mantenimiento sobre el nivel de espejo de agua o lama formados.

OBRAS CIVILES

Cámara de bombas

Los trabajos incluyen la construcción de 04 bases para bombas estacionarias, 10 soportes de concreto armado como soporte de las tuberías de succión e impulsión del sistema de bombeo, losa de concreto simple para el acabado del piso, cunetas para el sistema de drenaje. Se describen las obras civiles principales:

Cuatro bases para las bombas estacionarias.

Para anclar la bomba a la base se utilizan 10 pernos de anclaje (pernos de 1" con rosca de 3/4" empotrados a la base con una tubería guía de 1 1/2" SCH5). Son soldados a la canastilla a distancias especificadas para las bombas Goulds 3409 M. Concreto armado con resistencia a la compresión de 280 Kg/cm². Se utilizan aditivos acelerantes de fragua Chema struck y plastificante Rhebuild 1000, para obtener la resistencia indicada.

Base de concreto armado como soporte de las tuberías de succión y descarga del sistema de bombeo

La base está sujeta a la roca mediante 4 varillas de 3/4" de 1.2 m de profundidad (de los 2 m de longitud), que sirven como anclajes, para lo cual se utilizó el aditivo *sika grout 212*.

La estructura de acero está compuesta por una malla de fierro de 5/8", espaciada a 0.20 m de manera transversal y 0.25 m longitudinal en forma de canastilla, que se coloca en la zona excavada. Concreto armado con resistencia de 280 Kg/cm².

Chimenea de descarga *raise climber*

Los trabajos incluyen: 01 dado especial de concreto que soportará el golpe de ariete de la tubería de impulsión de una columna de agua de 171 m (S7).

Tanque sifón

Los trabajos incluyen: 02 placas de concreto armado para soportar el peso de almacenamiento de agua del sifón (500 m³ o 500 t de H₂O) y El vaso del sifón.

4.3. Prueba de Hipótesis

Prueba hidráulica La prueba hidráulica se desarrolló teniendo en cuenta que la presión el 50% mayor que la presión de trabajo con la finalidad de identificar posibles fugas por las uniones de tubería o en las bridas de las bombas.

Se realizó de la siguiente manera:

Objetivo: El objetivo de la prueba de presión hidráulica es comprobar que no hay fugas de agua en la línea y que las uniones de las tuberías y que las conexiones se realizaron en forma correcta. Procedimiento:

- Las uniones deben estar descubiertos para comprobar su hermeticidad.
- Las tuberías deben estar cubiertas a una altura mínima de 40 cm sobre la corona del tubo, para mantener la tubería en posición y evitar que la presión del agua la levante.
- Los anclajes deben estar construidos por lo menos tres días antes de la prueba.
- Los extremos del tramo a realizar la prueba hidráulica deben estar debidamente anclados, ya que en esos puntos el empuje es mayor.

Ejecución:

- Al llenar de agua una tubería vacía, una parte del aire que la ocupa puede quedar atrapada. Este aire, por su gran compresibilidad, puede ocasionar serios daños, aunque la presión de prueba sea baja. Por ello, el aire debe eliminarse mediante válvulas colocadas en los puntos más altos del tramo por probar
- El llenado de la tubería debe realizarse a baja presión (máximo 1 kg/cm² o 1 bar o 10 m.c.a) y baja velocidad (máxima 0,6 m/s), esto para eliminar el aire del sistema y detectar las posibles fugas graves en la instalación.
- Después de eliminar todo el aire, se procede a cerrar el suministro de agua (que normalmente es la bomba presurizadora del sistema).
- Se aplica la presión de la prueba hidráulica (1,5 veces la presión de nominal de la tubería).
- Durante los 15 minutos siguientes a la obtención de la presión de prueba, se debe observar si se presenta disminución en la lectura del manómetro y una vez

estabilizada, es recomendable esperar otros quince minutos para volver al valor deseado, en el caso que ha disminuido, el cual debe mantenerse por lo menos una hora continua.

→ Si no existen fugas y hay disminución en la presión, debe verificarse que el manómetro esté en buen estado y que no haya fallas en la bomba o en la válvula de retención.

→ De existir filtraciones se tiene que reparar las uniones y proceder con la realización de la prueba hidráulica para constatar la hermeticidad del sistema
Evaluación.

→ Luego de haber realizado la prueba hidráulica se observó que las uniones del sistema de bombeo no presentaron fugas de fluido, indicando que los accesorios y tuberías seleccionadas respondieron a las solicitudes de sobre presión.
Inmediatamente el sistema de bombeo entro en operación

4.3.1. Sumidero (deslamador de Tanque)

Para el sistema se han sugerido la construcción de dos deslamadores, de tal forma que mientras uno trabaja, el otro se pueda ir limpiando.

4.4. Discusión de Resultados

El sistema anterior como se comentó líneas arriba estaba conformado por tres bombas de 750 HP instaladas en paralelo con capacidad de 150 l/s cada una y para evacuar el agua de mina desde el nivel 3970 a superficie. El sistema diseñado actualmente cuenta con tres bombas enseriadas de 190 Kw (255 HP) cada una; las que han reemplazado a una bomba del sistema anterior para evacuar la misma cantidad de agua de mina, quedando la segunda bomba para emergencias y la tercera fuera de servicio. Reemplazar una de las tres bombas en paralelo de 750 HP cada una del sistema anterior, por un sistema de tres bombas de 189.79(Kw)

equivalente a (350 HP), cada una, pero instaladas en serie, es el resultado relevante del presente estudio.

El problema era elevar agua de mina 200 m de altura geodésica con un sistema de bombeo, porque el anterior sistema presentaba fallas para el funcionamiento continuo con las consiguientes perturbaciones en cuanto a facilidades para la explotación subterránea de minerales debido a las inundaciones de las zonas de trabajo.

Realizando el estudio y con la disponibilidad de la tecnología actualizada se logró reemplazar una bomba de las tres que estaban instaladas en paralelo, por tres bombas instaladas en serie pero de menor potencia y consumo de energía eléctrica. Para responder a la hipótesis no ha sido necesario realizar un proceso estadístico en particular, porque se trató solo de demostrar que un nuevo sistema diseñado mediante selección de sus elementos es más eficiente que un sistema en paralelo con tecnología muy limitada a lo que tenemos hoy en día.

El análisis de los datos arrojados es del tipo estadístico descriptivo. Para esto no se utilizó ningún tipo de programa estadístico porque era solo de observación de ante y después.

INTERPRETACIÓN La hipótesis planteada fue: Si se mejora el sistema de bombeo interior mina instalando tres bombas enseriadas, entonces se logrará una evacuación eficiente de las aguas subterráneas en Uchucchacua S.A.A. Del análisis de los resultados se afirma que la hipótesis fue directamente respondida al comparar lo eficiente que resultó reemplazar una de las tres bombas en paralelo por tres bombas de menor potencia y consumo de energía para cumplir el mismo cometido de evacuar el volumen de agua de mina de siempre.

El nuevo sistema alcanzo una disponibilidad de 96% mientras el anterior una disponibilidad de 74%.entonces se tiene una mejora del 22%.

Respecto el consumo de energía en el nuevo sistema en 24 horas es de 10600.83 kw-H, mientras en el anterior sistema es de 12940,87 kw-h. Entonces se tiene un ahorro de 18% de consumo de energía eléctrica.

CONCLUSIONES

- Ante el incremento de las demandas sobre las fuentes de agua y de energía, la sostenibilidad de las operaciones mineras requerirá de mayores esfuerzos para implementación de procesos de optimización y uso eficiente de los recursos.
- La optimización de los sistemas de bombeo representa una importante oportunidad para el ahorro de costos en el sector minero, debido al uso intensivo de energía requerido.
- Es necesario cerrar el ciclo de la instrumentación y el almacenamiento de información con el análisis, modelamiento de datos y el desarrollo modelos de optimización.
- La selección adecuada de bombas, de tuberías para el diseño de sistemas considerando caudales máximos y mínimos asegura una operación eficiente, buen estado de las bombas, accesorios y equipo eléctrico.
- El tanque de almacenamiento diseñado con 900 m³ era pequeño desde el diseño, se redujo aún más hasta los 500 m³ con las obras civiles y por una diferencia de cotas entre los deslamadores no considerada durante la etapa del diseño. Esto ocasionará paradas continuas de las bombas, sobre todo en época de bajas precipitaciones. El arranque continuo de bombas con alta potencia genera asimismo picos de alta demanda de energía, lo que ocasiona problemas eléctricos.
- El bombeo en época seca se realizará sólo con una o dos bombas.

RECOMENDACIONES

1. Las Rampas se deben Definir con gradientes de 1% en las zonas de los deslamadores para crear desniveles en el rebose y no disminuir la capacidad de sedimentación de lamas, así como el volumen del tanque sifón.
2. Considerar en el diseño la cota más baja entre los deslamadores existentes. Considerar la disminución de volumen de los ambientes de la estación de bombeo por obras civiles y cotas.
3. En la ejecución de la chimenea se incurrieron en 3 inflexiones, luego de lo cual se tuvieron que hacer desquinces. Esto retrasó el trabajo y no se logró alinear del todo. Por ser la descarga con tuberías de 18" el juego en la brida es delicado.
4. Control de la seguridad durante la instalación de tuberías y plataformas. Las presencias de espacios abiertos dejan la posibilidad para la caída del personal. Controlar el uso adecuado del equipo de protección anticaídas, así como barandas y puntos de anclaje en las plataformas, línea de vida en el avance para evitar la caída del personal.
5. Se debe considerar la longitud de las tuberías para el ingreso a la mina, la secuencia de ingreso, el equipo usado para sostener las tuberías, el radio de giro de los tubos, un trineo para deslizar las tuberías sin problemas.
6. Controlar en la cámara de bombeo el correcto desatado, sostenimiento preventivo y sostenimiento final de la excavación con shotcrete de 3". Una vez la excavación alcanza dimensiones grandes será difícil volver a sostener. Al ser labores permanentes, se requiere un sostenimiento adecuado. Durante el trabajo de obras civiles para la instalación de las bases de las bombas se tuvieron incidentes de chispeo. Para darle solución se tuvieron que instalar andamios y volver a sostener con shotcrete.
7. Durante la ejecución de obras civiles: considerar la disposición de equipos para el ingreso de materiales, herramientas y otros; una zona de almacenamiento de agregados

lo suficientemente amplia y una zona de preparación de concreto. Para la perforación para anclar mallas se requiere líneas de aire cada 5 metros y considerar varios equipos para no obstaculizarse con las mangueras

BIBLIOGRAFÍA

1. Y.A. Çengel e J.M. Cimbala. “Mecânica dos Fluidos-Fundamentos e Aplicações”. McGrawHill, 1ª Edição. São Paulo, Brasil. 2007.
2. R.W Fox, A.L. McDonald e P.J. Pritchard. “Introdução à Mecânica dos Fluidos”. LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Sexta edição. Rio de Janeiro, Brasil. 2006.
3. M.C. Potter e D.C. Wiggert. “Mecânica dos fluidos”. Pionera Thomson Learning. Traducción de la Tercera Edición Norte-americana. São Paulo, Brasil. 2004.
4. J.A.A. Sá Marques, J.O.O. Sousa. “Fórmula de Colebrook-White: Velha más actual. Soluções Explícitas”. Fecha de consulta: 8 de octubre de 2010. URL: <http://www.hidrotec.xpg.com.br/FormCole.htm>
5. O.M.H. Rodríguez. “Tópicos Avanzados em Mecânica de Fluidos: Modelagem de Escoamento Bifásico em Tubulações, Apostila SEM5872”. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, Brasil. 2008.
6. O.M.H. Rodríguez. “Mecânica dos Fluidos Disciplina de Pos-Graduação, Apostila SEM5749”. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, Brasil. 2008.
7. C. Mataix. “Mecánica de Fluidos y Máquinas hidráulicas”. Ediciones del Castillo. Segunda Edición. Madrid, España. 1986.
8. R.G. Allen. “Relating the Hazen-Williams and Darcy-Weisbach friction loss equations for pressurized irrigation”. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol. 12, Issue 6, pp. 685-693. 1996.

9. C.P. Liou. "Limitations and proper use of the Hazen-Williams Equation".
Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 124, Issue 9, pp. 951-954. September
1998.
10. Blanco E., Velarde S., Fernández J.1994. Sistemas de Bombeo. Área de
Mecánica de Fluidos, Universidad de Oviedo, España.
11. Manual de Hidrosta S.A. 1 994. Bombas de alta eficiencia. Avenida Portada
del Sol 722. Lima 36, Perú.
12. Viejo Zubicaray, Manuel. 2002. Bombas; Teoría, Diseño y Aplicaciones.
Ed. Limusa S.A. México.
13. Kenneth J. Mc Naughton, 1998. Bombas, selección, uso y mantenimiento.
Ed Mc Graw Hill. México.
14. FELIPE, DE LUCIO. (1972) Especificaciones para el relleno hidráulico.
15. CANDIA.M. (1972) El método de corte y relleno descendente en la Mina
Yauricocha.
15. CACERES, J. (1973) Relleno hidráulico en Quiruvilca
- 16.TUMIALÁN, JAIME. (1972) Uso del relleno hidráulico en la mina
Morococha.

ANEXOS



SUBESTACIÓN 4120 MINA CARMEN fuente Área Planeamiento UEAU

ACCESORIOS TUBERIA DE SUCCION EN LA ESTACION DE BOMBEO NIVEL 3970 MINA CARMEN

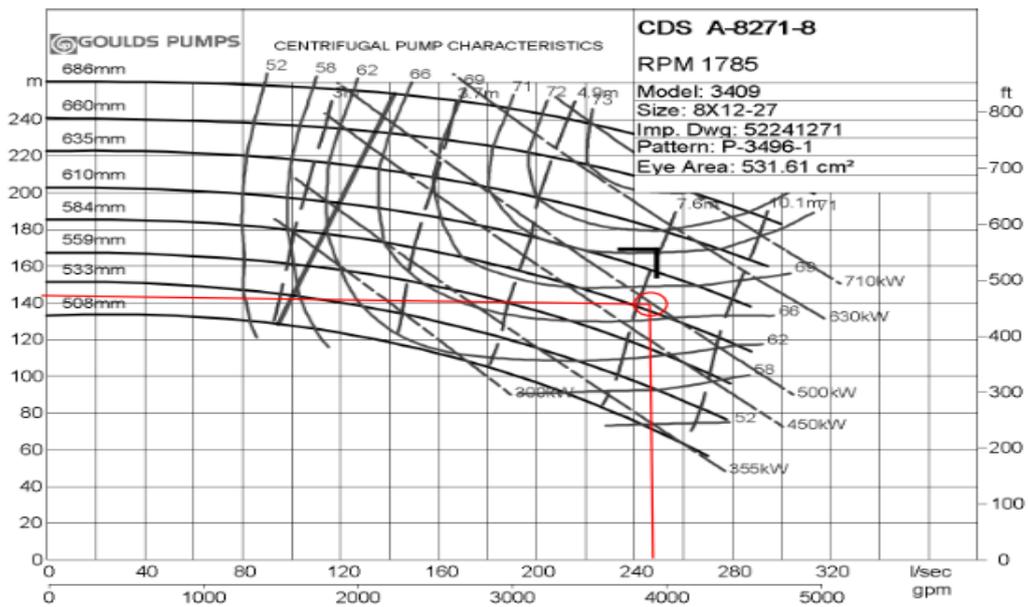


ACCESORIOS, BOMBAS, TABLEROS ELÉCTRICOS Y

**BANDEJAS INSTALADOS EN LA CÁMARA DE BOMBAS DE LA
ESTACIÓN DE BOMBEO NIVEL 3970 MINA CARMEN.**



DESLAMADORES Fuente Unidad de Planeamiento UEAU



Monograma para Determinación del tipo de bomba, Mantenimiento de la UEAU.

DIÁMETRO	DIÁMETRO INTERIOR	VELOCIDAD	REYNOLDS	COEF. DE FRICCIÓN
16"	381 mm	1,49 m/s	6,7 x 10 ⁵	0,0215
14"	333,4 mm	1,95 m/s	7,6 x 10 ⁵	0,0210
12"	303,2 mm	2,4 m/s	8,5 x 10 ⁵	0,0208

Cuadro para cálculo de la carga total de bombeo.

DIÁMETRO	DIÁMETRO INTERIOR	VELOCIDAD	REYNOLDS	COEF. DE FRICCIÓN
16"				
14"				
12"				

Coefficiente de pérdidas secundarias en accesorios de la succión.

ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K(t)
Canastilla de 14"				
Tubo entrante				
Válvula de compuerta de 14"				
Junta flexible de 14 "				
Reducción excéntrica de 14"-10"				

Matriz de consistencia

PROBLEMA	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
¿Cómo se optimiza el sistema de bombeo, en la mina Uchucchacua.	Independiente X: mejorar el Sistema de bombeo Dependiente Instalación del sistema de bombas en serie.	Hidráulica e Hidrología aplicada	Parámetros de un sistema de bombas NPSH Y NPSHo hidráulicos.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Entrevista al personal



El análisis de los datos arrojados del tipo estadístico descriptivo. Para esto no se utilizó ningún tipo de programa estadístico porque era solo de observación de ante y después. Para responder a la hipótesis no ha sido necesario realizar un proceso estadístico en particular, porque se trató solo de demostrar que un nuevo sistema diseñado mediante selección de sus elementos es más eficiente que un sistema en paralelo con tecnología muy limitada a lo que tenemos.

La prueba hidráulica se desarrolló teniendo en cuenta que la presión el 50% mayor que la presión de trabajo con la finalidad de identificar posibles fugas por las uniones de tubería o en las bridas de las bombas.