



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 717494

Visto el Informe N° 185-2024-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

N° 169-2024

## CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud del **Trabajo de Suficiencia Profesional** cuyo título es:

### **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UNIDAD MINERA JUSTA – MARCOBRE, MARCONA 2023**

Presentado por:


**VILLAROEL CHIPANA JOAN JOEL**

**BACHILLER** de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de DOS POR CIENTO (2%), por el cual se le otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 23 de Agosto del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. José Luis Donayre Pasache  
DIRECTOR DE UNIDAD

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



**Título:**

Mejoramiento del Sistema de Bombeo de la Unidad Minera Justa –  
Marcobre, Marcona 2023

**Línea de investigación:**

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

**INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Autor:**

VILLARROEL CHIPANA JOAN JOEL

**Ica, Perú**

**2023**

## **DEDICATORIA**

En primer agradecimiento es para Dios, darme sabiduría, fortaleza y paciencia en poder culminar una etapa de mi vida que, es haber culminado mi carrera profesional.

El segundo es dirigido a mis papas, ya que sin ellos sería imposible haber logrado, también quiero agradecer por los valores inculcados que han formado la persona que soy hoy, es por ese motivo que debo de expresar que este logro no es solamente mío, sino de mis padres también.

También agradecimiento a mi esposa, una persona que ha estado aconsejándome y dándome fuerzas para no desfallecer en este recorrido de mi carrera profesional.

Joan Joel

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA

RESUMEN

ABTRASCT

INTRODUCCION

### CAPITULO 1: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA

#### 1.1. Generalidades

- 1.1.1. Descripción de la Empresa
- 1.1.2. Misión, visión y valores
- 1.1.3. Grupo Económico
- 1.1.4. Comité de gerencia
- 1.1.5. Gestión comercial
- 1.1.6. Clientes
- 1.1.7. Organización y estructura económica

### CAPITULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL

#### 2.1. Descripción general de la experiencia

### CAPITULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL

#### 3.1. Marco institucional

- 3.1.1. Caudal de evacuación
- 3.1.2. Cálculo de carga total de bombeo
- 3.1.3. Selección de bombas
- 3.1.4. Selección de tubería

#### 3.2. Evaluación de resultados

- 3.2.1. Prueba hidráulica
- 3.2.2. Comparación del sistema de bombeo anterior con el diseñado.

### CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

#### 4.1. Análisis crítico de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo 01: Resumen nomenclatura de equipos e instrumentos

Anexo 02: Tiempos de funcionamiento tamiz rotatorio

Anexo 03: Registro fotográfico

## **RESUMEN**

El presente informe muestra el diseño de ingeniería y puesta en marcha de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales procurando mantener al mínimo los costes sin sacrificar la calidad de operación dentro de la empresa minera LA PODEROSA.

El diseño está basado en datos de entrada y salida esperadas en torno al dimensionamiento de cargas y selección adecuada de protecciones para determinar el tamaño de las bombas a utilizar, el tipo de arranque y la protección contra sobretensiones, altos picos de arranque, cortocircuitos o sobrecalentamientos que pudieran dañar la instalación. La instrumentación ha sido desarrollada teniendo en cuenta los requerimientos operativos de la planta, considerando todas las variables de muestreo.

**Palabras claves:** Automatization, minería.

## **ABSTRACT**

This report shows the engineering design and commissioning of a Wastewater Treatment Plant trying to keep costs to a minimum without sacrificing the quality of operation within the mining company LA PODEROSA.

The design is based on expected input and output data around load sizing and proper selection of protections to determine the size of the pumps to be used, the type of start-up and protection against overvoltages, high start-up peaks, short circuits or overheating. That could damage the installation. The instrumentation has been developed taking into account the operational requirements of the plant, considering all the sampling variables.

**Keywords:** Automation, mining.

## **INTRODUCCIÓN**

Las plantas de tratamiento de agua se encuentran entre procesos más importantes de la industria ya que debido a su impacto ambiental y social directo, es imperativo asegurar que sus etapas de implementación sean eficientes y lo más óptimas posibles.

La automatización industrial se ha convertido en las principales soluciones a una variedad de dificultades que se presentan en los procesos industriales; para el presente caso, el diseño e implementación de un sistema automatizado permitirá que, al usar variadores de frecuencia, los moto reductores de los agitadores se mantengan en un estado óptimo de operación, por el cual se garantice que el proceso se ejecute de manera confiable.

De igual manera, se requiere que exista un monitoreo en tiempo real del estado de las variables operacionales de los equipos de fuerza y de control del tablero donde se centraliza el control automático; de esta manera se puede transmitir información esencial del proceso para que los operarios determinen tareas y acciones a realizar para la correcta operación del sistema.

Teniendo en cuenta los alcances anteriores, el presente informe muestra la secuencia progresiva que se da en el proceso de automatización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la empresa minera LA PODEROSA S.A., el cual va desde el diseño de la ingeniería básica y de detalles de la planta hasta su integración final y puesta en servicio.

## **CAPITULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA**

### **1.1. Generalidades**

#### **1.1.1. Descripción de la empresa**

El 7 de noviembre de 1990, San Martín Contratistas Generales S.A. fue registrada como "Cía. Minera San Martín S.A." en el Notario Público de Lima, Dr. Jorge Velarde Sussoni. Está registrada en el Registro Mercantil de Lima bajo el Archivo No. 83040 y tiene un Certificado Electrónico Partida (Partida Electrónica) No 00450820. En el año 2007, la empresa cambió su nombre comercial a "San Martín Contratistas Generales S.A." y es el mismo que sigue utilizando en la actualidad. En el transcurso del tiempo, San Martín ha tenido un papel importante en la creación del proyecto. Desde el principio, nuestros creadores optaron por invertir en el desarrollo del Perú. San Martín ha logrado establecerse como una empresa líder en el sector a lo largo de los años, y trayectoria y satisfacción de los clientes respaldan esta afirmación. Desde nuestro inicio, han sido reconocidos por ser una organización excelente centrada en seguridad de los trabajadores, el respeto del medio ambiente y desarrollo del talento, lo que ha permitido crecer de manera sostenible dando solución integral a los clientes.

En esta década, han aumentado un 19,5%, algunos de los hitos importantes:

En 1990, San Martín fue empleado por Cementos Lima S.A.A., que ahora se conoce como Unión Andina de Cementos S.A.A. - UNACEM, para supervisar la operación de cantera de Atocongo. El desempeño de la cantera operada por San Martín llevó a Cementos Lima a extender contrato a las canteras Pucará y Tarma. Actualmente es el principal contratista de UNACEM, y viene trabajando durante más de 24 años.

En el año 2000, San Martín incrementó su participación en el mercado minero a través de contratos renovados con Compañía de Minas Buenaventura y Minera Yanacocha.

Con la presencia en el sector minero, San Martín obtuvo el primer contrato para extraer y desmonte de mineral de bajo grado contra Shougang Hierro Perú S.A.A. en 2002. Desde entonces, hemos estado trabajando con ellos de manera continua. En el año 2005, Gold Fields La Cima S.A. concede el servicio de explotación de canteras y minera para la mina Cerro Corona.

En el año 2007 emitimos nuestros primeros bonos privados en mercados globales por un valor de US\$ 14MM, con los cuales se invirtió en la flota de equipos mineros más potentes.

2009: Maple Energy Perú nos adjudicó el movimiento de tierras plataformado y masivo de 8,500 hectáreas como parte de nuestro plan de ampliar nuestra clientela.

En el año 2011, Freeport-McMoran nos contrató para construir la plataforma de lixiviación de 100 hectáreas para la mina Cerro Verde.

2012: Empresas ICA, S.A.B. de CV, viene a ser mayor constructora en México, en ventas, el cual es accionista de la empresa San Martín para fortalecer el área de Construcción e infraestructura del mercado mexicano y latinoamericano.

2013: Con el liderazgo del sector minero, hemos logrado garantizar numerosos nuevos proyectos, entre los que se destacan los acuerdos con Compañía de Minas Buenaventura S.A. en su mina Tantahuatay para la operación de la mina y la construcción de su primera Plataforma de Lixiviación: hemos obtenido la construcción del nuevo almacén de concentrado en el puerto de Ilo con Southern Peru Copper Corporation.

En la mina Cerro Verde, donde se construyen las losas de secado y las oficinas para su planta de tratamiento de aguas, seguimos adjudicándonos nuevos proyectos con Freeport-McMoran. Además, a través de su filial española, First Quantum en Sevilla, España, nos concedió nuestro primer proyecto internacional.

En el año 2015, Cementos Pacasmayo nos contrató para operar su cantera Virrilá en Piura. Además, se firma contrato con Compañía de Minas Buenaventura S.A. para el movimiento de tierra y obra civil, la construcción de estructura y equipamiento de la planta del proyecto Tambomayo. Además, firmamos un nuevo contrato para la planta de bolas de molino de Moly - Cop Adesur..

2016: Cementos Argos nos adjudicó nuestro primer contrato en Colombia para administrar sus canteras en Medellín. En Perú, hemos sido contratados por Yanacocha para construir la presa de arenas de molienda, la cual hemos construido en colaboración con la empresa local Ángeles. Además, firmamos el segundo acuerdo con Buenaventura para la edificación del depósito de relaves del Proyecto Tambomayo.

2018: Fuimos contratados por Minera Chinalco Perú S.A. para llevar a cabo el proyecto de expansión Toromocho. La obra de estabilización de taludes del tajo Santa Este han sido adjudicadas a Minera Los Quenuales. Para construcción de la rápida descarga de agua no contaminada, Minera Las Bambas S.A. hace contrato. La Compañía de Minas Buenaventura nos concede la tarea de construir una plataforma de lixiviación en Tantahuatay y la operación minera en La Zanja. Para la construcción de la plataforma de lixiviación fase 3B en Pucamarca, Minsur nos contrata. El desarrollo de la Mina 5 etapa III y del tajo noroeste ha

sido aprobado por EAS. Servicios de desarrollo, explotación minera y desarrollo, UNACEM renovó la confianza renovó contrato.

2019: El cambio de la moneda funcional de San Martín al dólar estadounidense fue aprobado en reunión extraordinaria del Consejo de Administración. La reorganización organizacional llevó a la creación de una sola unidad de negocio, la cual se encarga de las actividades de operación minera y construcción de infraestructura minera. La adopción del sistema integrado SAP se ha completado y se está llevando a cabo la transformación de procesos para asegurar la eficacia del proceso interno, la reestructuración de estrategia y calidad de servicio en beneficio del cliente. La certificación del Sistema de Gestión Antisoborno ISO 37001:2016 nos fue otorgada. En los proyectos de explotación minera, se implementó un sistema de despacho renovado, el cual nos permitió mejorar rendimiento de la flota principal y ayudar a lograr una productividad a bajo costo, trabajando de manera segura y sin tener un impacto negativo en el medio ambiente. El servicio de operación de la mina Fase 3 y 5 en el tajo Ferrobamba fue contratado por Minera Las Bambas S.A.C. Nos han asignado los servicios de operación minera en la unidad minera El Brocal de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., perteneciente al grupo Buenaventura. La empresa Minera Las Bambas S.A.C. nos otorga la tarea de construir la plataforma de la pila de mineral y la recuperación de minerales

Por el estado de emergencia decretado por el estado debido a la pandemia de Covid-19, nuestras operaciones fueron suspendidas de marzo a junio. En junio, comenzó la primera fase de recuperación económica. La reactivación de las operaciones alcanza un 85% al cierre del año 2020. En julio, la Junta General de Accionistas aprobó la capitalización total de US\$ 6MM. El contrato marco con Minera Shougang se extenderá hasta el año 2028 por un monto de US\$ 1,092MM, se acordó.

Para la construcción de la Fase 4 de la Plataforma de Lixiviación, Minera MINSUR nos contrató, para servicio de carguío y acarreo de desmonte y conformación en botadero, que es propiedad de Pan American Silver, fue firmado en 2021.

2022: En Sechura Piura, Cementos Pacasmayo S.A. otorgó explotación de la Cantera Virrilá por un año. Además, renovamos el acuerdo de explotación de la Cantera Tembladera por 5 años. Shougang Hierro Peru S.A.A. asignó la operación de sus minas 5 y 9-10 por un valor de US\$ 180MM y US\$ 290MM.

### 1.1.2 Misión, Visión y Valores,

#### **MISIÓN**

Para crear valor para clientes, accionistas, colaboradores y sociedad, ofrecemos soluciones en la construcción, la operación minera y la infraestructura.

#### **VISIÓN**

Ser reconocidos como socio estratégico de nuestros clientes en el mercado iberoamericano

#### **VALORES**

<b>Excelencia</b>	Lograr los objetivos mediante la gestión eficiente de los recursos.
<b>Sustentabilidad</b>	Actuar en armonía con el medio ambiente y las comunidades de la zona de influencia, así como promover la seguridad y cuidar la salud de los colaboradores.
<b>Integridad</b>	Actuar siempre de forma ética y transparente.
<b>Innovación</b>	Fomentar una cultura de mejora continua y el desarrollo de nuevas soluciones.
<b>Trabajo en equipo</b>	Trabajar de forma coordinada sobre la base de relaciones de confianza y con un objetivo común.
<b>Orientación al cliente</b>	Trabajar de forma coordinada sobre la base de relaciones de confianza y con un objetivo común.

### 1.1.3 Grupo económico

El grupo empresarial es conformado por estas empresas:



#### 1.1.4 Comité de Gerencia

Los planes de cada área son administrados y llevados a cabo por las Gerencias funcionales y generales. Adicionalmente, analiza el cumplimiento de las políticas y procedimiento, la contabilidad, control financiero y no financiero, la corrupción, el soborno, lavado de activo y financiamiento del terrorismo, como la aplicación de gestión de riesgos. Se cree que son responsables de aplicación, mantenimiento del control interno.

#### 1.1.5 Gestión comercial

De acuerdo al lineamiento establecido del planeamiento estratégico de la empresa, realizamos proceso continuo de recopilación de información del mercado en el campo de la gestión comercial. Los medios escritos, base de dato de proyecto y relaciones con proveedores, cliente y cualquier persona relacionada con sector de interés son recursos para la recopilación de información.

El levantamiento del estado de proyectos mineros y oportunidades para la empresa se llevó a cabo principalmente de manera virtual el año 2021. Además, continuaremos enfocándonos en mantener nuestras operaciones actuales y fortalecer relaciones comerciales con clientes. Las reuniones y eventos presenciales del sector minero se reanudarán en el año 2022. Esto permitió mantener nuestra presencia y relaciones en el sector. Además, continuaremos con la recopilación de información sobre el estado de los proyectos mineros y el plazo que cada uno de ellos maneja. Además, continuamos trabajando en fortalecer

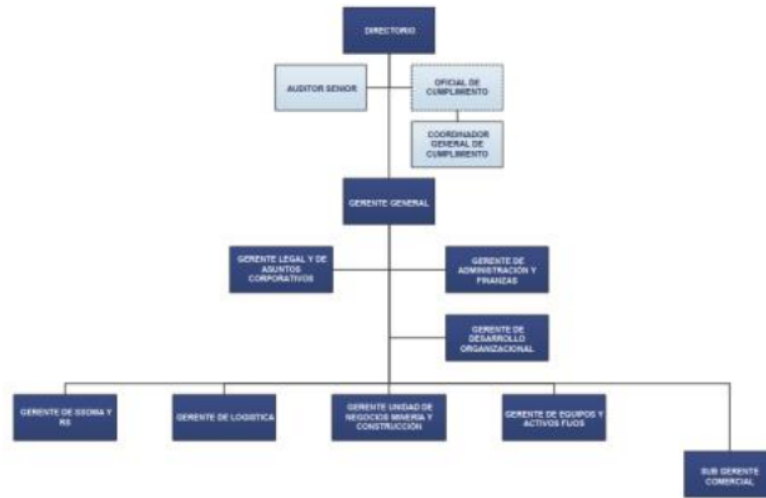
relaciones con clientes mediante la renovación de contratos nuevos y la implementación de proyectos en operaciones en las que ya estábamos establecidos.

### 1.1.6 Clientes

Entre nuestros clientes se encuentran destacadas compañías mineras nacionales y multinacionales, tales como: Shougang Hierro Perú, Unión Andina de Cementos – UNACEM, Cementos Pacasmayo, First Quantum Minerals y Compañía de Minas Buenaventura.

 UNACEM CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES		 BUENAVENTURA
26 años	21 años	13 años
 GLENCORE	 PACASHAYO	 minisun
6 años	8 años	11 años
 Miski Mayo	 CMA COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.	 ARGOS   
0.3 años	6 años	7 años

### 1.1.7 Organización y estructura orgánica



## CAPITULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL

### 2.1. Descripción general de la experiencia

Me desempeño como bachiller en ingeniería electrónica, especializado en automatización, instrumentación y control de proceso del desarrollo de ingeniería y construcción para el sector minero y la industria en general, participando en proyectos EPC, estudios de factibilidad, ingenierías conceptuales, básicas y de detalle, con experiencia en la disciplina de Electricidad, Instrumentación y Control del desarrollo de proyectos de ingeniería del sector minero e industrial. Asimismo, cuento con conocimientos como supervisor electricista, instrumentista en construcción, levantamiento de punch list, costos y valorizaciones, levantamiento de observaciones de planos (Red Line - As Built), compra de materiales y equipos del área de Electricidad & Instrumentación; también tengo la habilidad para promover y gestionar el cambio, así como la capacidad en anticipar y solucionar problemas. Me considero responsable en el cumplimiento de los objetivos y amplio criterio para realizar trabajos bajo presión y en equipo. Poseo hábitos por el aprendizaje, innovación y mejora continua.

Mi trayectoria de forma general se describe a continuación:

- Ingeniero De Instrumentación, actualmente Empresa de la transnacional “Skion Water”, con 24 años de experiencia especializada en ingeniería, construcción, instrumentación y automatización de Plantas de Tratamiento de Agua en compañías mineras e industriales Responsable del desarrollo de ingeniería y puesta en proyectos EPC. Entre mis principales funciones detallo las siguientes:
  - a) Encargado de revisión de ingeniería propuesta por nuestros clientes.
  - b) Encargado del área de procura para el suministro de los equipos eléctricos e instrumentación del proyecto.
  - c) Elaboración de precios unitarios, valorizaciones para costos y presupuestos.
  - d) Revisión de Cronograma de entrega de áreas.
  - e) Supervisión de construcción de E&I.
  - f) Definiciones de planos Red Line en campo y elaboración de planos As built en cierre de áreas.
  - g) Encargado de Precom, comisionamiento y puesta en marcha en el área de E&I.
  - h) Dimensionamiento de tableros de fuerza, cuadro de cargas, diagrama unifilar eléctrico y P&ID
  - i) Dimensionamiento de tableros de control, filosofía de control y cuadro de entrada y salida
  - j) Generación de hoja de datos de los instrumentos de campo, sensores de nivel, flujo, presión, caudal, temperatura, densidad y análisis

- k) Generación de hoja de datos de válvulas, neumáticas, hidráulicas, electroválvulas, válvulas proporcionales, solenoide y dardo. ○ Especificaciones y dimensionamiento de lógica de control PLC, variadores de velocidad y soluciones de automatización.
- l) Conocimiento completo de la instrumentación y equipos de control de las principales marcas del mercado SIEMENS, E+H, SCHNEIDER, ABB, OMRON, VEGA AMERICAS, KROHNE, CIDRA MINERALS, EMERSON, YOKOGAWA, ALLEN-BRADLEY, FESTO, METSO, KOBOLD, WIKA, EATON, ETC.
- Ingeniero Especialista I JJC CONTRATISTAS GENERALES – MINERA ANGLO AMERICAN PERU Proyecto Presa de agua de Contacto CCR 146C – Quellaveco, Moquegua entre enero 2021 y octubre 2021. Entre mis principales funciones describo las siguientes:
  - a) Brindar asistencia y/o asesoramiento especializado a las jefaturas de obra u OP, que requieren un enfoque o ejecución especializada, pudiendo ser en campos específicos tales como: Electricidad, instrumentación, sistemas neumáticos, hidráulicos, mecánicos u otros de similar especificidad. - Realizar los estudios y/o trabajos especializados, que sea necesario del desarrollo de proyecto, de acuerdo a su especialidad.
  - b) Representar a la empresa y emitir opiniones, como especialista, ante entidades públicas y/o privadas, dueñas del proyecto.
  - c) Capacitar, retroalimentar y dar asesoramiento en su campo especializado, cuando sea el caso, a los profesionales de la Gerencia de Ingeniería y Comercial, en los Proyectos de Obra que elabora y ofertas que presenta la empresa.
  - d) Asegurar actividades de su especialidad se ejecuten de acuerdo al Plan de Calidad de obra y plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio ambiente, enmarcados en legislación nacional vigente y procedimientos de gestión de la empresa; así mismo participar en capacitaciones y entrenamientos que sean convocados.
  - e) Hacer cumplir el PSST a todos los trabajadores a su cargo, difundiendo la filosofía de SST, igualmente las ATS y perfeccionando los niveles de protección existentes, hace participar a todos los trabajadores como supervisores de seguridad de sus compañeros de trabajo. Cumple y participa activamente con el programa de inspecciones de SST.
  - f) Cumplir y hacer cumplir la legislación nacional vigente transmitida en procedimientos de la empresa en materia de SST, asignar tareas a los trabajadores de acuerdo a sus capacidades cognitivas y físicas, inspecciona y verifica el cumplimiento de las medidas de SST.
- Líder Instrumentista MANTENIMIENTO E INGENIERIA INDUSTRIAL MAININ – MINERA CHINALCO PERU Proyecto expansión Toromocho comisionamiento &

arranque – Junín desde Febrero 2020 hasta octubre 2020. Entre mis funciones encomendadas describo las siguientes

- a) Comisionamiento apron feeders: Interruptores tipo nuclear marca E+H tolva de ingreso a feeders, tilt switch conveyor chute de descarga, tablero RIO.
  - b) Comisionamiento faja de transferencia N° 11: sensores de temperatura, interruptor de ruptura de faja, pull cord, sensores de desalineamiento, sensor speed, balanzas, sensor de temperatura, tilt switch.
  - c) Comisionamiento faja de transferencia N° 12, 13 y 16: sensores de temperatura, interruptor de ruptura de faja, pull cord, sensores de desalineamiento, sensor speed y tilt switch.
  - d) Comisionamiento faja de transferencia N° 14: sensores de temperatura, interruptor de ruptura de faja, pull cord, sensores de desalineamiento, sensor speed y tilt switch.
  - e) Comisionamiento faja de transferencia N° 15: sensores de temperatura, interruptor de ruptura de faja, pull cord, sensores de desalineamiento, sensor speed, balanzas, tilt switch.
  - f) Comisionamiento Molinos SAG y Bolas: válvulas neumáticas, sensores de temperatura, electroválvulas, flujómetros electromagnéticos, sensores de temperatura y sensores de nivel.
  - g) Comisionamiento nido de ciclones: sistema neumático, válvulas de apertura de ciclones, sensores inductivos, flujómetro de principio sonar de la marca CIDRA MINERALS, densímetro nuclear E+H, válvula de apertura sampling y sensores de análisis PH.
  - h) Comisionamiento flotación: Sensores de nivel por ultrasonido VEGA, flujómetros de ingreso de aire E+H, switch de flujo sistema de lubricación de motores de celdas, sensores de análisis PH, válvulas dardo METSO, válvula neumática, sensores de vibración y temperatura en las blower, válvula motorizada y el módulo rio en flotación blower.
  - i) Comisionamiento espesadores: sensores de flujo magnético, densímetros nucleares, válvulas neumáticas, sensores inductivos, sensores de vibración y temperatura, sensor de nivel del sistema automática en sumideros, sensores de análisis turbidez.   ○  
Comisionamiento planta de reactivos: flujómetro electromagnético, temperatura y presión
  - j) Llenado de protocolos de comisionamiento y ejecución de las ordenes de trabajo por turno
- Ingeniero de control y automatización industrial PROCESS CONTROL S.A. desde Marzo 2018 hasta Enero 2020, cumpliendo las siguientes funciones:

- a) Responsable de la integración y desarrollo de proyectos entre sistemas automatizados OMRON AUTOMATION y sistemas de instrumentación y robótica industrial de marcas KUKA ROBOTICS, VEGA, KROHNE, KOBOLD, SCHNEIDER ELECTRIC, CIDRA MINERALSPROCESSING, entre otros.
  - o Asesoramiento técnico – comercial en instrumentación, controladores Lógicos Programables, Robótica Industrial y Seguridad Instrumentada en las marcas VEGA AMERICAS, KROHNE PERU, CIDRA MINERALS, UNITED ELECTRIC, E+H, KUKA, para mejora en tiempos de producción en compañías del sector industrial de nuestro país.
- b) Coordinación con el equipo de ventas, staff interno y staff regional OMRON, VEGA, KROHNE, CIDRA para la integración de nuevos proyectos e introducción de nueva tecnología al área de automatización industrial y seguridad instrumentada.
- c) Manejo de redes de campo: Hart, Modbus, Ethernet IP, EtherCat.
  - o Portafolio de productos a cargo: Sensores de nivel, flujo, presión, temperatura, análisis, densidad, PLC's, HMI's, Variadores de Velocidad, Servomotores, Sistemas de Visión, Sistemas Safety, Software de Supervisión, Controladores de Temperatura, Controladores de Procesos y Sistemas Electrónicos en general.
- Ingeniero De Instrumentación PROCESS CONTROL S.A. desde Julio 2015 hasta Febrero 2018, teniendo las siguientes funciones:
  - a) Configuración y puesta en marcha de sensores de nivel tecnología radar y ultrasonido (Marca: VEGA, ENDRESS + HAUSER, SIEMENS)
  - b) Configuración y puesta en marcha de sensores de caudal másico y electromagnético (Marcas: KROHNE, SIEMENS)
  - c) Configuración y puesta en marcha de sensores de presión (Marcas: UNITED ELECTRIC, ASHCROFT Y YOKOGAWA)
    - o Configuración y puesta en marcha de sensores de la marca KOBOLD - Comisionamiento de flujómetros, sensores de nivel, temperatura y presión en nuestras marcas KROHNE, CIDRA MINERALS, UE, VEGA AMERICAS de nuestros clientes mineros.
  - d) Configuración y puesta en marcha de controladores lógicos programables y pantallas HMI (Marca: OMRON ELECTRONIC, SCHNEIDER ELECTRIC)
- Supervisor de seguridad electrónica JBHR SAC desde marzo 2015 hasta Junio 2015 cumpliendo las siguientes responsabilidades:
  - a) Responsable en su totalidad de todas las salas y personal a cargo.
  - b) Supervisor de mantenimiento de sistemas de seguridad CCTV.
  - c) Supervisor del sistema de enlace online de todas las salas con los servidores del MINCETUR.

- d) Supervisión de las instalaciones eléctricas de todas las salas
- Ingeniero de seguridad electrónica TS TECNOLOGIA Y SOLUCIONES EIRL desde noviembre 2014 hasta febrero 2015, teniendo las siguientes responsabilidades:
  - a) Instalación integral de sistemas de video vigilancia CCTV.
  - b) Configuración y puesta en marcha de sistemas de seguridad, monitoreo local y remoto, acceso remoto por dirección IP.
  - c) Mantenimiento y soporte de sistemas de seguridad del cliente
  - d) Planeamiento en los trabajos a realizar.
- Ingeniero electrónico Junior SUN INVERSIONES S.A desde mayo 2014 hasta Octubre 2014, cumpliendo las siguientes responsabilidades:
  - a) Supervisión y verificación de funcionamiento de las maquinas por sala - Soporte al sistema informático online con el MINCETUR.
  - b) Verificación y mantenimiento del sistema de seguridad cámaras y sistemas de alarma
  - c) Mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas
  - d) Coordinación con el supervisor de turno para los trabajos de turno

## CAPITULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL

### 3.1. Marco institucional

Después de desarrollar la técnica de investigación, recolectaron datos estadísticos sobre el sistema de bombeo de agua subterránea, que se detalla:

➤ **Cámara de sedimentación.**

Del nivel 1020 bajo superficie se encuentran 2 cámaras de sedimentación, cada una con una capacidad de almacenamiento de 1000 m<sup>3</sup>. Contar con dos pozos de sedimentación es necesario debido a que se requieren limpiezas alternas de lodo y materiales extraños. Cada 4x25x10 tiene una dimensión de metros. El agua almacenada contiene agua, materiales extraños, gramix, lodos y shokcret. La cámara recibe agua a través de cunetas que provienen de zona de profundización.

➤ **Cámara principal (pozo de succión)**

Por rebose, obtenga el agua filtrada de cámara de sedimentación. Está a 4.212 metros por encima del eje de la bomba.

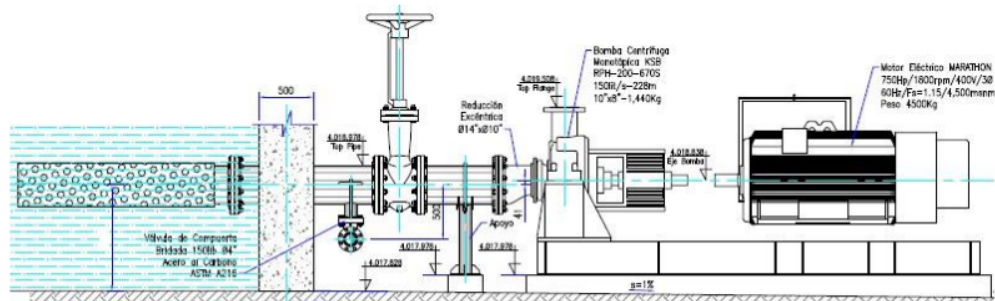
➤ **Sistema de bombeo.**

Cada una de las 3 bombas estacionarias centrífugas RPH 200-670 y 750 HP del sistema anterior, ocupaba de evacuar el agua del nivel 820 al 1020. Cada bomba producía 150 l/s. El voltaje de 4 160 voltios proviene de la subestación y llega al tablero principal, donde cada bomba recibe energía desde allí. La bomba consumía en promedio 90 amperios de corriente. La función de contingencia era desempeñada por tres bombas Hidrostral instaladas en paralelo.

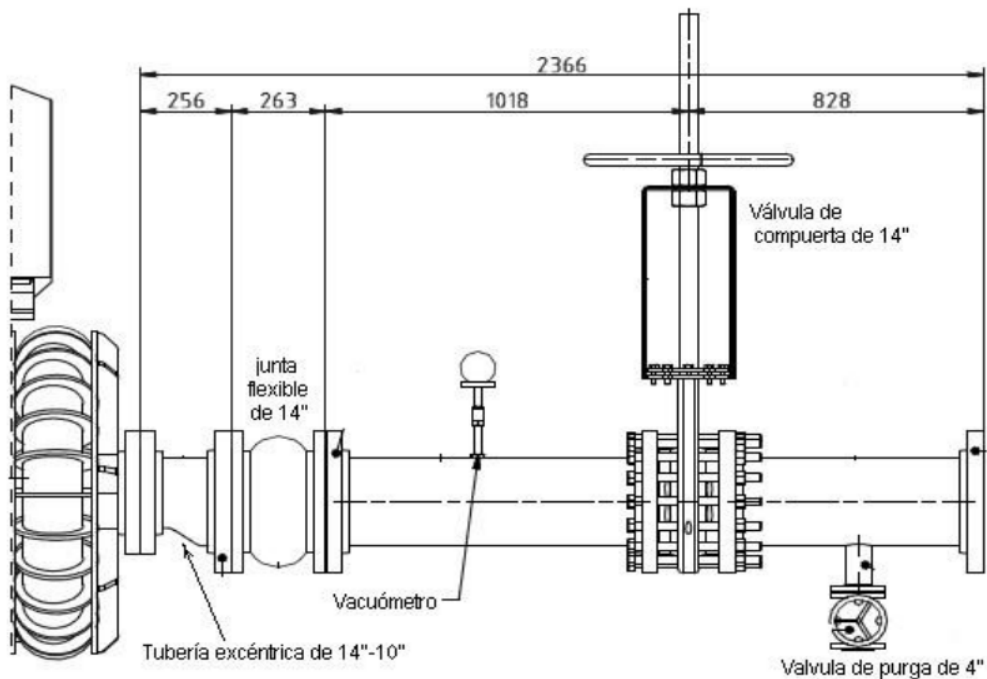
El sistema nuevo incorpora 3 bombas de 255 HP enseriadas. Estas bombas sustituyen a la bomba RPH No 1 del anterior sistema; sin embargo, la RPH No 3 está fuera de servicio, solo para mantenimiento programado o cualquier necesidad eventual. Las tres bombas Hidrostral continúan con su plan de contingencia.

➤ **Tubería de succión positiva.**

La tubería cedula 40 de 14 pulg. de diámetro y accesorio, que se muestra en la figura, formaban parte del sistema anterior. La reducción excéntrica es de 14 a 10 pulgadas debido al diámetro de entrada de la bomba de 10”.



Para las bombas enseriadas, el sistema de bombeo tiene una succión única. La figura muestran los detalles de los accesorios.



➤ **Línea de tuberías de impulsión.**

En el NV\_820 (Cuneta) se cuenta tubería de impulsión de 250 metros del final de tubería de concentración hasta la descarga. A de considerar la adicional tubería con accesorio desde la bomba a la tubería de concentración, tanto para el sistema de bombeo anterior como para el nuevo.

➤ **Punto de descarga**

Está a un nivel 820 y de forma directa al canal abierto de sección rectangular

**3.1.1 Caudal de evacuación.**

El caudal de 170 l/s ha va ser evacuado dentro de 24 horas del día, para, evitarse inconveniente del proceso de extraer mineral.

**3.1.2 Cálculo de la carga total de bombeo ( $H_{DIN}$ )**

La carga de bombeo total va determinarse tomando la altura geodésica, pérdida por fricción, pérdida por accesorio.

**Cálculo de carga por fricción.**

Cálculo del número de Reynolds y rugosidad relativa:

Se tiene:

$$Q = 170 \text{ l/s}$$

$$S.G. = 1,15$$

$$\rho = 1148 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 10^\circ\text{C por tabla.}$$

$$\mu = 9,76 \times 10^{-4} \text{ Pa-s}$$

$$D_i = 16'' = 0,381 \text{ m}$$

$$T = 10^\circ\text{C}$$

$$d = 250 \text{ m de } 16'' + 1,434 \text{ m de } 12''$$

$$L_s = 1,510 \text{ m de } 14'' + 3,970 \text{ m de } 12''$$

$$\epsilon = 0,015$$

Entonces:

De la tubería de 16":

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,381^2} = 1,49 \text{ m/s}$$

$$R_e = \frac{1148 * 0,381 * 1,49}{9,76 * 10^{-4}} = 6,7 * 10^5$$

$$\epsilon = \frac{\epsilon_o}{D} = \frac{0,015 \text{ cm}}{38,1 \text{ cm}} = 0,0004$$

De la tubería de 14":

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,3334^2} = 1,95 \text{ m/s}$$

$$R_e = \frac{1148 * 0,3334 * 1,95}{9,76 * 10^{-4}} = 7,6 * 10^5$$

$$\epsilon = \frac{\epsilon_o}{D} = \frac{0,015}{33,34} = 0,0004$$

De la tubería de 12''

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,3032^2} = 2,4 \text{ m/s}$$

$$R_e = \frac{1148 * 0,3032 * 2,4}{9,76 * 10^{-4}} = 8,5 * 10^5$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_o}{D} = \frac{0,015}{30,32} = 0,0005$$

Posteriormente, viendo el diagrama de Moody, de flujo turbulento, se ha de determinar su coeficiente de fricción.

**Cuadro N° XX.** Dato obtenido del cálculo de carga de bombeo.

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

**2** Carga por fricción en la succión: empleado la ecuación (2.3)

$$H_{Ls} = f_{14''} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + f_{12''} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,021 * \frac{1,510}{0,3334} \frac{1,95^2}{19,62} + 0,0208 * \frac{3,970}{0,3032} \frac{2,4^2}{19,62}$$

$$H_{Ls} = 0,097 \text{ m}$$

Carga por fricción en la descarga: empleando ecuación (2.3)

$$H_{Ld} = f_{16''} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + f_{12''} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,0215 * \frac{250}{0,381} \frac{1,49^2}{19,62} + 0,0208 * \frac{1,434}{0,3032} \frac{2,4^2}{19,62}$$

$$H_{Ld} = 1,62 \text{ m}$$

**Carga total por fricción:**

$$H_L = 0,097 + 1,62 \text{ m}$$

$$H_L = 1,717 \text{ m}$$

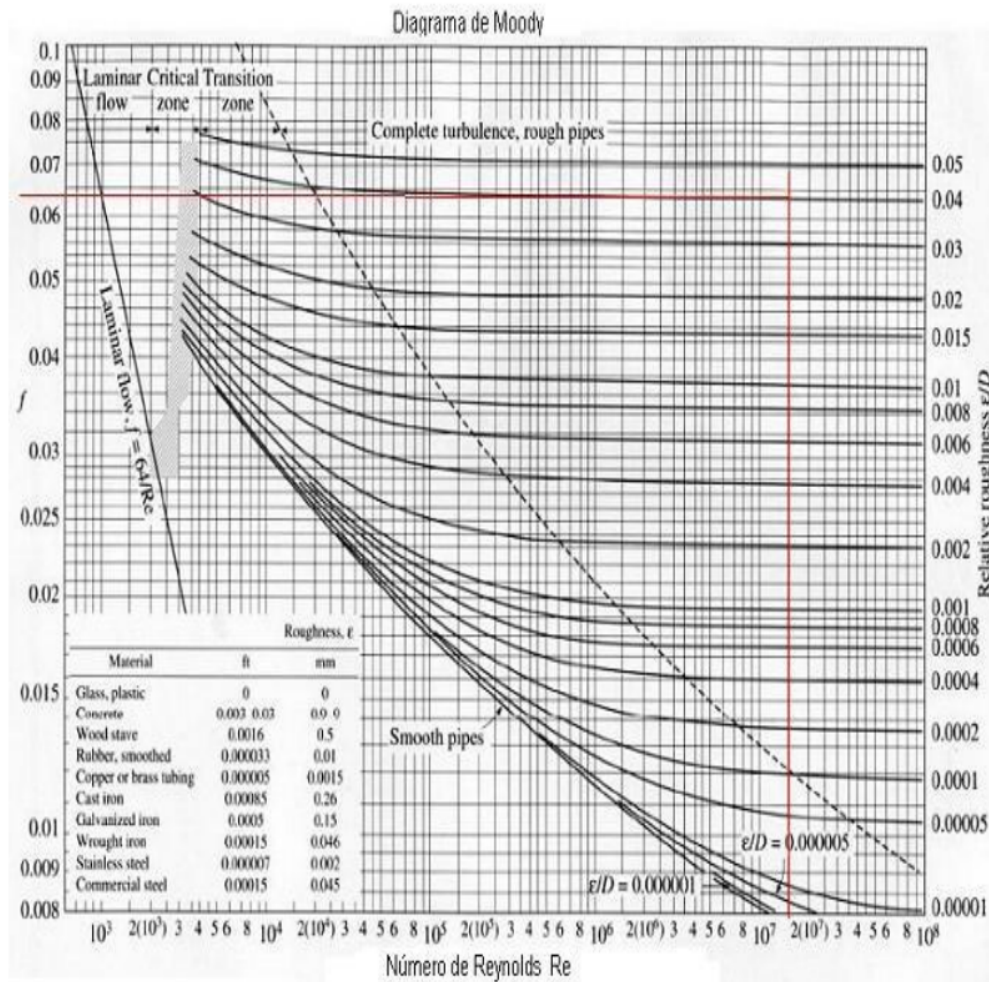
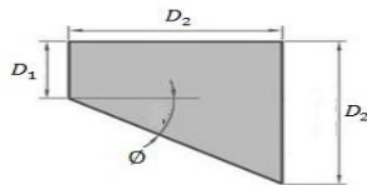


Figura N° XX Diagrama de Moody

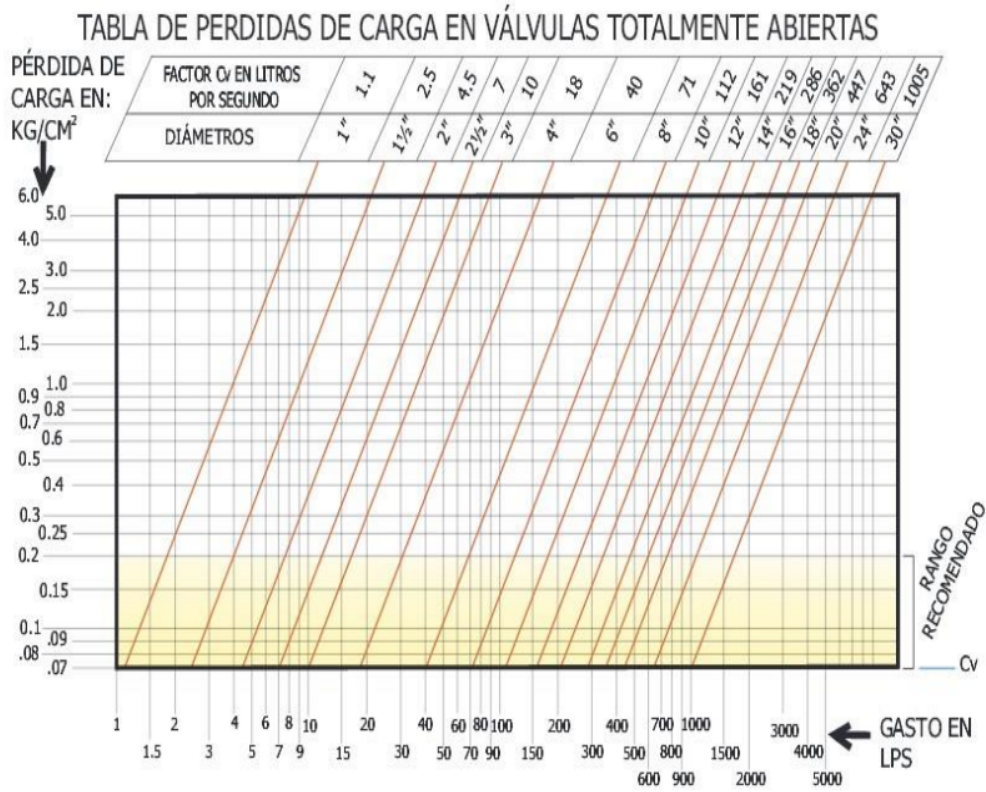
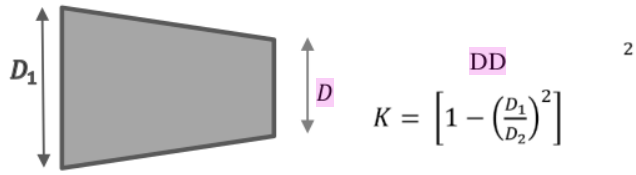
**Cálculo de pérdida secundaria:**

Ecuación del cálculo de coeficiente K, en reducción excéntrica:



$$K = 0,5 * \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 * \sqrt{\text{sen } \frac{\phi}{2}}$$

Ecuación para cálculo de coeficiente K para reducción concéntrica:



**Figura N° XX.** Tabla de cálculo de pérdida en válvula abierta.

**Cuadro XX.** Coeficiente de pérdida secundaria de accesorio de succión.

SUCCIÓN				
ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K <sub>0</sub>
Canastilla de 14"	1	1,3	Karassik-Carter	1,30
Tubo entrante	1	1	$(v^2)/2g$	1,00
Válvula de compuerta de 14"	1	0,28	Karassik-Carter	0,28
Junta flexible de 14 "	1	2	Serv. Nac. de Aprendizaje, SENA	2,00
Reducción excéntrica de 14"-10"	1	0,23	$K = 0,5 * [1-(D1/D2)^2]^2 * (\text{sen}\phi / 2)^{1/2}$	0,23
			<b>total</b>	<b>4,81</b>
ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K <sub>0</sub>
Contracción concéntrica. de 12"-10"	2	0,09	$K = [1-(D1/D2)^2]^2$	0,18
Ensanchamiento concéntrico de 8"-12"	2	0,31	$K = [1-(D1/D2)^2]^2$	0,62
Codo de radio normal de 90° de 12"	2	0,75	Ingeniería rural	1,5
			<b>total</b>	<b>2,30</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro XXX.** Coeficiente de pérdida secundaria de accesorio de descarga.

DESCARGA				
ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K <sub>0</sub>
Ensanchamiento concéntrico de 8"-12"	1	0,31	$K = [1-(A1/A2)^2]^2$	0,31
Codo de radio normal de 90° de 12"	1	0,75	Serv. Nac. de Aprendizaje, SENA	0,75
Válvula de compuerta de 12"	1	0,28	Serv. Nac. de Aprendizaje, SENA	0,28
Bifurcación 45° con brida	1	2	Máquinas Hidráulicas. ÁBACOS.	2,00
			<b>total</b>	<b>3,34</b>
ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K <sub>0</sub>
Reducción concéntrica de 20" - 16"	1	0,13	$K = [1-(A1/A2)^2]^2$	0,13
Codo de radio largo de 16"	1	0,35	Ingeniería Rural	0,35

DESCARGA				
ACCESORIOS	UNID.	K	FUENTE	K <sub>0</sub>
Válvula de cierre lento de 16"	1	0.28	Karassik-Carter	0,28
Válvula Check de 16"	1	2	VAMEX	2
Válvula de compuerta de 16"	1	0.28	Ingeniería Rural	0.28
			<b>total</b>	<b>3.04</b>

Fuente. Elaboración propia.

Empleando cuadros y ecuaciones para pérdida secundaria; se obtiene carga por accesorio, en aspiración y descarga del sistema de bombeo cuyo valor están tabulados

**Velocidad de tubería de 16":**

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,381^2} = 1,49 \text{ m/s}$$

**Velocidad de tubería de 14":**

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,3334^2} = 1,95 \text{ m/s}$$

**Velocidad de tubería de 12":**

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,170}{0,7854 * 0,3032^2} = 2,4 \text{ m/s}$$

**Pérdida secundaria en succión:**

$$H_{ss} = \sum K_{14"} \frac{V_s^2}{2g} + \sum K_{12"} \frac{V_d^2}{2g} = 4,81 * \frac{1,95^2}{19,62} + 2,30 * \frac{2,4^2}{19,62}$$

$$H_{ss} = 1,61 \text{ m}$$

**Pérdida secundaria en descarga:**

$$H_{sd} = \sum K_{16"} \frac{V_s^2}{2g} + \sum K_{12"} \frac{V_d^2}{2g} = 3,04 * \frac{1,95^2}{19,62} + 3,34 * \frac{2,4^2}{19,62}$$

$$H_{sd} = 1,57 \text{ m}$$

Carga total de pérdida secundaria:

$$H_s = H_{ss} + H_{sd} = 1,61 + 1,57 = 3,18 \text{ m}$$

**Cuadro XXX** Pérdida de carga total

<b>Pérdidas de carga (m)</b>	<b>Succión (m)</b>	<b>Descarga (m)</b>	<b>Total (m)</b>
Pérdidas primarias	0,097	1,62	1,717
Pérdidas secundarias	1,61	1,57	3,18
<b>Total</b>	<b>1,707</b>	<b>3,19</b>	<b>4,897</b>

Fuente: Elaboración propia

**Carga total del bombeo:** de la ecuación..... (2.7)

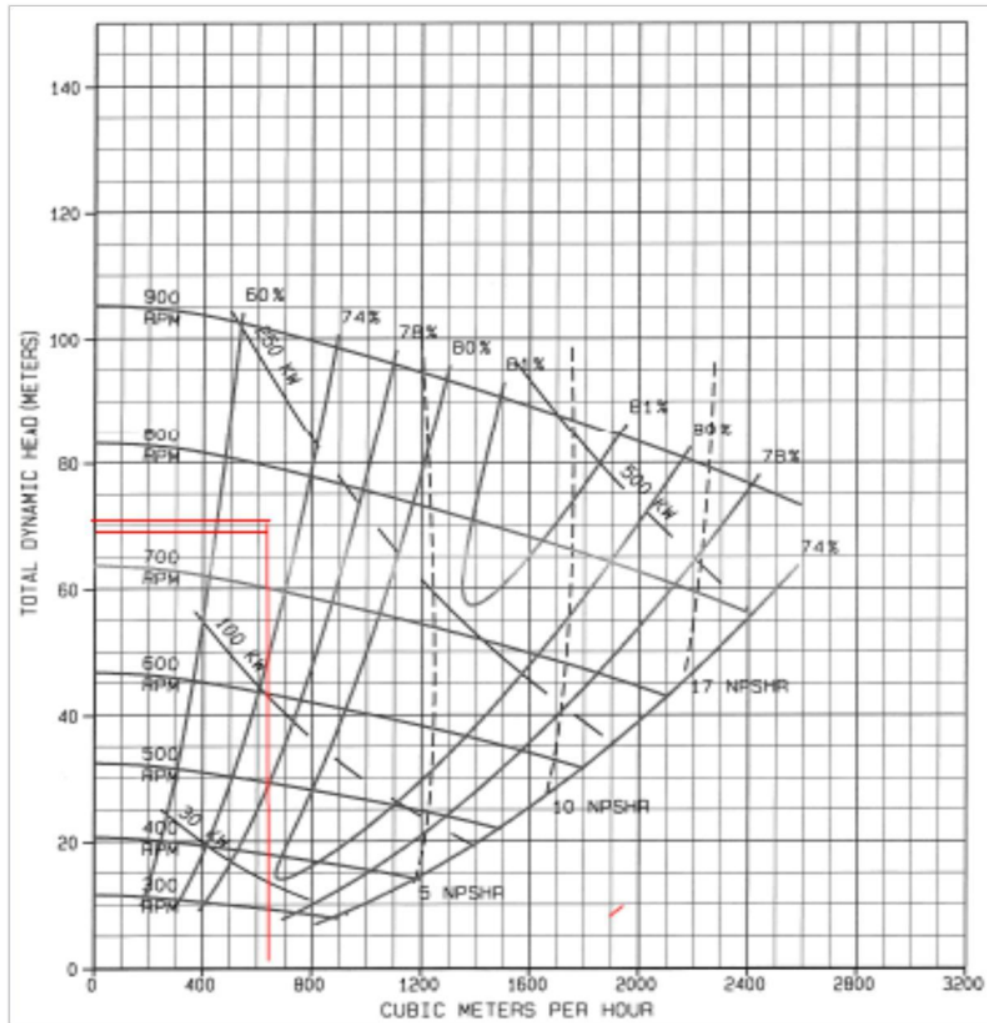
$$H_{\text{bombeo total}} = 200 + 4,897 = 204,897 \text{ m} \approx 205 \text{ m}$$

Cálculo de potencia hidráulica: utiliza la ecuación.....(2.9)

$$P_h = 1\,148 * 9,81 * 0,170 * 72,897 = 139,5 \text{ Kwatt}$$

$$P_a = \frac{139,49 \text{ KW}}{0,735} = 189,79 \text{ Kw} = 255 \text{ HP}$$

Siendo su eficiencia es 73.5 %, por lectura del gráfico



Fuente: catálogo de fabricante.

Fig. N° XXX. Curvas características de la bomba GIW LSA 8X10-32(HP)

#### Cálculo del NPSH disponible

La ecuación (2.12) se tiene:

$$NPSH_{Disp} > NPSH_{Req}$$

Donde  $NPSH_{Req}$  es dado por el fabricante y  $NPSH_{Disp}$ .

Altitud	m.s.n.m.	4 000m
$H_{atm.}$	Altura de presión atmosférica	5,023 m.c.a
$H_{est.}$	Altura estática (ver plano 1 nuevo sistema)	4,212 m.c.a.
$H_p$	Altura de pérdidas	1,717 m.c.a.
$H_{vap} 10^{\circ}C$	Altura de presión de vapor	2,785 m.c.a.

Reemplazando de la ecuación

$$NPSH_{Disp} = 5.023 + 4.212 - 1,717 - 2,785 = 4,733 \text{ m. c. a.}$$

Su altura neta positiva de succión, proporcionado por fabricante por catálogo y de la bomba GIW LSA va corresponder 2 m.c.a.

De estudio de la bomba hidráulica, esta no Cavite el NSPH, debe de ser menor que NSPH. Siendo menor que el disponible y que la bomba no cavita

### 3.1.3 Selección de la bomba

Tenemos una variedad de bombas para elegir para una aplicación específica. Una vez instalada, la bomba elegida debe funcionar con la máxima eficiencia y de acuerdo con las condiciones de fabricación y funcionamiento. La velocidad de operación N, tamaño D del impulsor y velocidad específica N son los parámetros que deben considerarse.

En cuanto a las características de funcionamiento de la bomba, ha de estar cerca o punto de máxima eficiencia al seleccionarla y su velocidad. Esto implica que la bomba funcione en el punto alto, que consuma la energía necesaria para esta condición máxima eficiencia.

El cambio de curva característica de la bomba, el sistema o ambas puede mover el punto de operación.


La velocidad de la bomba o selección diferente con característica de funcionamiento distintas pueden cambiar la curva de esta. Se puede alterar la curva del sistema estrangulando el flujo o alterando el tamaño de la tubería.

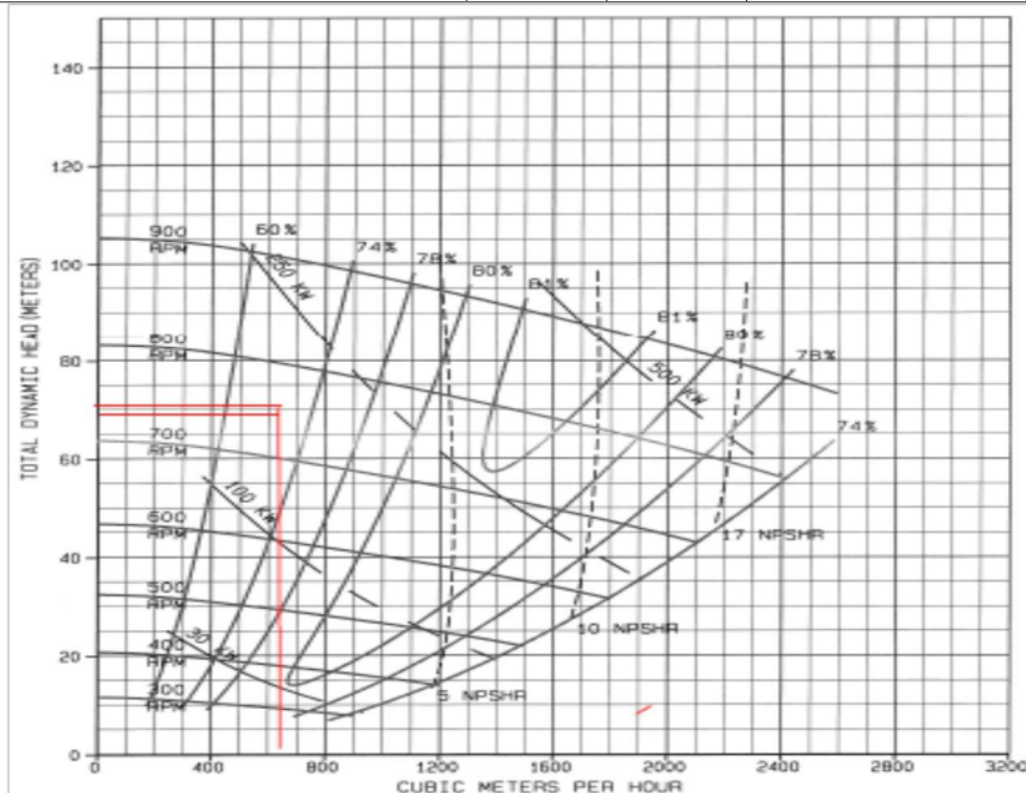
Si los niveles de los depósitos cambian, el nivel de ambos extremos del sistema no permanece constante; esta es una complicación común. Es difícil lograr un alto rendimiento para cada modo de funcionamiento en tal situación. En situaciones extremas se emplean motores con diferentes velocidades, y la bomba opera de manera automatizada en función de la carga.

El proceso para elegir la bomba que de pase a la recirculación es:

- Seleccionarse la bomba específica el cual produzca la descarga del flujo Q, intersección de curva H-Q de la bomba y curva del sistema de tubería ha de estar a la altura del punto máximo de eficiencia y alienada en recta vertical.
- La mayoría de las bombas convencionales enfrentan un reto en la explotación de minas. Cualquier fabricante de bombas se enfrentará a la manipulación de fluidos abrasivos y corrosivos que se utilizan con frecuencia. Las compañías han tenido que soportar mantenimiento elevado de la bomba o comprar, hechas de material resistente al ácido para evitar estos problemas. Se procede con selección de la bomba después de conocer antecedentes y el sistema donde va funcionar.

Para lograrlo, se utilizó el inventario de **bomba GIW LSA 8X10 –32(HP)**.

<b>Tipo de bomba</b> <b>LSA 8X10 – 32 (HP)</b> CHB- 1 / 4 / 4ME 7 – 7/8	<b>Modelo</b>	<b>Diámetro de rodete</b> 806 mm	<b>Paso libre</b> 99X117	 GIW Industries Inc. A KSB Company · KSB
<b>Rendimiento en aguas limpias</b> Los efectos de la gravedad específica, viscosidad y sólidos en suspensión con lama deben tenerse en cuenta. Como opción alternativa para el tamaño del tipo de sello también puede tener algunos efectos.		<b>Espesor de armadura</b> 5 G	<b>Número de curva</b> E 25 A-07	
		<b>Tipo de sello K.</b> F.M.	<b>TP Base</b> 30A -07	



**Figura N° XXX** Gráfica de selección de la bomba **GIW LSA 8X10-32(HP)**

#### **3.1.4 Selección de la tubería**

El trayecto de tubería que transporta agua de la poza de captación hasta el canal que conduce a la planta de tratamiento, se conoce como línea de conducción.

El perfil vertical del pique se extiende del nivel 1020 al nivel 820. La tubería tiene diámetros de 14, 12, y 16 pulgadas y están hechas de cedula 40.

Los siguientes factores se tomaron en cuenta al seleccionar la tubería de acero:

- Factor hidráulico
- Costos
- Diámetro disponible
- Calidad de agua y tipo del suelo

Por recomendar al proveedor de Geohidráulica y tener inventario, se elige tubería de acero de cédula 40 para presión interna de 600 Psi, diámetro 12”, 14” y 16”.

### **3.2 Evaluación de resultados**

El resultado obtenido de instalación de bomba NV\_1020 RP 040(-), se llevó a cabo una prueba hidráulica de funcionamiento después de instalación, que incluyó evaluación de línea de conducción e instalación de 3 bombas enseriadas, cada una tenía 255 Hp de potencia y 70 m de elevación.

#### **3.2.1. Prueba hidráulica**

Para detectar fugas por bridas de bombas o uniones de tubería, se creó la prueba hidráulica tomando en cuenta una presión de 50% mayor que presión de trabajo. Se llevó a cabo de la forma:

##### **Objetivo:**

El propósito de esta prueba de presión hidráulica es verificar sus uniones de tuberías, donde se realizaron las conexiones correctamente, y no exista fuga de agua en la línea.

##### **Procedimiento:**

- La unión debe estar descubiertos para comprobar su hermeticidad.
- Tener la tubería en su posición y evitarse que la presión del agua la levante, las tuberías debe estar cubiertas sobre la corona del tubo a una altura mínima de 40 cm
- Los anclajes han de estar construidos con tres días de anticipación.
- El extremo del tramo de realizar la prueba hidráulica debe estar anclado.

**Ejecución:**

- Una parte del aire que contiene una tubería vacía puede quedar atrapada al llenarla de agua. La presión de prueba sea baja, este aire puede causar graves daños debido a su gran compresibilidad. El aire debe extraerse por medio de válvulas instaladas en puntos altos del tramo de prueba.
- El llenado de la tubería se hace en baja presión y velocidad baja, para eliminar del sistema el aire y detectar posible fuga de la instalación.
- Durante los siguientes 15 minutos de obtención de presión, ha de observar si presentan disminución de lectura del manómetro, al ser estabilizada, se recomienda unos 15 minutos en establecer el deseado valor.
- Si no existe fuga y existe disminución de presión, ha de verificar el manómetro esté en estado bueno y no exista averías en la bomba.
- De existir filtración, ha de reparar uniones y proceder con realización de prueba hidráulica para constatar la hermeticidad del sistema

**Evaluación.**

- Al realizar la prueba hidráulica, observa que las uniones del sistema de bombeo no presentaron fugas de fluido, indicando que accesorios y tuberías seleccionadas respondieron a las solicitudes de sobre presión, inmediatamente el sistema de bombeo entro en operación

**3.2.2. Comparación del sistema de bombeo anterior con el diseñado.**

Para evacuar el agua de la mina desde el nivel 820 hasta el 1020, se instalaron en paralelo 3 bombas de 750 HP de 150 l/s de capacidad enseriadas de 190 Kw del sistema propuesto ha sido reemplazada por bomba del anterior sistema que evacua misma cantidad de agua; la segunda bomba esta fuera de servicio y para emergencia la tercera.

El resultado del presente estudio es el reemplazo de 3 bombas en paralelo de 750 HP, siendo cada uno del anterior sistema por uno de 3 bombas de 189.79 Kw equivalente a 255 HP, instalada en serie.

## **CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA**

### **4.1. Análisis crítico de resultados**

Básicamente como parte de ingeniería básica y detalle, si implemento la planta de tratamiento de aguas residuales en el campamento minero la poderosa, en la cual se ha enfatizado el compromiso y la virtud de perfección y sincronización con los tiempos de entrega establecidos para nuestro proyecto.

En la etapa de ingeniería básica, se pudo ver desde el origen del primer archivo (P&ID) hasta la aprobación de las hojas de dato de cada instrumento, en la ingeniería de básica detallamos en primera instancia la implementación del diagrama de instrumentación y piping, en este archivo detallamos el alcance en el control de la planta, ubicación según zona, dimensionamiento de tuberías, tanques de almacenamiento, tanques pulmón, capacidad de recepción y transmisión de estos tanques. Así mismo se pudo plantear la filosofía de control en base a protocolos de comunicación, señales digitales, señales analógicas, señales de temperatura y comunicación entre PLC Y HMI. También establecimos documentos básicos como los diagramas de lazo de instrumentos, la cual describe el lazo de control de cada instrumento instalado en planta así como el control de cargas motores, bombas y analizadores distribuido en los reactores MBBR de planta. Para la generación de documentos como las hojas de datos de los instrumentos, dimensionamiento del controlador lógico programable PLC, interfaz hombre maquina HMI y alcance de red se ha descrito en estos archivos características básicas y de detalle especialmente de trabajo bajo las condiciones de plantas PTAR y por último se generaron las tablas de entradas y salidas dimensionando la cantidad de señales que admite el PLC y la comunicación con el HMI.

En la ingeniería de detalle, se pudo generar los documentos básicos para la puesta en marcha de planta en entre estos documentos podemos mencionar básicamente los siguientes, filosofía de control en revisión última o revisión cero, diagrama P&ID, cuadro de entradas y salidas, cuadro de cargas, diagrama elemental de proceso, lazos de control, hoja de datos de instrumentos de campo, hoja de datos de equipos de control, diagrama unilineal de fuerza, diagrama unilineal de control, circuitos de instrumentos, lista de instrumentos y demás entregables, cabe mencionar que estos documentos previamente fueron aprobados por el cliente y emitidos en formato building.

En base a lo expuesto, tanto para la ingeniería básica como para la de detalles, el aporte de mi persona como experiencia fue el desarrollo desde la etapa final de la ingeniería conceptual y el aporte en la construcción y dimensionamiento correcto de toda instrumentación, flujómetros electromagnéticos, sensores de nivel de ultrasonido, interruptores de nivel, válvulas electro actuadas, PLC, HMI, protección eléctrica y para la parte de lógica diseño del software de comando de planta, diseño de pantallas HMI y generación de reportes de liberación.

Describo que cada proyecto finalizado fue una experiencia de mucho aprendizaje y desarrollo personal, ya que en cada uno de estos proyectos son retos nuevos y variables nuevas, que gustosamente fuimos superando hasta tener la conformidad de parte de nuestros clientes, así mismo agradecer por la contribución de parte del grupo humano con el cual se trabaja de la mano para satisfacción y éxito de todos.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir de esta experiencia de formación académica y profesional, como ingeniero electrónico llevar a cabo el conocimiento adquirido en nuestra casa de estudio y plasmarlo en campo, desde la primera etapa en la creación y generación de ingeniería que facilite y optimice nuestra vida como seres humanos.

La generación de ingeniería en plantas de agua conlleva el trabajo en conjunto de distintas disciplinas entre las cuales podemos destacar profesionales de la carrera de ingeniería mecánica, civil, química, electrónicos, eléctricos entre otros más.

La generación de ingeniería en la especialidad de control e instrumentación industrial, asigna el conocimiento de instrumentos y control, llegar a conseguir el enlace entre estos dos conceptos, en el campo de la instrumentación el conocimiento de los equipos de campo, principio de funcionamiento, forma correcta de su puesta en marcha y correcta configuración y/o programación, entre los instrumentos de campo utilizados podemos mencionar, sensores de nivel de principio ultrasónicos, radar, capacitivos y tipo laser. Para la variable flujo podemos mencionar, flujómetros de principios electromagnéticos, másicos, vortex, rotámetros, sonar y ultrasonido. En cuanto a los instrumentos de lectura analítica entre las que podemos mencionar sensores de PH, ORP, OD, conductividad y turbidez, por último, los instrumentos de presión, temperatura y densidad.

En cuanto a nuestra experiencia en el campo de control industrial podemos mencionar nuestra experiencia desarrollando lógicas de control para nuestras plantas de agua, diseño de la filosofía de control, mapeo de entradas y salidas en variables lógicas o analógicas, comunicación entre PLC-PLC y PLC-sala de control o SCADA, para el desarrollo de la lógica de control de nuestras plantas trabajamos a la par con los profesionales de procesos, generalmente profesionales químicos.

Podemos concluir de nuestra experiencia laboral y el diseño de este informe de sustentación para obtener nuestro grado de ingeniero electrónico, como una de las mejores experiencias, de nuestra parte contribuir en el desarrollo en el ambiente de la ingeniería electrónica, carrera que va en la vanguardia y actualización continua de la tecnología.

Nos dedicamos en plasmar nuestros conocimientos en el desarrollo de la ingeniería para plantas de agua, en las distintas etapas que relacionan el proceso de tratamiento de aguas, en la etapa de equalización, reactores, sedimentador, tanque de lodos, filtros multimedia y filtros prensa.

El propósito principal para el desafío de trabajar en proceso de aguas es justamente finalizar con los mejores estándares de calidad profesional y experiencia continua.

## RECOMENDACIONES

Mis recomendaciones en cuanto a la experiencia en nuestra labor como ingeniería vienen al hecho que debemos tener en consideración el trabajo grupal y/o por especialidades, teniendo un solo fin el cual es culminar con un trabajo y desarrollo de ingeniería al 100% estable y de calidad.

En nuestra experiencia laboral nos vemos envuelto y anexos con especialidades que desde su frente aportan en la construcción y desarrollo de nuestra planta de tratamiento de aguas, podemos mencionar en parte la especialidad eléctrica, mecánica y civil. La especialidad eléctrica viene amarrada a nuestra especialidad, el aporte eléctrico viene a la generación de los documentos entregables de las cuales empezamos a generar nuestra lógica de control y especificaciones de nuestros equipos de instrumentación en la parte de alimentación eléctrica, entre estos documentos indispensables podemos mencionar, el cuadro de cargas, diagrama unilineal, balance de cargas entre otros, documentos básicos para generar nuestros entregables, cuadro de entradas y salidas, filosofía de control, hoja de datos de los instrumentos y nuestro layout de tableros.

Mientras la especialidad de mecánica complementa desde su frente la parte material de planta, lo correspondiente a pipping, estructuras, contenedores, tanques entre otros. Mientras la especialidad civil, nos describe las superficies terrestres en la cual se va a montar nuestro proyecto, podemos destacar el estudio de suelos y la cimentación necesaria para realizar un buen origen y cimiento de planta.

Es por todo lo expuesto que es de vital importancia tener un trabajo armónico y coordinado entre las distintas especialidades involucradas para conseguir el fin deseado, el cual es, el desarrollo completo de planta, entonces como resumen podemos mencionar que las especialidades de mecánica (estructuras) electricidad (potencia) civil (superficie) y control e instrumentación (lógica) contribuyen cada una desde su frente y dan todo para el buen desarrollo del proyecto.

Como recomendación final también puedo mencionar el contribuir en la organización y coordinación del personal a cargo, el dominio de habilidades blandas y liderazgo. Los puntos es vital para el desarrollo personal como profesional y personal, básicamente debemos tener en cuenta aptitudes para con nuestro personal en obra, ya que ellos vienen confiando en la manera más segura de concluir sus labores sanos y completos, nosotros como ingenieros libres debemos estar en la capacidad de discriminar los riesgos asociados a nuestra labor, las documentación SSOMA asociado también a nuestra actividad, desarrollo de los IPERC línea base, IPERC continua, ATS, JSA, trabajos de alto riesgo entre los cuales podemos mencionar, trabajos en altura, trabajos en caliente, trabajos en espacio confinado, trabajo con productos químicos y trabajos con energías peligrosas, estar en comunicación y seguir los protocolos de

seguridad es de vital importancia para finalizar una buena jornada, los conceptos asociados a protocolos de bloqueo cuando disponemos a trabajos con energías peligrosas (energía de alta tensión) el seguir de manera ordenada y segura estos protocolos podremos conseguir trabajos seguros y trabajadores seguros.

Entonces como parte final se recomienda seguir estos consejos, trabajo grupo, trabajo coordinado entre las distintas disciplinas involucradas y seguir los protocolos de seguridad al momento de la etapa de construcción y desarrollo de nuestra planta de tratamiento de aguas residuales, de esta manera conseguimos estándares seguros y de calidad por el bien de la mayoría

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Marbello Pérez, Ramiro. 2007. Bombas Hidráulicas Rotodinámicas Teoría y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia – Medellín : s.n., 2007.
- Abulnaga, Baha, E. 2002. Slurry Systems Handbook, . New York: : McGraw-Hill, 2002. B.
- Nekraso. 1968. Libro de Hidráulica Tercera Edición 1968 Cap. 7 . s.l. : MIR, 1968.
- Compañía Sudamericana de Bombas S.A. Diciembre 2002. Manual de Entrenamiento: Selección y aplicación de bombas centrífugas. KSB. . s.l. : Ira.
- Edición , Diciembre 2002. Edición, KSB Bombas Hidraulicas S/A 3°. Septiembre 1991. Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrífugas. Septiembre 1991. —. Septiembre 1991. Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrífugas. Septiembre 1991.
- Flowserve Corporación. 2002. Cameron Hydraulic Data, Taneytown . U.S.A. : s.n., 2002. —. 2009. Manual del Ingeniería de Bombas. Memphis TN, . U.S.A. : s.n., 2009.
- Grundfos. Manual de Ingeniería SP.
- Hidraulicas, KSB Bombas. Septiembre 1991. Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrífugas. Septiembre 1991.
- López, Joel. Tesis: “Diseño Hidráulico de un Sistema Gravimétrico para Relaves Mineros con un Caudal de 202 m<sup>3</sup>/h y 220 m de Desnivel”. Lima-Perú : s.n. Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo Sistemas Hidroneumáticos C.A.35 años a su servicio.
- Septiembre 1991. Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrífugas KSB BOMBAS HIDRAULICAS S/A. Septiembre 1991.