

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Evaluación de la máquina electrohidráulica SBM 400 de
200HP/440VAC para la ventilación y ore pass en interior
mina de Pan American Silver Morococha en el año 2020**

Héctor Francy Ávila Ávila

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Por medio del presente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional quiero agradecer a la compañía minera Pan American Silver Argentum por haberme brindado la oportunidad de laborar ahí, durante el periodo de un año, donde me ayudaron a desarrollarme formativa, laboral y personalmente. También agradezco a todo el personal que labora en la compañía minera *Pan American Silver Argentum*, quienes se mostraron muy amables y dispuestos a compartir sus conocimientos y experiencias en conjunto.

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado a mis padres por el apoyo incondicional en todo momento, con el único fin de culminar satisfactoriamente mis estudios, la cual fue llevado a cabo con mucho esfuerzo y dedicación.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional lleva como título **“Evaluación de la máquina electrohidráulica SBM 400 de 200HP/440VAC para la ventilación y ore pass en interior de mina de *Pan American Silver Morococha*”**. Teniendo como objetivo desarrollar las actividades de ingeniería y el control de mantenimiento preventivo y correctivo en el área de ventilación, en la empresa *Pan American Silver* con la que tenga en común la escala de valores: gusto por el compromiso, el esfuerzo y la responsabilidad. Formando parte de un equipo de trabajadores con decisión para que el compromiso adquirido sea fructífero para ambas partes y evolucionar profesionalmente.

Desarrollar y gestionar el buen control y manejo de las infraestructuras electromecánicas y de todos los activos de la empresa *Pan American Silver*, enriquece de muchos conocimientos para el desarrollo profesional y mejoras de los procesos para el empleador. En efecto, se concluye que la formación laboral es una pieza clave del bachiller en Ingeniería Eléctrica, ya que constituye la herramienta pedagógica básica que le permite trascender en el abordaje de conocimientos teóricos abstractos, tomar contacto con la realidad social desde el inicio de la formación e intervenir en ella contribuyendo con la transformación de situaciones. De modo que, las funciones realizadas en la empresa *Pan American Silver* proporcionó la experiencia y conocimiento suficiente para cumplir los objetivos planteados.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Resumen	iv
Índice	v
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Introducción	xi
CAPÍTULO I	12
ASPECTOS GENERALES	12
1.1. Datos generales	12
1.2. Actividades principales	14
1.2.1. Consultores y ejecutores del mantenimiento mecánico-eléctrico	14
1.2.2. Asistente de mantenimiento eléctrico	14
1.3. Reseña histórica de la empresa	15
1.4. Organigrama de compañía minera Pan American Silver Argentum	18
1.4.1. Organigrama de operaciones	19
1.5. Visión y misión	19
1.6. Bases legales	20
1.6.1. Constitución de la minera	20
1.7. Descripción del área donde realizaron las actividades preprofesionales ...	21
1.8. Descripción del cargo y de responsabilidades del bachiller en empresa ...	21
CAPÍTULO II	23
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES	23
2.1. Diagnóstico situacional del proyecto	23
2.2. Identificación de oportunidad en el área de actividad profesional	24
2.3. Objetivos de la actividad profesional	24
2.3.1. Objetivo general	24
2.3.2. Objetivo específico	24
2.4. Justificación de la actividad profesional	24
2.4.1. Teórica	24
2.4.2. Práctica	25
2.5. Resultados esperados	25

CAPÍTULO III	27
MARCO TEÓRICO	27
3.1. Actividades realizadas en el proyecto	27
3.2. Evaluación y máquinas eléctricas en el proyecto.....	27
3.2.1. Evaluación	27
3.2.2. Mantenimiento preventivo	28
3.2.3. Máquinas eléctricas.....	29
3.2.4. Potencia de las máquinas eléctricas	30
3.2.5. Sistema hidráulico	33
3.2.6. Circuitos electrohidráulicos básicos.....	34
3.2.7. Componentes de la máquina electrohidráulica.....	35
3.3. Máquina electrohidráulica SBM 400 DE 200 HP/440VAC	37
3.3.1. Generalidades	37
3.3.2. Capacidades de funcionamientos.....	40
3.3.3. Especificaciones de performance.....	41
3.3.4. Mantenimiento preventivo	46
3.3.5. Componentes principales	48
3.3.6. Componentes principales	50
3.3.7. Accesorios principales para máquina Raise Borer	55
3.4. Ventilación y ore pass	56
3.4.1. Ore pass.....	56
3.4.2. Ventilación.....	56
3.4.3. Ventilación de minas	58
3.4.4. Raise Borer	60
3.5. Mina de Pan American Silver Morococha	60
3.5.1. Descripción de la empresa	60
3.5.2. Ubicación.....	61
3.5.3. Fisiografía.....	62
3.5.4. Producción	62
3.5.5. Operaciones mineras	63
CAPÍTULO IV	65
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	65
4.1. Descripción de actividades profesionales	65
4.1.1. Actividad 1: detalle de ingeniería.....	65

4.1.2. Actividad 2: elaboración de planes de trabajo	68
4.1.3. Actividad 3: proyección y presupuestos	68
4.1.4. Actividad 4: planteamiento y programación	68
4.2. Enfoque de las actividades profesionales	70
4.3. Alcance de las actividades profesionales	70
4.4. Entregables de las actividades profesionales	70
4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	70
4.5.1. Metodologías	70
4.5.2. Técnicas	71
4.5.3. Instrumentos.....	72
4.5.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades. 72	
4.6. Ejecución de las actividades profesionales.....	73
4.6.1. Cronograma de actividades realizadas	73
4.6.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	76
CAPÍTULO V.....	77
RESULTADOS.....	77
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas	77
5.2. Logros alcanzados	77
5.2.1. En el ámbito del proyecto	77
5.2.2. En el ámbito personal.....	77
5.2.3. En el ámbito de elaboración del plan de infraestructura para el sistema de ventilación	78
5.3. Planeamientos de mejora	79
5.3.1. Metodologías propuestas	79
5.4. Aportes del bachiller en la empresa	80
5.4.1. En el aspecto cognoscitivo	80
5.4.2. En el aspecto procedimental	80
5.4.3. En el aspecto actitudinal.....	80
Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	82
Referencias	83
Anexos	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema SBM 400 SP	38
Tabla 2. Capacidades de la máquina	42
Tabla 3. Cronograma de actividades durante la implementación del plan de supervisión	66
Tabla 4. Semanas programadas para presentación del plan tentativo.....	69
Tabla 5. Cronograma de actividades semanales	73
Tabla 6. Resumen de entregables en informe mensual	75
Tabla 7. Indicador y control del mantenimiento preventivo y correctivo	78
Tabla 8. Estructura de mejoras para el siguiente plan de mantenimiento	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Charla de capacitación del personal en calidad, seguridad y medio ambiente.....	13
Figura 2. Organigrama de la cía. minera Pan American Silver Argentum.	18
Figura 3. Organigrama de operaciones.	19
Figura 4. Diagrama de bloques de dispositivos electromecánicos de conversión de energía	32
Figura 5. Cable eléctrico.....	36
Figura 6. Interruptor eléctrico.	36
Figura 7. Motor eléctrico.....	37
Figura 8. La máquina perforadora SBM 400.	39
Figura 9. Máquina SBM 400 SP.	40
Figura 10. Arreglos generales I de la máquina.....	43
Figura 11. Arreglos generales II de la máquina.....	44
Figura 12. Arreglos generales III de la máquina.....	45
Figura 13. Máquina perforadora.	48
Figura 14. Power Pack.	49
Figura 15. Componentes del Power Pack.	49
Figura 16. Gabinete eléctrico.	50
Figura 17. Power Pack.	50
Figura 18. Método común de escariado externo e interno (vista lateral).	51
Figura 19. Estabilizador de escariado.	51
Figura 20. Bit - rollers.	51
Figura 21. Cortadores.	52
Figura 22. Cabeza rimadora.....	53
Figura 23. Cabeza rimadora.....	53
Figura 24. Bomba 100 HP.....	54
Figura 25. Bomba piloto	55
Figura 26. Estructura de un pique de traspaso con caja de quiebre.	56
Figura 27. Circuito de ventilación natural.	57
Figura 28. Ventilación artificial.....	57
Figura 29. Ventilador.	59

Figura 30. Ubicación de la unidad Morocoha de la sociedad minera Austria Duvaz.	61
Figura 31. Geología local mina Morococha.	63
Figura 32. Capacitación del personal	71

INTRODUCCIÓN

El bien común de todo profesional universitario es desarrollarse y afinar sus competencias aprendidas en aula y esto se hace realidad con el desarrollo profesional en cada una de sus labores, esto incentiva el interés de la investigación científica y un contacto directo con la realidad.

La elaboración de este trabajo de suficiencia profesional es producto de la experiencia laboral práctica del autor en el campo de la ingeniería eléctrica. Teniendo como objetivo general desarrollar actividades de ingeniería, inspección de campo, diseño y ejecución del proyecto con responsabilidad, honestidad, respeto y excelencia en el trabajo. Dado que desarrollar un manejo y evaluación en una empresa minera de gran prestigio y buen nivel de gestión de innovación es la única forma de conocer el mundo real, además que contribuye a fortalecer la seguridad y confianza profesional, quienes deben comenzar a establecer su red de contactos.

En el capítulo I se presentan los aspectos generales de la empresa, como los datos generales, actividades principales, reseña histórica de la empresa, organigrama, visión y misión, bases legales.

En el capítulo II se presentan los aspectos generales de las actividades preprofesionales como diagnóstico situacional del proyecto, identificación de oportunidades, objetivos de la actividad preprofesional, resultados esperados.

En el capítulo III se presenta el marco teórico como actividades realizadas en el proyecto, estudio definitivo del proyecto, ejecución del proyecto.

En el capítulo IV se presenta una descripción detallada de las actividades preprofesionales como aspectos técnicos de la práctica preprofesional, ejecución de las actividades preprofesionales.

En el capítulo V se presentan los resultados finales de las actividades realizadas, logros alcanzados, aporte del bachiller en la empresa.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Datos generales

Pan American Silver Corp. es una empresa minera multinacional con sede en Vancouver y, cotiza en las bolsas de Toronto y Nueva York bajo el símbolo PAAS. Fundada en 1994, actualmente es la sexta explotadora de plata primaria del mundo y la primera de Canadá, según el Instituto Mundial de la Plata.

Pan American Silver se dedica a la minería de plata y a actividades relacionadas con ella, incluyendo exploración, desarrollo de minas, extracción, procesamiento, refinación, y remediación. La empresa posee y opera minas de plata en México, Perú, Bolivia y Argentina. Además, la empresa se encuentra explorando nuevos depósitos de plata y oportunidades en América del Norte y del Sur.



**Figura 1. Charla de capacitación del personal en calidad, seguridad y medio ambiente.
Tomada de Propuesta de solución al análisis (1)**

Desarrollo y capacitación

Para retener personal especializado se invierte en el desarrollo de la gente. Cada operación desarrolla programas de capacitación y cronogramas en base a sus necesidades y habilidades requeridas para cada mina.

La capacitación en gestión y liderazgo es un componente clave para la estrategia en el desarrollo del personal. A través del programa de desarrollo de liderazgo (LDP, por sus siglas en inglés), se ha identificado 250 líderes y gerentes provenientes de diversas formaciones que se encuentran en posiciones para influir en los resultados del negocio. Creyendo que estos empleados impulsarán el éxito de la empresa en el futuro. El LDP está diseñado para desarrollar futuros líderes, para profundizar y entender la industria minera y el negocio, potenciando sus habilidades gerenciales y capacidades de liderazgo, como también fortaleciendo los valores fundamentales de liderazgo de *Pan American Silver* y los valores corporativos. Aproximadamente 30 empleados al año completan exitosamente este programa.

1.2. Actividades principales

1.2.1. Consultores y ejecutores del mantenimiento mecánico-eléctrico

- Programar, coordinar y dirigir los trabajos diarios de mantenimiento mecánico-eléctrico preventivo, predictivo y correctivo de los equipos de la planta.
- Organizar, coordinar y distribuir las órdenes de trabajo de mantenimiento mecánico-eléctrico al personal a su cargo.
- Coordinar y controlar la entrega de materiales y repuestos para los trabajos de mantenimiento, su utilización y reingreso.
- Verificar el cumplimiento y la calidad de las tareas de mantenimiento mecánico-eléctrico. Revisar manuales, planos, diagramas y procedimientos para la ejecución de los trabajos mecánicos-eléctricos.
- Emitir solicitudes de órdenes de trabajo externa y solicitudes de almacén. Autorizar retiro de materiales de almacenes.
- Asistir y participar en las reuniones técnicas para análisis de funcionamiento de equipos, modificación y actualización de planes de mantenimiento mecánico-eléctrico.
- Elaborar periódicamente informes, reportes mensuales y anuales.
- Establecer las necesidades de aprovisionamiento de materiales, herramientas, repuestos y equipos requeridos para el mantenimiento mecánico-eléctrico y verificar la idoneidad de estos previo ingreso a almacenes.
- Participar en la actualización de programas de mantenimiento y procedimientos de trabajo de acuerdo a especificaciones de los fabricantes.

1.2.2. Asistente de mantenimiento eléctrico

- Realizar una planificación y organizar trabajos de mantenimiento tanto preventivo y correctivo, supervisar las instalaciones.
- Tener conocimiento en centrales eléctricas, subestaciones eléctricas, líneas de distribución.
- Control de la energía eléctrica en motores y equipos, tableros de mando y luminarias.
- Realizar perfiles de proyectos para una ampliación de la energía eléctrica.
- Controlar la protección de toda la planta y máquinas que sea adecuada a la actualización vigente en normas y leyes.

- Tener una amplia coordinación con las autoridades superiores del rubro, coordinar con la Gerencia y Superintendente de Planta en cuanto a las novedades del fluido eléctrico.
- Conocimiento y aplicación del contrato con la proveedora de energía eléctrica.
- Revisar y llevar el control del consumo de energía eléctrica mensual de la empresa.
- Supervisar e inspeccionar todo el cableado de la empresa minera *Pan American Silver*.
- Conocer y hacer cumplir el reglamento interno tipo de la empresa.
- Cumplir las normas, reglamentos de HSI y el uso de EPP.
- Consultar al inmediato superior en la adopción de decisiones.

1.2.2.3. Política integrada de gestión de seguridad, salud y medio ambiente

***Pan American Silver* Perú se compromete a:**

- Desarrollar nuestras actividades mineras utilizando prácticas preventivas y afectivas que minimicen riesgos laborales y los impactos ambientales, aun en situaciones de emergencia.
- Cumplir con la legislación vigente y otros compromisos que la organización asuma en forma voluntaria, incluyendo la aplicación de protocolos hacia una minería sostenible.
- Garantizar la implementación de mecanismo que promueva el control de riesgos en seguridad y salud ocupacional de los trabajadores y la protección del medio ambiente; priorizando la implementación de controles según sean factibles.
- Promover la participación abierta y transparente de los trabajadores y otros grupos de interés en la gestión integrada.
- Fomentar el mejoramiento continuo de la gestión integrada de la organización.
- Asegurar que los trabajadores cuenten con los conocimientos, equipos, herramientas y materiales para que realicen sus tareas con compromiso hacia la seguridad, salud ocupacional y responsabilidad ambiental.

1.3. Reseña histórica de la empresa

Pan American Silver Corp. es una empresa pública de origen canadiense, dedicada a la minería de plata en el continente americano. La empresa tiene su

sede en Vancouver, Columbia Británica, y sus acciones ordinarias cotizan en la Bolsa de Comercio de Toronto y en NASDAQ con el símbolo bursátil PAAS. Fundada en 1994, *Pan American* pasó a lo largo de los años de ser una empresa de exploración con una sola operación minera, a convertirse en uno de los mayores productores primarios de plata a nivel mundial. Opera y es titular de siete minas en México, Perú, Bolivia y Argentina, así como también gestiona una cartera de exploración y activos de desarrollo de alta calidad.

Pan American Silver Perú inició sus operaciones mineras a mediados del año 1995, comenzando como una compañía en operación con la adquisición de la corporación minera Nor Perú S. A. (mina Quiruvilca), de propiedad, en aquel entonces, de *Asarco International*.

En el año 2000 adquiere la compañía minera Huarón S. A. del grupo Hochschild. Al mismo tiempo que diversifica su actividad prestando servicios gerenciales y otros a las demás empresas del grupo.

Para el 2003 se llega a un acuerdo con Volcan por los fundentes ubicados en Cerro de Pasco. Al año siguiente adquiere la compañía minera Argetum S. A.

En el 2006 entra en vigencia la fusión por absorción entre las empresas *Pan American Silver* S. A. C., mina Quiruvilca y compañía minera Huarón S. A.

En los últimos años, se focalizó en expandir, modernizar y mejorar la productividad de las minas con el objetivo de asegurar el futuro como productor de bajo costo con sólidas perspectivas de crecimiento.

En 2016 se completa la mayor parte de la expansión de la mina La Colorada y se continua con la expansión de la mina Dolores, ambas en México. También se fortalece el compromiso con la sostenibilidad mediante el desarrollo de políticas y procesos que integran cuestiones sociales y medioambientales con cada uno de los aspectos del negocio.

La sostenibilidad es un proceso dinámico que ayuda a crear prosperidad para los accionistas, los grupos de interés y la sociedad. Define el compromiso con operar en forma medioambientalmente responsable, motiva a proteger la salud y la seguridad de más de 6600 empleados y contratistas, e inspira a ser una fuerza de cambio social positivo en las comunidades y países donde se opera.

Premios y reconocimientos

- *Corporate Knights* ubicó a *Pan American Silver* en el lugar 36 del ranking de futuros 40 líderes corporativos responsables de Canadá.
- En julio 2016, La Colorada recibió el premio “Casco de Plata” otorgado a la mina subterránea más segura con más de 500 empleados en México.
- Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) otorgó a todas las minas de *Pan American* en México la designación Empresa Socialmente Responsable (ESR).
- Morocha ganó la categoría Mina Subterránea en la edición número 20 de los premios de Seguridad en Minería de Perú.
- Huarón recibió una placa honorífica en la edición número 20 de los premios Nacionales de Seguridad en Minería, en la categoría Mina Subterránea.
- *Pan American Silver* recibió el premio a la “Empresa del Año” por parte de la Cámara de Comercio Peruano Canadiense en Toronto, por el trabajo de desarrollo sostenible que el equipo de Perú realiza en las comunidades locales, incluyendo “Alpaca de los Andes” y proyecto *Uqllu*.
- Se le otorgó a *Pan American Silver* Perú el tercer lugar en la Exposición de Emprendedores Comunitarios, por parte del Congreso Internacional de Relaciones Comunitarias

1.4. Organigrama de compañía minera *Pan American Silver Argentum*

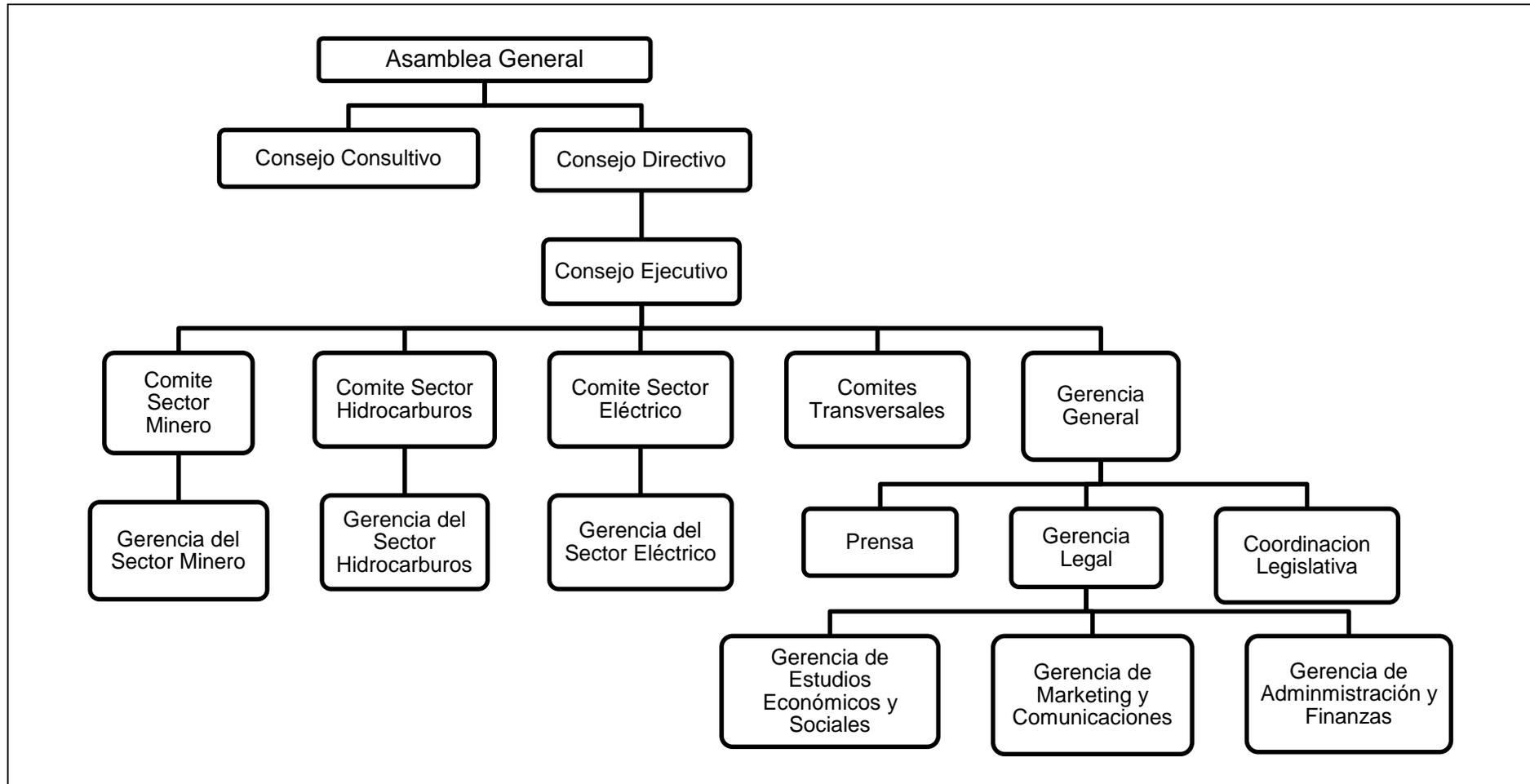


Figura 2. Organigrama de la compañía minera *Pan American Silver Argentum*. Tomada del Artículo Tumi Raise Boring

1.4.1. Organigrama de operaciones

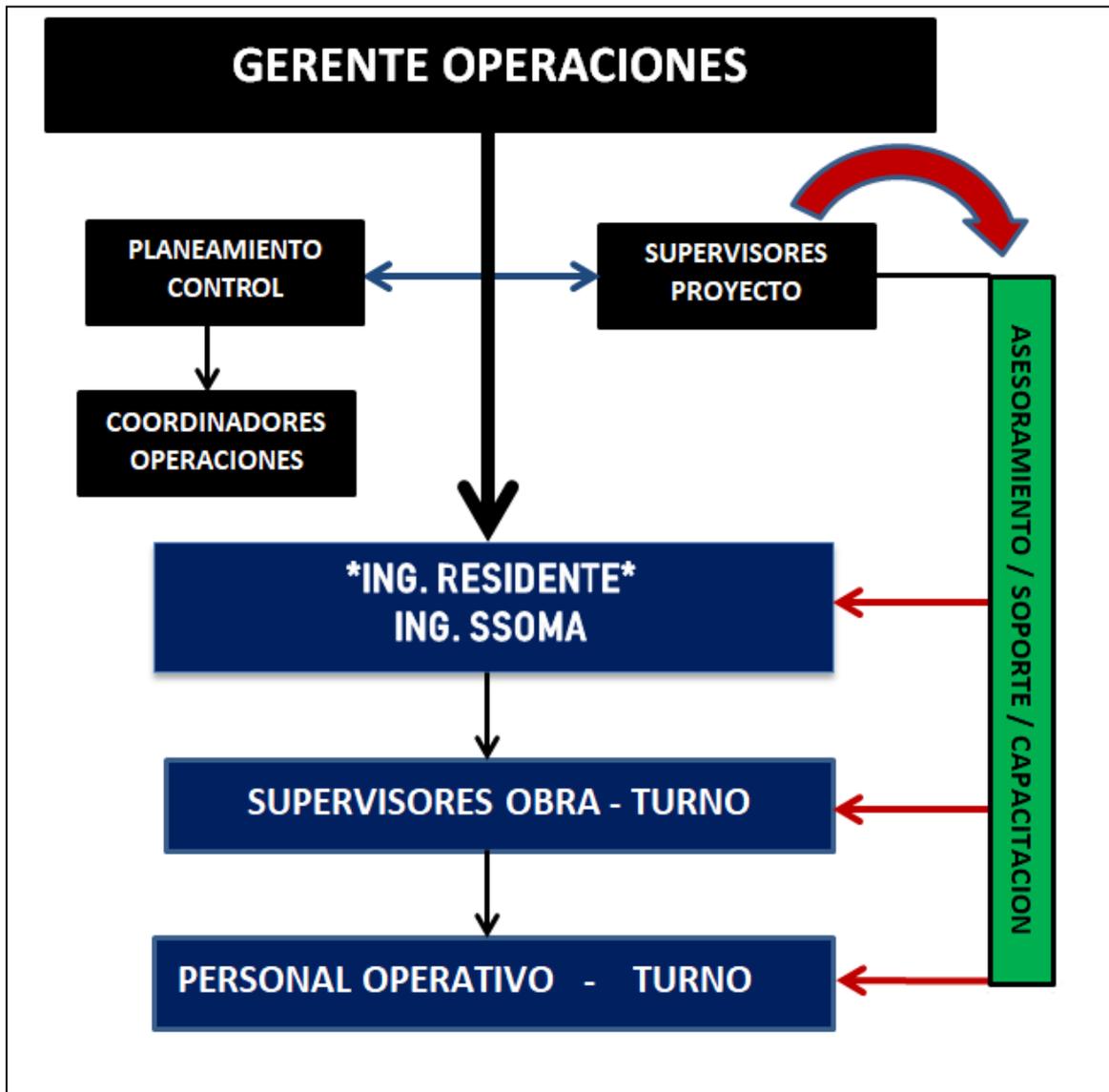


Figura 3. Organigrama de operaciones. Tomada del Artículo Tumi Raise Boring

1.5. Visión y misión

Visión

La meta es ubicarse entre las mejores empresas en el Perú en la minería de plata y el compromiso es generar una producción limpia, es decir, “Cero Accidentes Personales”, “Cero Incidentes Ambientales”, “Cero Incidentes Sociales” y “Cero Incidentes Laborales”; es la constante mejora de los niveles de calidad, productividad y seguridad en todas las operaciones, así como del rendimiento económico de los recursos puestos a disposición por los accionistas. Fomentando la innovación tecnológica permanente y la participación creativa de todos los trabajadores en la búsqueda de mejores, seguras y más eficaces formas de exploración, explotación, producción y gestión administrativa.

Se propugna que el recurso más valioso son los trabajadores por lo que se sienten comprometidos con su desarrollo, su seguridad y su bienestar en la empresa.

Proteger y conservar el medio ambiente es la meta permanente, por lo que hay esfuerzo para que las actividades alcancen en este ámbito, altos niveles, técnica y económicamente viables.

Misión

Es misión de la empresa producir y comercializar concentrados finos de plata y metales afines procedentes de la explotación de la mina y desarrollar actividades de exploración geológica con el fin de asegurar las reservas de mineral que permitan la explotación económicamente rentable de la mina.

Todas las actividades en la empresa deberán alcanzar elevados estándares de calidad, eficiencia, seguridad y costo para lograr que los productos sean competitivos en el mercado internacional de los metales.

Como resultado de las operaciones se deberá lograr altos índices de valor económico agregado y de crecimiento sostenido para la empresa. Esto se debe alcanzar mediante la óptima integración de los recursos humanos, tecnológicos y de gestión y en un ambiente que propicie la iniciativa responsable, el bienestar y la seguridad de todos los trabajadores.

Las actividades en la zona de influencia de las operaciones deberán cumplir con las normas vigentes de protección del medio ambiente. Esta responsabilidad de la empresa recae a su vez en cada uno de sus trabajadores.

1.6. Bases legales

1.6.1. Constitución de la minera

En 1924 la Dirección Peruana de Minas y Petróleo reportó que las minas ubicadas en Morococha estaban produciendo alrededor de 1500 minerales sulfurados que contenían más de 6% de Cu. En setiembre de 2003, *Pan American Silver* Perú S. A., adquiere los derechos de sociedad minera Corona, de las unidades Anticona y Manuelita a través de la compra de la cía. minera *Argentum* S. A.; y de la unidad

minera Morococha a través de la compra de la empresa minera Natividad S. A. En marzo de 2005, cía. minera Argentum se fusiona con la empresa minera Natividad S. A., quedando cía. minera Argentum S. A. (CMA), como titular de las unidades mineras Anticona, Manuelita y Morococha. El proceso de exploración, extracción y procesamiento del yacimiento de Morococha pasó de una fundición a una planta de beneficio de flotación convencional, que procesa un promedio de 1850 toneladas por día de mineral polimetálico, obteniendo concentrados de plomo y zinc (2).

1.7. Descripción del área donde se realizaron las actividades preprofesionales

Las labores encomendadas como supervisor de operaciones fueron realizadas en el área de Mina y Planeamiento, bajo los conocimientos sobre legislación vigente, Gestión de Seguridad y Salud y Medio Ambiente y Cursos de Ventilación en Mina.

Especialmente en obras eléctricas en el proyecto **“Ventilación y ore pass con la máquina electrohidráulica SBM 400 de 200HP/440VAC en interior de mina de Pan American Silver Morococha”**, en la cual se desarrollaron las habilidades del investigador, aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Continental.

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

Durante la permanencia del bachiller en la unidad minera se dedicó a la evaluación de la máquina electrohidráulica con el cargo de supervisor de operaciones en la cual se vio involucrado en las actividades. Supervisando los trabajos asignados a cada grupo de trabajo, donde las responsabilidades son:

- Elaboración de plan de trabajo para los diferentes grupos de trabajo.
- Dar sus órdenes de trabajo.
- Detalle de ingeniería consiste en diseñar los planos de acuerdo a los proyectos.
- Planificar y organizar grupos de trabajo para la ejecución de las actividades de acuerdo al proyecto.
- Reunión con los representantes del personal técnico, para el reporte del cumplimiento y avance de las actividades encomendadas.
- Supervisar diariamente al personal asignado en las diferentes áreas para verificar que se cumpla con los trabajos asignados del día.

- Supervisar en campo el cumplimiento de los procedimientos de trabajo y la utilización de la herramienta de gestión de seguridad.
- Participar y apoyar en el planeamiento, desarrollo y control de los planes de corto y mediano plazo.
- Efectuar el diseño y participar en la definición de la infraestructura para el sistema de ventilación principal, secundaria y auxiliar.
- Participar activamente en la elaboración y control del presupuesto del área respecto a los proyectos de ventilación.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Diagnóstico situacional del proyecto

La empresa *Pan American Silver* dedicada a la minería de plata y actividades relacionadas con ella, incluyendo exploración, desarrollo de minas, extracción, procesamiento, refinación, y remediación se ve en la necesidad y obligación de seguir evolucionando constantemente gracias a nuevas investigaciones e innovaciones, y constantemente se ven nuevos equipamientos y tecnologías para evaluar de qué manera pueden contribuir con mejorar la seguridad de las minas. Adoptando la mecanización, así como reemplazar perforadoras manuales con equipo mecanizado, tal es el caso del uso de la máquina electrohidráulica SBM 400 que es una máquina completamente autónoma que solo necesita de dos hombres para su operación, siendo necesaria la presencia del ingeniero electricista quien va a realizar una planificación y coordinación de los trabajos diarios de mantenimiento mecánico-eléctrico-preventivo, predictivo y correctivo además de supervisar el control de energía eléctrica y ventilación en chimeneas. El uso de perforadoras mecanizadas implica que los trabajadores están expuestos a menor cantidad de riesgos, y eso ayuda a mantener seguras a las personas.

Con la ejecución de la evaluación de la máquina se minimizarán los riesgos evitando posibles penalidades que podría imponer Osinergmin.

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Los conocimientos adquiridos en el desarrollo de las diversas actividades de evaluación de la máquina electrohidráulica en interior de la mina de *Pan American Silver-Morococha*, y trabajando bajo estándares y procedimientos de seguridad a los que se tuvo acceso y participación para su evaluación de la máquina electrohidráulica, enriqueció, al bachiller, de mucho conocimiento; si bien es cierto, tuvo a cargo el manejo de la máquina electrohidráulica SBM 400 DE 200 HP/440VAC para la ventilación y *oreo pass* y que esto favoreció el poder aprovechar al máximo todas las experiencias recogidas en el ámbito laboral, en las aulas y algunas especializaciones de estudios externos que desarrolló durante su carrera profesional, con el fin de ser un valor presente más de la empresa *Pan American Silver*, colaborando en lo que estuviese al alcance para la mejora continua del uso de la máquina electrohidráulica.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

Desarrollar las actividades de ingeniería y el control de mantenimiento preventivo y correctivo en el área de Ventilación, en la empresa *Pan American Silver* con la que tenga en común la escala de valores: gusto por el compromiso, el esfuerzo y la responsabilidad, honestidad, respeto, valoración de la iniciativa, la creatividad y la determinación, excelencia en el trabajo.

2.3.2. Objetivo específico

Realizar trabajos de gabinete formando parte de un equipo de trabajadores con decisión para que el compromiso adquirido sea fructífero para las dos partes crecer y evolucionar profesionalmente.

2.4. Justificación de la actividad profesional

2.4.1. Teórica

Las participaciones profesionales dentro del manejo y control de la máquina electrohidráulica complementan la formación, permitiendo desarrollar cualidades profesionales y también aplicar los conocimientos que se van adquiriendo en la universidad.

Desarrollar un manejo y evaluación en una empresa minera de gran prestigio y buen nivel de gestión de innovación es la única forma de conocer el mundo real, además que contribuye a fortalecer la seguridad y confianza profesional, quienes deben comenzar a establecer su red de contactos. Por ello, aquellos que han practicado en un proyecto antes o después de terminar la carrera tienen un perfil más atractivo hacia los ojos de los empleadores.

2.4.2. Práctica

Hay una etapa en la carrera en la que trabajar se vuelve algo necesario, pero más necesario se vuelve realizarte como profesional con el fin de que uno se adiestre en el campo lo que se ha estudiado y así formar parte de un desarrollo moderno en la gestión de activos, no solamente en el sector eléctrico, sino también en las especialidades como mecánica e instrumentación de los distintos procesos de todo un sistema que se maneja hoy en día en las mejores empresas mineras de clase mundial.

Desarrollar y gestionar el buen control y manejo de las infraestructuras electromecánicas y de todos los activos de la empresa *Pan American Silver*, enriquece de muchos conocimientos para el desarrollo profesional y mejoras de los procesos para el empleador.

2.5. Resultados esperados

- Confiabilidad en la efectividad del diseño y la participación en la definición de la infraestructura para el sistema de ventilación principal, secundaria y auxiliar.
- Con la evaluación y control de la máquina electrohidráulica se redujeron las fallas y riesgos eléctricos en el mayor porcentaje posible.
- Reporte del cumplimiento y avance de las actividades encomendadas sin queja alguna.
- Cumplimiento fiel del proyecto para su respectiva entrega al concesionario.
- Recepción del proyecto sin accidente alguno.
- Liderar la elaboración en el planeamiento, desarrollo y control de los planes de corto y mediano plazo, teniendo la posibilidad de aprender y progresar en el ámbito profesional, también en otros aspectos de interés como organización, diseño y ejecución de proyectos.

- Voluntad de poner a prueba conocimientos adquiridos en la Universidad Continental, así como esfuerzo y capacidad de lucha.
- Oportunidad de culminar las diferentes etapas del plan de vida marcados y cumplir aspiraciones personales.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Actividades realizadas en el proyecto

En el presente capítulo se estudian los conceptos referentes al estudio y ejecución de la obra: **“Evaluación de la máquina electrohidráulica SBM 400 de 200HP/440VAC para la ventilación y ore pass en interior de mina de Pan American Silver Morococha en el año 2020”** con la finalidad de aislar tramos de redes de baja tensión con conductores expuestos que no cumplen las distancias mínimas de seguridad establecidos en el CNE y evitar la ocurrencia de accidentes de electrocución de personas por acercamiento o contacto accidental con estas instalaciones eléctricas.

3.2. Evaluación y máquinas eléctricas en el proyecto

3.2.1. Evaluación

Se enmarca la evaluación en general dentro de la concepción para la toma de decisiones, se afirma que “se entiende por evaluación, en sentido general, aquel conjunto de procesos sistemáticos de recogida, análisis e interpretación de información válida y fiable, que en comparación con una referencia o criterio permita llegar a una decisión que favorezca la mejora del objeto evaluado” (3).

Otros autores conciben “la evaluación como la maquinaria (motor) que dirige y da forma al aprendizaje, más que simplemente un evento final que califica y reporta el desempeño” (4). Considerando que este enfoque permite encontrar nuevas

oportunidades para promover a través de la evaluación tipos de aprendizaje más útiles y deseables (p.13).

Es importante notar que la distinción clave entre un servicio y un producto es el paradigma de que el cliente deriva el valor del servicio a través de un elemento intangible (5). En la industria eléctrica, la percepción del servicio involucra la atención de fallas y el mantenimiento preventivo fuera de la percepción del cliente, así como aspectos de incertidumbre, producto de los fenómenos atmosféricos y accidentes provocados por terceras personas. Esto produce mayor complejidad en la medición de la percepción del servicio de energía eléctrica.

Calidad del Servicio

Es necesario identificar las determinantes o dimensiones para ser capaz de especificar, medir, controlar y mejorar la calidad de servicio percibida por el cliente; sin embargo, el objetivo principal es manipular a esta; esto es esencial para identificar aspectos que puedan influir potencialmente el juicio general del cliente sobre el servicio (6).

3.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un componente importante en la operatividad de una planta industrial y representa probablemente el mayor esfuerzo dentro de su organización. Se define como el cuidado y servicio realizado para mantener la maquinaria en un estado de operación satisfactorio (7). Esto se logra mediante una inspección sistemática que permite la detección y corrección de fallas previa a su ocurrencia o antes de que causen un cambio en el estado de operación óptimo del equipo.

Los objetivos del mantenimiento preventivo son (8):

1. Asegurar y extender la vida útil de los equipos de producción.
2. Reducir el tiempo durante el cual el equipo presenta la falla.
3. Realizar efectivamente un programa planificado de mantenimiento.
4. Minimizar las pérdidas de producción debido a fallas en las máquinas.
5. Promover la limpieza y la seguridad. El mantenimiento preventivo debe estar orientado a la rentabilidad de la empresa, de lo contrario está destinado al fracaso.

Las acciones del mantenimiento preventivo se pueden clasificar de acuerdo a su naturaleza, en los siguientes renglones (9):

Inspección: realizada de forma periódica en equipos y sus elementos, determina su estado comparando sus características físicas, eléctricas, mecánicas, etc., con estándares establecidos.

Servicio: limpieza, lubricación, carga y preservación periódica de los elementos y materiales que componen al equipo para evitar fallas.

Calibración: determina de forma periódica los valores que caracterizan a un elemento comparándolo con un estándar.

Prueba: determina periódicamente el estado de funcionamiento de una máquina y detecta la degradación mecánica o eléctrica.

Ajuste: mecanismo que permite obtener el comportamiento óptimo del equipo al aplicarlo a piezas específicas.

Instalación: reemplazo de las partes consumibles de la maquinaria, en su justo momento, para conseguir las tolerancias específicas del sistema.

3.2.3. Máquinas eléctricas

Máquina

Una máquina es cualquier aparato con el cual se podría llegar a realizar el cambio del tamaño, la trayectoria o el procedimiento de diligencia de una pujanza con el fin de conseguir un desenlace favorable (10). Ejemplos de máquinas es una alzaprima, el plano inclinado, la polea, la biela (manivela) y el árbol (eje) y el gato.

El fundamento de labor de una máquina es el siguiente:

Trabajo de entrada = trabajo útil de salida + trabajo para vencer la fricción.

En las máquinas con tiempos de operación cortos, algo del trabajo que entra se logra monopolizar para acumular energía en la máquina. Como puede ser, extender un resorte interno o enaltecer una polea móvil.

Máquina eléctrica

Una máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica, pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grandes grupos (11):

- Generadores: transforman energía mecánica en eléctrica.
- Motores: transforman energía eléctrica en mecánica. Se puede clasificar en motor de corriente continua o motor de corriente alterna.
- Transformadores y convertidores conservan la forma de la energía, pero transforman sus características.

Una máquina eléctrica tiene un circuito magnético y dos circuitos eléctricos. Normalmente uno de los circuitos eléctricos se llama excitación, porque al ser recorrido por una corriente eléctrica produce las amperevueltas necesarias para crear el flujo establecido en el conjunto de la máquina.

Desde una visión mecánica, las máquinas eléctricas se pueden clasificar en:

- Rotativas (generadores y motores).
- Estáticas (transformadores). Las máquinas rotativas están provistas de partes giratorias, como las dinamos, alternadores, motores.

Las máquinas estáticas no disponen de partes móviles, como los transformadores. Para el estudio a realizar a continuación se clasifican las máquinas como lo anteriormente visto: rotativas y estáticas.

3.2.4. Potencia de las máquinas eléctricas

La potencia de una máquina eléctrica es la energía desarrollada en la unidad de tiempo. La potencia de un motor es la que se suministra por su eje (11). Una dinamo absorbe energía mecánica y suministra energía eléctrica, y un motor absorbe energía eléctrica y suministra energía mecánica. La potencia que da una máquina en un instante determinado depende de las condiciones externas a ella; en una dinamo del circuito exterior de utilización y en un motor de la resistencia mecánica de los mecanismos que mueve. Entre todos los valores de potencia posibles hay uno que da las características de la máquina, es la potencia nominal, que se define como la que

puede suministrar sin que la temperatura llegue a los límites admitidos por los materiales aislantes empleados. Cuando la máquina trabaja en esta potencia se dice que está a plena carga. Cuando una máquina trabaja durante breves instantes a una potencia superior a la nominal se dice que está trabajando en sobrecarga.

3.2.4.1. Clasificación según el servicio

Es importante conocer la clase de servicio a la que estará sometida una máquina (11):

- **Servicio continuo:** corresponde a una carga constante durante un tiempo suficientemente largo como para que la temperatura llegue a estabilizarse.
- **Servicio continuo variable:** se da en máquinas que trabajan constantemente, pero en las que el régimen de carga varía de un momento a otro.
- **Servicio intermitente:** los tiempos de trabajo están separados por tiempos de reposo. El factor de marcha es la relación entre el tiempo de trabajo y la duración total del ciclo de trabajo.
- **Servicio unihorario:** la máquina está una hora en marcha a un régimen constante superior al continuo, pero no llega a alcanzar la temperatura que ponga en peligro los materiales aislantes. La temperatura no llega a estabilizarse.

3.2.4.2. . Rendimiento

De manera general, se define como la relación entre la potencia útil y la potencia absorbida expresada en %.

$$\eta = \frac{P_u}{P_{ab}} * 100$$

3.2.4.3. Máquinas eléctricas rotativas

En la tesis “Diseño, automatización e implementación de una máquina ovilladora electrohidráulica de cuerda polímero-plástica para la empresa Inducuerdas Ltda.” (11). Expone que muchos dispositivos pueden convertir energía eléctrica a mecánica y viceversa. La estructura de estos dispositivos puede ser diferente, dependiendo de las funciones que realicen. Algunos dispositivos son usados para conversión continua de energía, y son dispositivos que pueden ser: actuadores, tales como solenoides, relés y electromagnetos. Todos ellos son física y estructuralmente

diferentes, pero operan con principios similares de energía, es esencialmente un medio de transferencia entre un lado de entrada y uno de salida, como lo muestra la figura 3. En el caso de un motor, la entrada es la energía eléctrica, suministrada por salida es energía mecánica enviada a la carga, la cual puede ser una bomba, ventilador, etc.

El generador eléctrico convierte la energía mecánica por una máquina prima (turbina) a energía eléctrica en el lado de la salida. La mayoría de estos dispositivos pueden funcionar, tanto como motor o como generador.

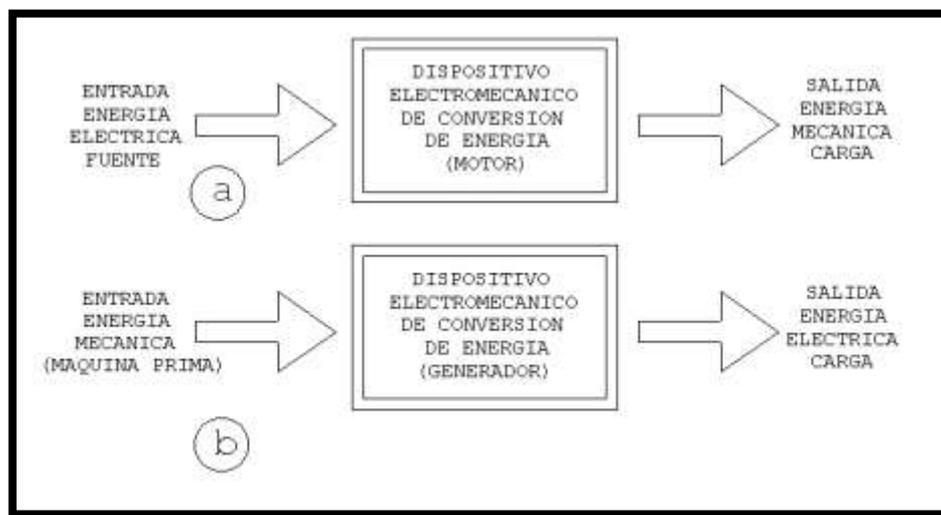


Figura 4. Diagrama de bloques de dispositivos electromecánicos de conversión de energía, (a) motor, (b) generador. Tomada del Manual del pequeño minero

3.2.4.4. Flujos de potencia y pérdidas

Un sistema electromecánico de conversión tiene tres partes esenciales (11):

- Un sistema eléctrico.
- Un sistema mecánico.
- Un campo que los une.

Las pérdidas pueden clasificarse dentro de las siguientes categorías:

- **Pérdidas en el cobre de los devanados (rotor y estator):** las pérdidas en el cobre de una máquina son las pérdidas por calentamiento debido a la resistencia de los conductores del rotor y del estator:

$$P = I^2R. -58-$$

- **Pérdidas en el núcleo:** las pérdidas del núcleo se deben a la histéresis y a las corrientes parásitas. Con frecuencia a estas pérdidas se les conoce como pérdidas de vacío o pérdidas rotacionales de una máquina. En vacío, toda la potencia que entra a la máquina se convierte en estas pérdidas.
- **Pérdidas mecánicas:** las pérdidas mecánicas se deben a la fricción de los rodamientos y con el aire.
- **Pérdidas adicionales:** las pérdidas adicionales son todas aquellas pérdidas que no se pueden clasificar en ninguna de las categorías descritas arriba. Por convención, se asume que son iguales al 1% de salida de la máquina.

La eficiencia de una máquina es una relación entre su potencia útil de salida y su potencia total de entrada:

$$E = (P_{sal}/P_{ent})100$$

3.2.5. Sistema hidráulico

El sistema que se encarga de enviar el caudal de fluido limpiador es el sistema hidráulico, el mismo que siempre mantendrá una presión constante de líquido para la correcta limpieza de las partes automotrices.

Hidráulica

La hidráulica, en general, es una ciencia que consiste en las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos y la aplicación de dichas leyes a la resolución de problemas prácticos. Estudia los flujos en conductos abiertos y cerrados en los causes de los ríos, canales, canaletas, tuberías, túneles, vertederos etc. Se trata de una disciplina en definición semiempírica en razón a que utiliza deducciones analíticas de ciertas leyes físicas complementadas con parámetros o coeficientes experimentales que representan comportamiento de los líquidos que no pueden ser descritos de manera estricta con métodos teóricos o conceptuales (12) (p. 10).

3.2.6. Circuitos electrohidráulicos básicos

Electrohidráulica

La electrohidráulica es el resultado de combinar la aplicación de dos ramas importantes de la automatización: electricidad o electrónica y la hidráulica. La electrohidráulica tiene un alto nivel de contribución a la industria, es responsable de hacer funcionar los equipos automatizados (13) (p.76).

Mandos eléctricos para el control de electroválvulas

Este circuito consta de dos mandos eléctricos diferentes para controlar las electroválvulas que manejan los actuadores hidráulicos. El relé eléctrico es muy importante para el accionamiento indirecto (13) (p.77).

Circuito regenerativo o diferencial

Utilizando elementos similares en los dos circuitos diferentes del sistema hidráulico, incluyendo los cilindros, se obtienen velocidades diferentes en el avance (13) (p.77).

Método de regulación a la entrada para el control de las velocidades del actuador

La utilización del método de regulación en los circuitos anteriores permite controlar en la entrada la velocidad del avance y retroceso o ambas al mismo tiempo. La observación permanente de los manómetros es necesario hacerlo siempre antes y después de la válvula reguladora de caudal para saber las diferencias con otros métodos de regulación (13) (p.78).

Método de regulación a la salida para el control de velocidad del actuador

La utilización del método de regulación en los circuitos anteriores permite controlar en la salida la velocidad del avance y retroceso o ambas al mismo tiempo. La observación permanente de los manómetros es necesario hacerlo antes y después de la válvula reguladora de caudal y de la entrada del cilindro para saber las diferencias con otros métodos de regulación (13) (p.79).

Mando de control con la función lógica “Y”

El circuito se ejecuta al desarrollar la función lógica “Y”. Su función es permitir el avance del cilindro, solo si los pulsadores están pulsados al mismo tiempo (13) (p.80).

Mando de control con la función lógica “O”

El circuito se ejecuta al desarrollar la función lógica “O”. Su función es no permitir el avance del cilindro, solo cuando los pulsadores no están accionados (13) (p.81).

Mando de control con la función lógica “NOR”, lógica positiva

Se considera que en la bobina Y1 la tensión de 24 DC es el estado “1” (o de activación del actuador) y que 0V DC será el estado “0” (o desactivación del actuador) (13) (p.82).

Mando de control con la función lógica “NOR”, lógica negativa

Se considera que en la bobina Y1 la tensión de 0V DC es el estado “1” (o de activación del actuador) y que 24 DC será el estado “0” (o desactivación del actuador) (13) (p.83).

3.2.7. Componentes de la máquina electrohidráulica

La máquina está dada por los siguientes componentes:

3.2.7.1. Conductor eléctrico

Un conductor eléctrico es un instrumento que brinda escasa resistencia al progreso de la electricidad. Son materiales en los cuales su resistencia al paso de la electricidad es muy diminuta. Los principales conductores eléctricos son metales, los mismos que pueden ser el cobre, el hierro y el aluminio, los metales y sus aleaciones, pero prevalecen distintos materiales no metálicos que, asimismo, tienen la pertenencia de transportar la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) o cualquier material en estado de plasma (14) (p. 19).



Figura 5. Cable eléctrico. Tomada de Diseño de una máquina escariadora (15)

3.2.7.2. Interruptor eléctrico

El interruptor eléctrico es un mecanismo mecánico, que tiene como función fundamental cortar el camino de la tensión eléctrica de un circuito (14) (p. 36).

Dispositivo de corte de corriente



Figura 6. Interruptor eléctrico. Tomada de Diseño de una máquina escariadora (15)

3.2.7.3. Motor eléctrico

Un motor eléctrico es básicamente un aparato que transforma energía eléctrica en movimiento o esfuerzo mecánico, con ayuda de recursos electromagnéticos. En los motores eléctricos, la velocidad de revolución del rotor es minúsculamente menor a la velocidad de revolución del campo magnético del estator, debido a la fricción del rotor en los cojinetes, rozamiento con el aire y a la carga acoplada al eje del rotor, por

tal motivo se les conoce a estos motores con el nombre de motores asíncronos (16) (p.2).

Motor eléctrico, transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

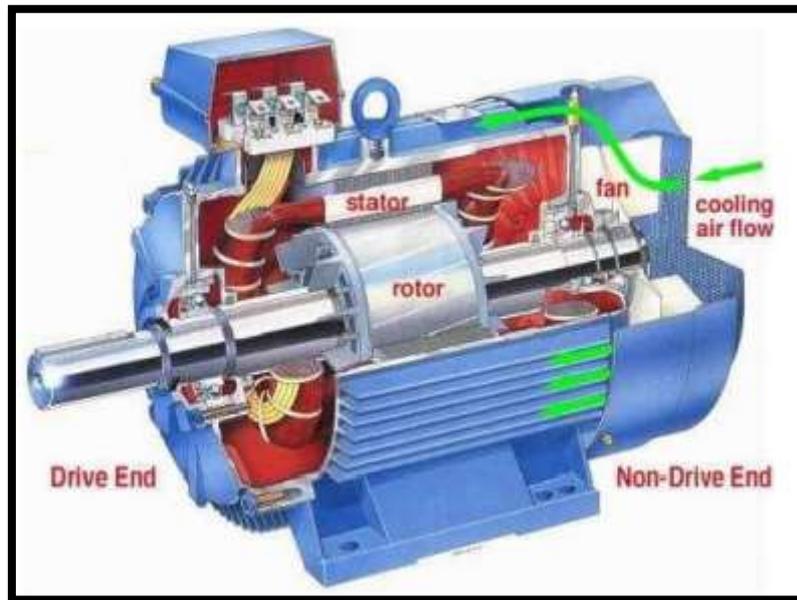


Figura 7. Motor eléctrico. Tomada de Diseño de una máquina escariadora (15)

3.3. Máquina electrohidráulica SBM 400 DE 200 HP/440VAC

3.3.1. Generalidades

El Sistema *Raise Borer* de la SBM 400 SP funciona a través de una unidad de potencia electrohidráulica, la cual cuenta con un motor eléctrico AC que acciona a las bombas hidráulicas para proporcionar los caudales necesarios para obtener el torque deseado en la rotación y las presiones deseadas en el rimado. El sistema es operado desde una consola de control a distancia, conectada a la unidad de potencia y a la máquina *Raise Borer* a través de mangueras hidráulicas y cables eléctricos de 30 pies (9 m) de largo. Los componentes silenciosos del tren de engranajes de la transmisión incluyen un planetario de alta calidad y engranajes rectos, los que permiten el cambio suave al rango de alta velocidad para las perforaciones de los hoyos pilotos o, de baja velocidad para ejercer presión y rimar.

La siguiente lista proporciona información general adicional referente al sistema de la SBM 400 SP.

Tabla 1.
Sistema SBM 400 SP

Hoyo piloto y broca tricónica	9", 97/8 (229,251 mm) para tuberías de 8"
	11" (279 mm) para tubería de 10"
Tuberías de perforaciones	
Diámetro x longitud	8" (230 mm) x 4' (1,220 mm)
	10" (254 mm) x 5' (1524 mm)
Tipo de rosca	DI-22 (2 entradas, 2 hilos por pulgada)
Resistencia	Standard o Alta (para tubería de 10')
Peso / pie lineal (tubería standard)	88.3 lb/pie (131.6 kg/m), 152 lb/ft (226.5 kg/m)
Angulo de perforación con respecto a los <i>Mounting Bases</i>	90° hasta 45°

Tomada del Manual completo SBM 400 SP 072 (17)

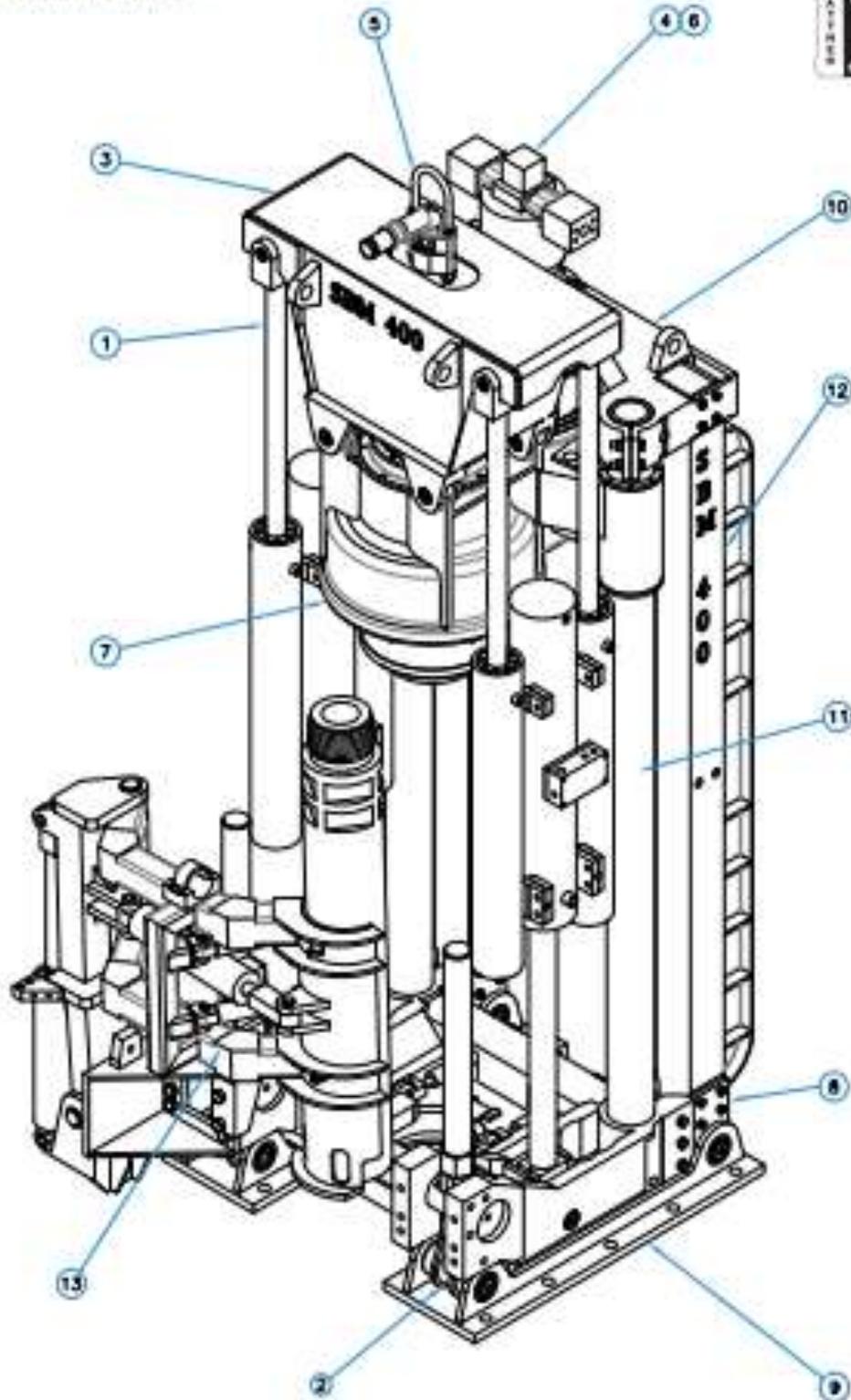


Figura 8. La máquina perforadora SBM 400. Tomada del manual completo SBM 400 SP 072 (17)



Figura 9. Máquina SBM 400 SP. Tomada del manual completo SBM 400 SP 072 (17)

3.3.2. Capacidades de funcionamientos

Para facilitar el transporte se puede separar la máquina en subensambles. Una vez instalados todos sus componentes, la máquina está en capacidad de perforar hoyos de distintos tamaños. Esto depende básicamente de la cantidad de cortadores a usar, la longitud del hoyo, el tipo de roca a perforar, el ángulo de perforación y el tamaño de tubería.

Durante el funcionamiento, el sistema proporciona una velocidad de rotación de hasta 60 rpm. La velocidad variable y el torque constante del sistema de rotación hidráulico permiten que la velocidad de rotación se ajuste de acuerdo a las condiciones de la roca sin desconectar la cabeza rimadora o perder velocidad de penetración. Asimismo, el torque constante de la transmisión permite que las tuberías se acoplen con un ajuste uniforme. Esto hace que las uniones roscadas de las tuberías sean fáciles de desacoplar sin forzar los componentes dentados, o que se necesite la ayuda

de una herramienta de desacople. Además, origina menos desgaste en los respaldos de las roscas de la tubería.

El diseño de las cabezas rimadoras *Stu Blattner Inc.* de forma plana, proporciona un funcionamiento parejo de bajo torque, lo que extiende su vida útil. La cabeza rimadora se conecta mecánicamente al *Stem*, el cual al ser desinstalado reduce la altura de la cabeza rimadora a la mitad a fin de facilitar su transporte. Otra ventaja de los *Stems* removibles consiste en que la misma cabeza rimadora puede ser usada con diferentes tamaños de tuberías de perforación y *Stem*, con solo cambiar unos cuantos componentes accesorios de la máquina. Además, cuando se desgastan las platinas estabilizadoras o las conexiones de las roscas, solo se debe de cambiar el *Stem* en lugar de toda la cabeza rimadora. Los insertos de carburo de tungsteno de las platinas estabilizadoras proporcionan una resistencia al desgaste mayor a 8 veces que las platinas comúnmente endurecidas. Los componentes de la columna de perforación de la SBM 400 SP incluyen: el *Bit Roller Stabilizer*, *Six-Rib Stabilizers* y generalmente, tuberías de perforación de 10 pulgadas de diámetro nominal (254 mm). El *Bit Roller Stabilizer* ubicado sobre la broca piloto asegura un hoyo redondo del diámetro deseado mientras que los *Six-Rib Stabilizers* ayudan a disminuir la desviación direccional. Normalmente el tamaño nominal para las brocas piloto de la SBM 400 SP son de 11 pulgadas (279 mm) y de diseño tricónico.

3.3.3. Especificaciones de performance

La siguiente es una lista de las especificaciones del desempeño del Sistema de Perforación de la SBM 400 SP

Tabla 2.**Capacidades de la máquina**

Capacidades		Nominal
Rango de capacidades(*)	Longitud Diámetro	2200 pies/ 670m 8 pies/ 2.4 m
Potencia Total Instalada		300 hp/ 224 kW
Empuje de Escariado (**)		760,000 lbf / 3,390 kW
Torque máximo		158,000 ibf-pie /214 kN-m
Ajuste del Angulo de perforación		45° - 90°
Pesos y dimensiones		
Ancho de la máquina		6 pies 2 pulg. / 1880 mm
Altura extendida de la máquina		13 pies 2 pulg. / 4020 mm
Altura de la máquina (retraída)		10 pies 6 pulg. / 3200 mm
Máx. altura de la máquina en ángulos		13 pies 8 pulg. / 4170 mm
Profundidades de la máquina		5 pies 1 pulg. / 1550 mm
Peso ***		30000 libras / 13650 kg
Tubería		10 pulg. X 5 pies
		254 mm x 1.5 m
		11 1/4 pulg. X 5 pies
Altura del lugar de trabajo		286 mm x 1.5 m
		15 pies / 4.5 m

Tomada del manual completo SBM 400 SP 072 (17)

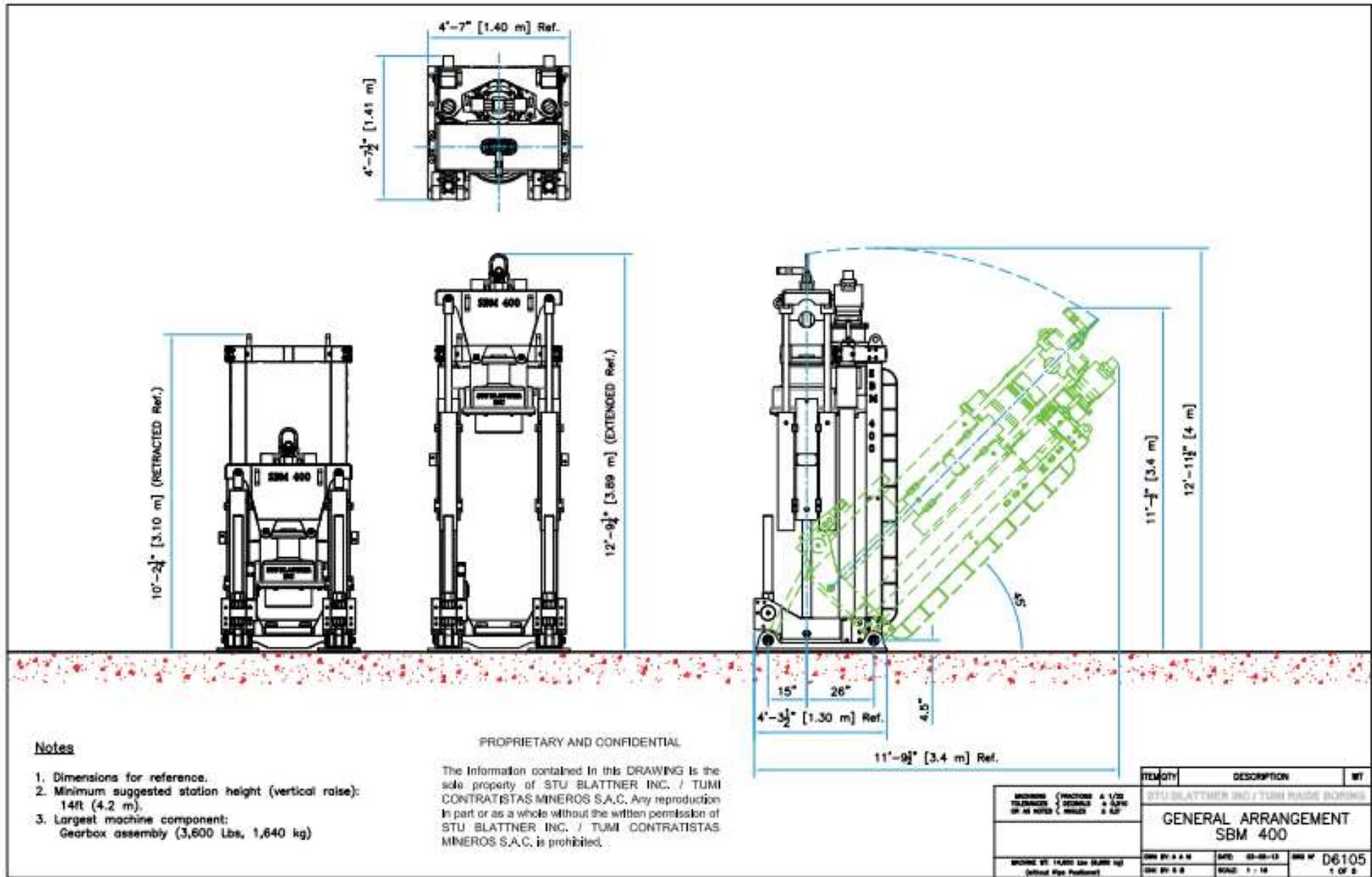


Figura 10. Arreglos generales I de la máquina. Tomada del Manual completo SBM 400 SP 072 (17)

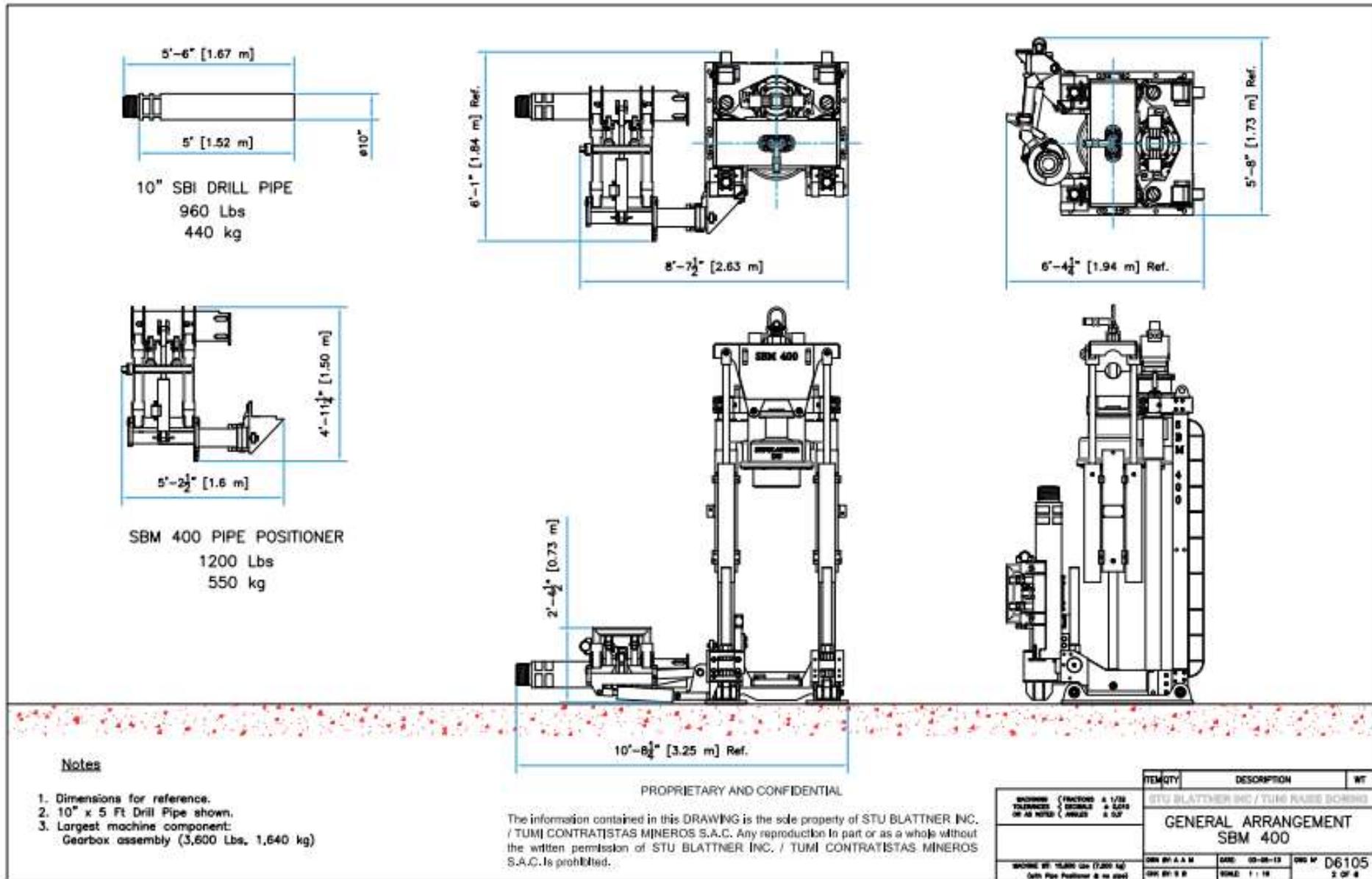
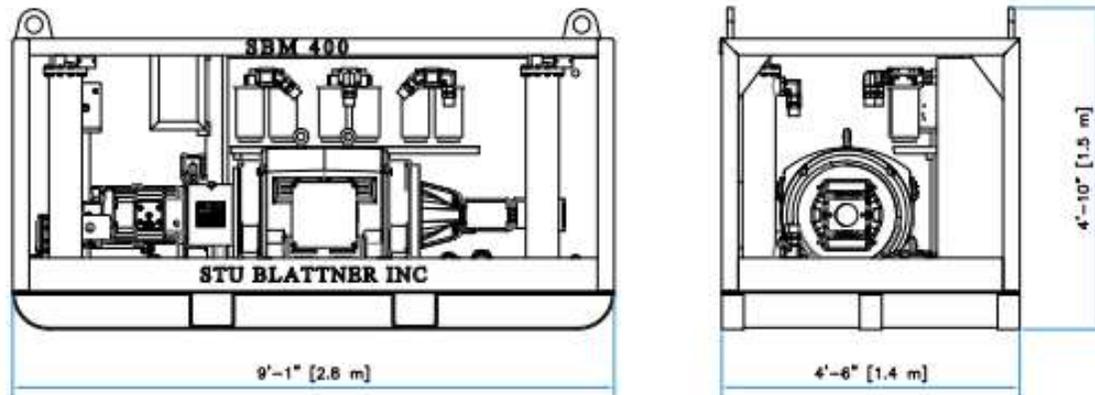
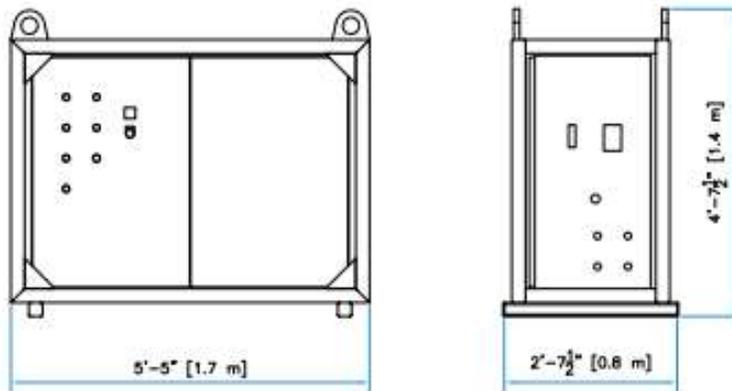


Figura 11. Arreglos generales II de la máquina. Tomada del Manual completo SBM 400 SP 072 (17)



POWER PACK UNIT

WT: 8,800 Lbs
4,000 kg



ELECTRICAL CABINET

WT: 880 Lbs (400 kg)

Note:
Dimensions in inches. Only for reference.

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

The information contained in this DRAWING is the sole property of STU BLATTNER INC. / TUMI CONTRATISTAS MINEROS S.A.C. Any reproduction in part or as a whole without the written permission of STU BLATTNER INC. / TUMI CONTRATISTAS MINEROS S.A.C. is prohibited.

ITEM	QTY	DESCRIPTION	WT
STU BLATTNER INC / TUMI RAISE BORING			
GENERAL ARRANGEMENT			
SBM 400			
REV: 01	DATE: 03-05-13	BY: D6105	
REV: 02	SCALE: 1:10		3 OF 6

Figura 12. Arreglos generales III de la máquina. Tomada del Manual completo SBM 400 SP 072 (17)

3.3.4. Mantenimiento preventivo

- Inmovilizar de manera segura la máquina para realizar las labores de mantenimiento, siguiendo las instrucciones técnicas. Corte el fluido y bloqueo del equipo.
- Reponer los fluidos hidráulicos hasta los niveles especificados.
- Detectar mediante inspección visual las fugas en los diferentes sistemas.
- Revisar periódicamente el estado de los elementos de corte para comprobar el estado de desgaste.
- Sustituir los elementos de cortes rotos o desgastados siguiendo las instrucciones de trabajo.
- Limpiar las tuberías de bombeo siguiendo las normas de seguridad específicas.
- Sustituir las tuberías de bombeo siguiendo las instrucciones de trabajo.
- Limpiar la máquina diariamente siguiendo los procedimientos establecidos.
- No realice ningún trabajo para el que no esté capacitado o autorizado.
- Reserve un área de seguridad suficiente alrededor de la perforadora para realizar cualquier trabajo de mantenimiento.
- Si el equipo o parte del equipo se ha detenido asegúrese de no encenderlo por accidente.
- No trabaje debajo de un aparato o componente que ha sido elevado por el sistema hidráulico, use apoyos como medida de seguridad, para realizar cualquier trabajo de mantenimiento.

Problemas que causan una viscosidad muy baja en el sistema hidráulico

- El rompimiento de la película de lubricación sobre rodamientos
- El contacto metal-metal entre las superficies a lubricar causa un rápido desgaste de estas, (desprendimiento de partículas metálicas).
- Las filtraciones internas de los componentes aumentan, lo que reduce la eficiencia.
- Incremento de temperatura.
- Producción de burbujas en el aceite, lo que conlleva a cavitación del sistema.

Problemas que causan una viscosidad muy alta en el sistema hidráulico

- Pérdida de flujo en el sistema y, por lo tanto, también un deterioro de la eficiencia.

- Aumento de la carga dirigida a los sellos y, por lo tanto, un crecimiento del esfuerzo en los sellos hidráulicos.
- Cavitación de la bomba debido a que la capacidad de succión de la bomba no es suficiente.
- Incremento de temperatura.

Mantenimiento del sistema eléctrico

- El trabajo con equipos o materiales eléctricos está restringido solo a electricistas calificados o a sus asistentes bajo su supervisión y control. Siempre use componentes eléctricos normados.
- Si hay problemas en el sistema eléctrico, detenga la perforadora en el instante y llame a un electricista calificado.
- Aplicar *Lock Out* en todos los sistemas que se van a reparar, revisar o prestar servicio.
- Al manejar componentes de alto voltaje recuerde que los condensadores pueden contener energía eléctrica, a pesar de que el circuito haya sido abierto y se encuentre bloqueado.
- Evitar la exposición de polvo y humedad en los componentes eléctricos y electrónicos.
- Llevar un control periódico del estado de los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Drenaje

Si la máquina va a estar fuera de operación por algún tiempo, el agua debe ser drenada fuera del intercambiador de calor. Esto se logra desenroscando el tapón en la tapa final del intercambiador de calor y, a continuación, se realiza un soplado del sistema con aire. En climas extremadamente fríos, el hecho de no drenar el intercambiador de calor puede dar lugar a la congelación y la ruptura del intercambiador de calor.

Filtración

La importancia de una buena filtración para cualquier Sistema Hidráulico debe ser enfatizada. Cualquier sustancia extraña en el sistema causa un desgaste excesivo en las bombas y motores, así como posibles fallas del sistema. Para evitar la contaminación del sistema, las unidades de potencia de *Stu Blattner Inc.* están

diseñadas con filtros de 10 micras. Los filtros de presión en el sistema cuentan con indicadores en la parte superior de los filtros para permitir que el operador sepa cuándo cambiar el elemento filtrante. Estos indicadores deben controlarse diariamente. Los filtros sin indicadores deben chequearse regularmente para detectar la acumulación de suciedad y otras materias extrañas.

3.3.5. Componentes principales

3.3.5.1. Máquina perforadora

Máquina para perforar la roca y es accionado por aire comprimido. Existen numerosos diseños de perforadoras para aplicaciones a cielo abierto y subterráneo, pero todos se miden según la productividad y la economía.



Figura 13. Máquina perforadora. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.5.2. Unidad de potencia

Los *power pack* son un componente esencial en la mayoría de los sistemas hidráulicos, utilizados en vez de una fuente de alimentación integrada. Permiten la presurización y desplazamiento de fluidos a escala portátil para transmitir energía de un lugar a otro y permitir el funcionamiento de maquinarias. Son también elementos de mucha utilidad para trabajos industriales que se realizan en talleres o al aire libre. Para la generación, transmisión y distribución de la presión hidráulica.



Figura 14. Power Pack. Tomada de Tumi Raise Boring (18)



Figura 15. Componentes del Power Pack. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.5.3. Gabinete eléctrico

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados.



Figura 16. Gabinete eléctrico. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.5.4. Panel de control remoto

Es un dispositivo electrónico para realizar una operación a distancia sobre una máquina el cual proporciona una manera de utilizar las funciones de la máquina.



Figura 17. Power Pack. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.6. Componentes principales

3.3.6.1. Escariadores

El proceso de escariado se realiza con una herramienta denominada escariador o cuchilla, al que se le comunican dos movimientos, uno rotativo sobre su propio eje, y otro de desplazamiento rectilíneo a lo largo de dicho eje para el avance de la cuchilla a lo largo de la manguera. Una máquina escariadora tiene un aparato de escariado para esquivar simultáneamente las superficies externas e internas de un extremo de una manguera reforzada. El aparato comprende una herramienta de corte de diámetro exterior, un mandril de separación interna y un soporte para sujetar la herramienta de corte de diámetro exterior y el mandril de separación interna en una relación sustancialmente perpendicular (19).

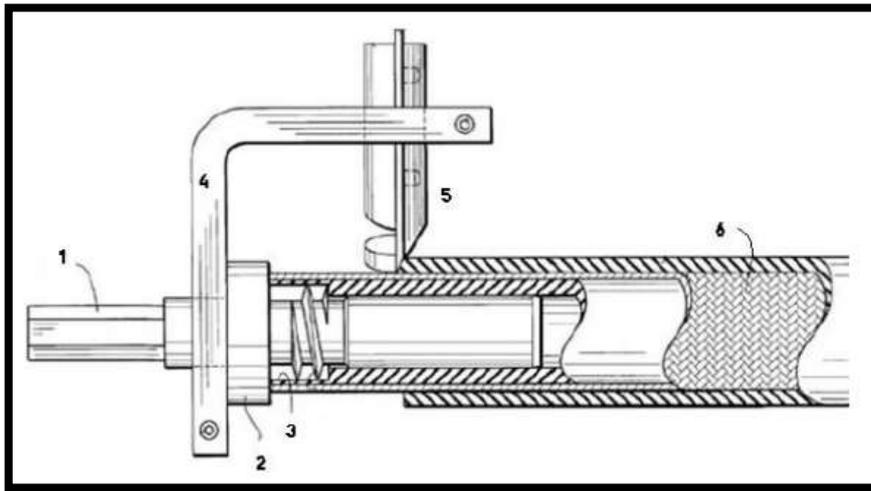


Figura 18. Método común de escariado externo e interno (vista lateral). Tomada de Diseño de una máquina escariadora (15)

3.3.6.2. Estabilizador de escariado

Es un componente de perforación que está conformado por unos *ribs* o aletas alrededor del diámetro exterior soldados longitudinalmente con una soldadura de alta dureza y que sirve para estabilizar la columna durante el escariado. El estabilizador debe tener la calibración de 2 mm por debajo de la medida del hoyo piloto al pie de la chimenea (20).



Figura 19. Estabilizador de escariado. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.6.3. Bit rollers

Se utiliza en el proceso piloto para prolongar la vida útil de la bronca piloto (trícono).



Figura 20. Bit-rollers. Tomada de Tumi Raise Boring (18)

3.3.6.4. Cortadores

Componente conformado internamente por rodamientos y un eje y exteriormente por insertos de carburo de tungsteno. Que cumple la función en fracturar la roca mediante corte por cizalla durante el escariado (20).



Figura 21. Cortadores. Tomada del artículo de Tumi Raise Boring (18)

3.3.6.5. Cabeza rimadora

Está compuesta principalmente por su estructura, el *Stem*, cortadores y monturas. El posicionamiento exacto (*profile*) de las monturas y cortadores sobre la cabeza rimadora es obligatorio para su correcto desempeño durante el rimado. Para esto, las monturas (*saddles*) de los cortadores están precisamente localizados sobre la superficie superior de la cabeza rimadora mediante el uso de dos pines guías (*dowel pins*) y seis pernos de sujeción mientras que los cortadores están sujetos a estas monturas por medio de dos pernos de sujeción. Todos los pernos son de grado 8.



Figura 22. Cabeza rimadora. Tomada del artículo de Tumi Raise Boring (18)

3.3.6.6. Tubería de perforación

Proveen el vínculo primario, a través de roscas DI-22, entre los componentes de corte y la máquina. El diseño SBI ofrece la ventaja de poder volver a fabricar el extremo pin roscado de sus tuberías, dándoles una segunda vida.



Figura 23. Cabeza rimadora. Tomada del Manual completo de SBM 400 SP 072 (17)

3.3.6.7. Bomba

Las bombas son destinadas a comunicar presión y velocidad a los fluidos y muchas veces es como resultado de una restricción a la circulación corriente abajo de la salida de la bomba. Si no hay esa restricción, entonces se produce poca presión y se necesita menos potencia para impulsar la bomba.



Figura 24. Bomba 100 HP. Tomada del Manual completo de SBM 400 SP 072 (17)

3.3.6.8. Broca piloto

La broca piloto se instala en el extremo inferior de la columna de perforación y es el principal componente de corte en la fase piloto. Las brocas que se usan en el sistema *Raise Boring* están equipadas con un pin roscado regular API para conectarse al *Bit Sub* durante el inicio del hoyo piloto o al *Bit Roller Stabilizer* durante la perforación piloto.



Figura 25. Broma piloto. Tomada del Manual completo de SBM 400 SP 072 (17)

3.3.7. Accesorios principales para máquina *Raise Borer*

La máquina *Raise Borer* es la que directamente proporciona las fuerzas de empuje y rotación a la columna de perforación para la rotura de la roca.

La máquina *Raise Borer* consta de las siguientes partes principales:

- Las planchas base (*base plates*), que son los apoyos de la máquina y que servirán para fijar la máquina al suelo.
- El soporte inferior (*mainframe*), que está montado sobre las planchas bases y soportan a las columnas y a los cilindros hidráulicos.
- Las columnas guías, que sirven para guiar el movimiento de los cilindros hidráulicos.
- El soporte superior (*headframe*); que va montado sobre la parte superior de las columnas
- Los cilindros hidráulicos (*hydraulic cylinders*), que son los elementos que otorgan la fuerza de empuje y movimiento hacia abajo / arriba y que soportan el sistema de transmisión.
- El sistema de transmisión (*drive train*), que son los elementos que otorgan el torque y el movimiento de rotación. Este sistema está compuesto a su vez por una carcasa (*crosshead*) que se mueve junto con los cilindros hidráulicos dentro de las columnas guías y sirve para sostener la transmisión (*gear box*) y el motor de rotación (hidráulico o eléctrico).

3.4. Ventilación y ore pass

3.4.1. Ore pass

Labor minera construida para echadero de mineral.

1. En la tesis “*Mejorar el acarreo de mineral en ore pass mediante el uso de parrillas acarteladas y berma metálica de seguridad en la unidad minera San Rafael 2018*” (21). En el pie del ore pass se tienen instaladas tolvas de acumulación de mineral, dejando caer el mineral, estas tolvas abren sus compuertas mediante acondicionamiento hidráulico dejando caer el mineral en los volquetes que están estacionados previamente en la base de la tolva, estas tolvas funcionan con energía eléctrica y luego continúan con el acarreo hacia superficie, para de esta manera reemplazar el uso de cámaras de acumulación de mineral optimizando la cantidad y uso de los equipos de limpieza y acarreo de mineral.

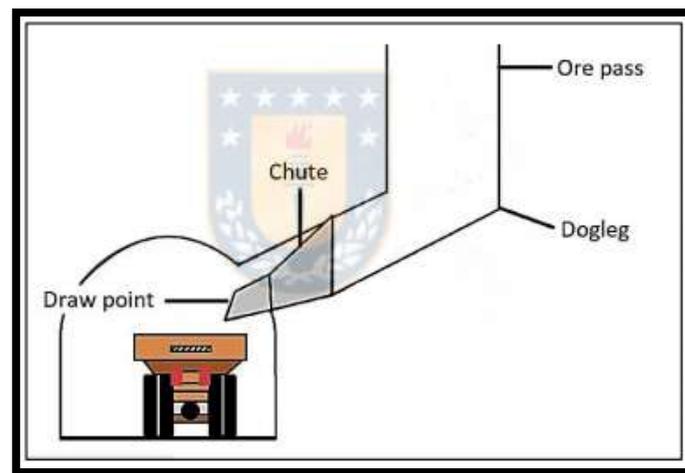


Figura 26. Estructura de un pique de traspaso con caja de quiebre. Tomada de Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas (22)

3.4.2. Ventilación

En la tesis “*Sistema de ventilación, usando el software Ventsim en la compañía minera Chalhuane, Camaná, Arequipa, 2017*” (23). Se expone que es el arte y ciencia que trata de distribuir y encausar la circulación de volúmenes de aire dentro de las operaciones mineras de modo más económico, ya sea por medios naturales o mecánicos, a fin de satisfacer las necesidades de oxígeno del personal, de las máquinas y diluir, transportar los contaminantes sólidos y gaseosos para que no afecte la capacidad de trabajo y salud de trabajador y más bien mejoren las condiciones

ambientales y termo-ambientales de la mina a concentraciones y temperaturas aceptables.

3.4.2.1. Tipos de ventilación

Ventilación natural

“Para la ventilación natural tiene que existir una diferencia de alturas entre la bocamina principal de entrada y la bocamina de salida, el ingreso y salida de aire es por las galerías, chimeneas, piques, etc. Siendo la velocidad de aire no menor de 20 m/min.” (22).

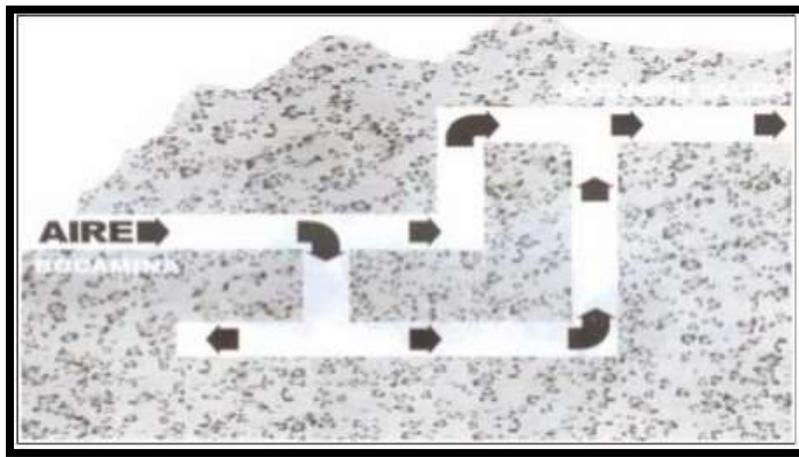


Figura 27. Circuito de ventilación natural. Tomada de Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas (22)

Ventilación artificial

“Se realiza por medio de ventiladores que introducen aire fresco a través de mangas. Es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares en labores que solo tengan una vía de acceso teniendo un avance no superior a 60 m.” (22).

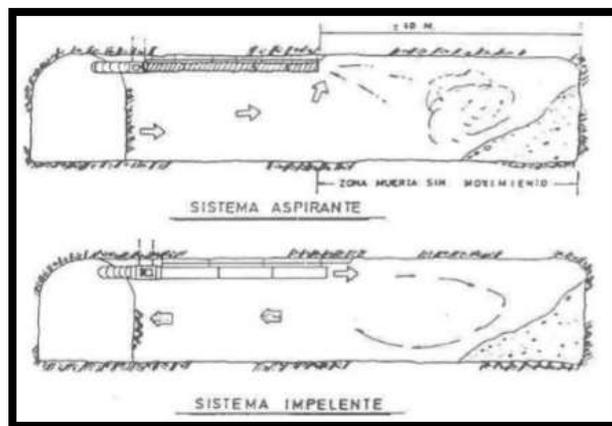


Figura 28. Ventilación Artificial. Tomada de Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas (22)

3.4.3. Ventilación de minas

“La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, etc.” (24).

En las labores que tienen solamente un acceso es una necesidad ventilar con la ayuda de una tubería. Esta tubería es posicionada entre la entrada y el final de la labor por donde ingresa la tubería. Este método es conocido como una ventilación de carácter secundario, mientras que aquella que recorre el total de la mina se denomina ventilación principal.

La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores.

Se requiere establecer la circulación de aire fresco en el interior de la mina subterránea porque:

- Se debe tener un contenido mínimo necesario de oxígeno en el interior de la mina.
- Los gases en el interior de la mina son gases tóxicos o explosivos como ocurre en las minas de carbón.
- Cada vez que se profundiza la mina aumenta la temperatura, 1° por cada 33 metros de profundidad.

3.4.3.1. Sistema de ventilación de minas

Ventilación natural

El tiro natural se debe en las minas a la diferencia de peso específico del aire entrante y saliente. Esta diferencia de peso específico proviene principalmente de la diferencia de temperatura del aire, en menor grado de la diferencia de presión, y todavía tiene menor influencia la variación de la humedad y composición química del aire (25).

Ventilación mecánica

Los sistemas de ventilación artificial que pueden emplearse son los siguientes:

a. Longitudinal

Con circulación longitudinal por el túnel, este sistema aplicable fundamentalmente en túneles de corta longitud se funda en la inyección del aire de una de las bocas del túnel por medio de una central de ventilación, aire que es repulsado por una serie de aceleradores colocados a lo largo del túnel fuera del galibo, en entrante por encima del techo o bóveda a fin de que no perturben la circulación de vehículos (26).

b. Transversal

La circulación del aire fresco y la extracción del aire viciado se realizan en sentido transversal en el túnel. Para la sección adicional que requieren los conductos de ventilación, es preciso un estudio previo en el que se determina la necesidad o no de centrales de ventilación intermedias, así como la de las centrales de ambas bocas (26).

3.4.3.2. Seguridad en ventilación

- Tener en cuenta que el DS 024-2016 establece en el Anexo 15 el límite de exposición ocupacional de gases.
- Al inicio de cada labor se debe de monitorear la cantidad de gases presentes, para ello es recomendable implementar medidores de gases, lo cual ayudaría en gran medida a disminuir los incidentes por gaseamiento.
- Cuando la ventilación natural no es suficiente, se debe implementar ventilación mecánica (ventiladores primarios y secundarios).
- Se debe realizar una evaluación semestral de los equipos de ventilación.

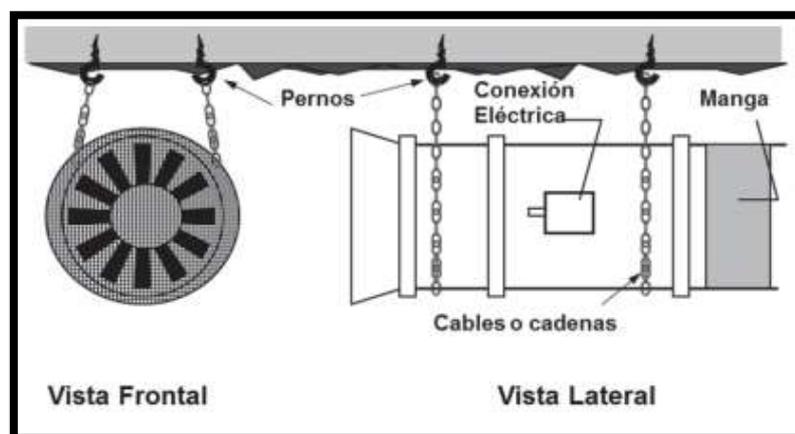


Figura 29. Ventilador. Tomada del Manual del pequeño minero (27)

3.4.4. Raise Borer

La tecnología *Raise Borer* llega a Perú en los años 70 con la incorporación de un equipo *Raise Borer*, el cual excava diversas chimeneas. Hoy este método está consolidándose en el Perú, desplazando a otras tecnologías como la Jaula Trepadora *Alimak* o *Vertical Crater Retreat* (VCR) principalmente por la seguridad y productividad en las operaciones.

3.4.4.1. Método Raise Borer

Consiste principalmente en la utilización de una máquina electrohidráulica en la cual la rotación se logra a través de un motor eléctrico y el empuje del equipo se realiza a través de bombas hidráulicas que accionan cilindros hidráulicos. Básicamente, la operación consiste en perforar, descendiendo, un tiro piloto desde una superficie superior, donde se instala el equipo, hasta un nivel inferior. Posteriormente se conecta en el nivel inferior el escariador el cual actúa en ascenso, excavando por corte y cizalle, la chimenea, al diámetro deseado. Dependiendo de las características del equipo, el motor eléctrico puede ser de 150 HP a 500 HP, este rango de potencias irá directamente en relación con el diámetro final de escariado y la longitud del pique o chimenea. En este método de excavación de chimeneas se necesitará contar con dos superficies de trabajo: al inicio de la excavación, en la parte superior y al final de la excavación en la parte inferior. Es decir el método será aplicable para excavaciones en interior de la mina entre dos galerías o desde superficie a una galería ubicada al interior de la mina (28).

3.5. Mina de *Pan American Silver Morococha*

3.5.1. Descripción de la empresa

La empresa se fundó el 7 de marzo de 1979 como *Pan American Energy Corporation*, en setiembre de 1984 cambia de nombre *Pan American Minerals Corp.*, y adquiere los proyectos *Waterloo* y *Hog Heaven* (USA), finalmente en 1995 cambia de nombre a *Pan American Silver Corp.*, con la cual define su núcleo de negocio principal, se enfoca en la producción de plata; después de más de dos décadas de producción y crecimiento financiero *Pan American Silver Corp.*, es la primera empresa minera productora de plata primaria del mundo, con seis minas de plata operativas en México, Perú, Bolivia y Argentina; también cuenta con un gran portafolio de yacimientos minerales y proyectos de desarrollo. *Pan American Silver Corp.*, posee y

opera 10 minas ubicadas en México, Perú, Canadá, Bolivia y Argentina. Además, es dueña de la mina Escobal en Guatemala que actualmente no está operando. En Perú las minas en operación son Morococha, Huarón, La Arena y Shahuindo. Por otro lado, *Pan American Silver Corp.*, posee las siguientes propiedades avanzadas en desarrollo de etapas: Waterloo (California, EE. UU.), La Bolsa (Sonora, México) y Pico Machay (Huancavelica, Perú).

3.5.2. Ubicación

La mina Austria Duvaz, unidad Morococha, está ubicada en el distrito minero de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín; aproximadamente a 140 km, al Este de la ciudad de Lima, situada adyacente a la carretera central. Las operaciones mineras están centradas en la zona de Tuctu. Los campamentos y las instalaciones minero-metalúrgicas están aproximadamente a 8 km al Este de la divisoria continental, conocida con el nombre de Ticlio, a una elevación de 4 500 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas son:

76° 10' Longitud Oeste

11° 36' Latitud Sur



Figura 30. Ubicación de la unidad Morococha de la sociedad minera Austria Duvaz. Tomada de Propuesta de solución al análisis de Iperc (1)

3.5.3. Fisiografía

La topografía del distrito minero de Morococha es abrupta, con elevaciones que están por lo general entre 4400 a 5000 m s. n. m. La cumbre más alta de la zona es el cerro Yanasinga con 5.480 m s. n. m.; los valles son de origen glaciar, en “U”, cuyos fondos están ocupados por lagunas escalonadas, tales como Huacracochoa, San Antonio y Huascacocha; estrías y depósitos glaciares son evidencia de una fuerte glaciación ocurrida en la zona. El clima de la región es frígido con dos estaciones bien marcadas, la húmeda de noviembre a abril, con lluvias y precipitaciones sólidas (nevada y granizo) y la seca durante el resto del año; durante la estación húmeda. Las precipitaciones sólidas alimentan los glaciares para luego formar riachuelos que descienden por las laderas y alimentan a las lagunas; el drenaje es hacia el Este, vertiente del Atlántico.

3.5.4. Producción

La empresa produce y comercializa concentrados finos de plata y metales afines como plomo, zinc y cobre procedentes de la explotación de la mina.

Los minerales comerciales más abundantes son: calcopirita, tetraedrita, enargita, esfalerita y galena. La calcosita y covelita son minerales supergénicos. La molibdenita está ampliamente distribuida en vetillas de cuarzo en los *stocks* San Francisco y Gertrudis. Minerales de ganga más abundantes son pirita, magnetita y cuarzo.

La actividad minera en la U. E. A. Morococha se realiza en tres zonas: Manuelita, Codiciada y Yacumina. La zona Manuelita consta de dos minas: Manuelita y Sulfurosa, aporta el 41% de la producción total de Morococha y se mantiene por encima de la ley promedio por lo que es una de las zonas más importantes. La zona Codiciada consta de 2 minas: Codiciada y San Antonio, adicionalmente se ha iniciado la explotación de tajos en el proyecto Sierra Nevada pero pertenece a la mina Codiciada; como zona aporta el 49% de la producción total de Morococha y es reguladora de las leyes de zinc, esta zona es de suma importancia por el volumen que aporta específicamente la mina Codiciada y por las leyes de la mina San Antonio. La zona Yacumina es reguladora de las leyes tanto de plata como de zinc, especialmente en plata.

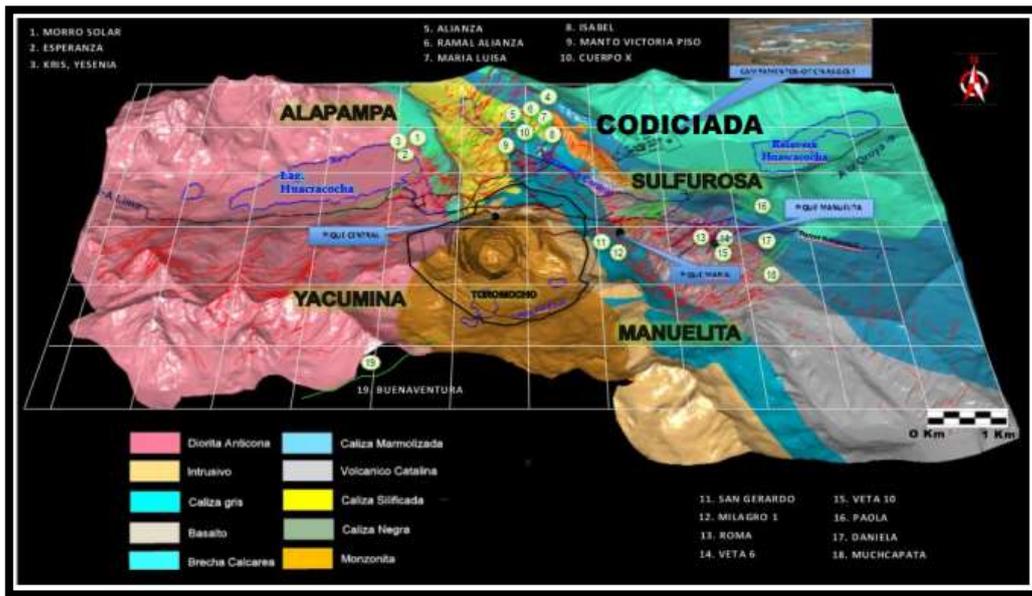


Figura 31. Geología local mina Morococha. Tomada de Estrategias para minimizar el cash cost (29)

3.5.5. Operaciones mineras

Las operaciones mineras subterráneas se explotan por el método *cut & fill* mecanizado y convencional. La selección del método de explotación depende de la ubicación, el ancho, la orientación y las condiciones del macizo rocoso de la veta a explotar.

Morococha cuenta con una planta de beneficio de flotación convencional, que procesa un promedio de 2,000 toneladas por día de mineral polimetálico, obteniendo concentrados de plomo, cobre y zinc con contenidos de plata y oro.

La distribución de la producción de plata es típicamente entre 60% y 65% para los concentrados de cobre, entre 21% y 28% para los concentrados de plomo, y entre 12% y 15% a los concentrados de zinc.

Morococha produce anualmente entre 2.5 y 2.7 millones de onzas de plata esto representa el 9% de producción total de *Pan American Silver Corp.*

3.5.5.1. Método de explotación *cut & fill*

La selección del método de explotación depende básicamente de las condiciones del yacimiento siendo los parámetros más importantes; buzamiento, ancho de veta y calidad de roca. Según los parámetros citados; en la zona Manuelita

y Codiciada se explotó por el método de *cut & fill* convencional utilizando relleno hidráulico como parte del ciclo de minado, para la perforación se utilizaron perforadoras convencionales tipo *Jack-leg* o *stopper*; para la limpieza se utilizaron winches eléctricos de 15 HP a través de ello es transportado hacia los *ore pass* ubicados en el eje central del tajo. El método de explotación *cut & fill* semimecanizado se utiliza en vetas de potencia mayor a 2 m, principalmente consiste en desarrollar rampas auxiliares y accesos hacia la zona mineralizada, siendo la primera actividad la perforación, para ello se utilizan jumbos eléctrico-hidráulicos con barra de perforación de 14 pies de longitud. La limpieza y acarreo se realiza con equipos tipo LDH con capacidad de 2.2 y 4.2 yd³ recorriendo una distancia máxima de 150 m desde el tajo hacia las cámaras de carguío y *ore pass*. El sostenimiento es definido según las condiciones geomecánicas del macizo rocoso, en este tipo de minado se utiliza *shotcrete* con espesor de 2 pulgadas y pernos *hydrabolt* de 7 pies de forma sistemática distribuidos a 1.5 m x 1.5 m de espaciamiento con la finalidad de asegurar el autoaporte y garantizar la seguridad de los trabajadores.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

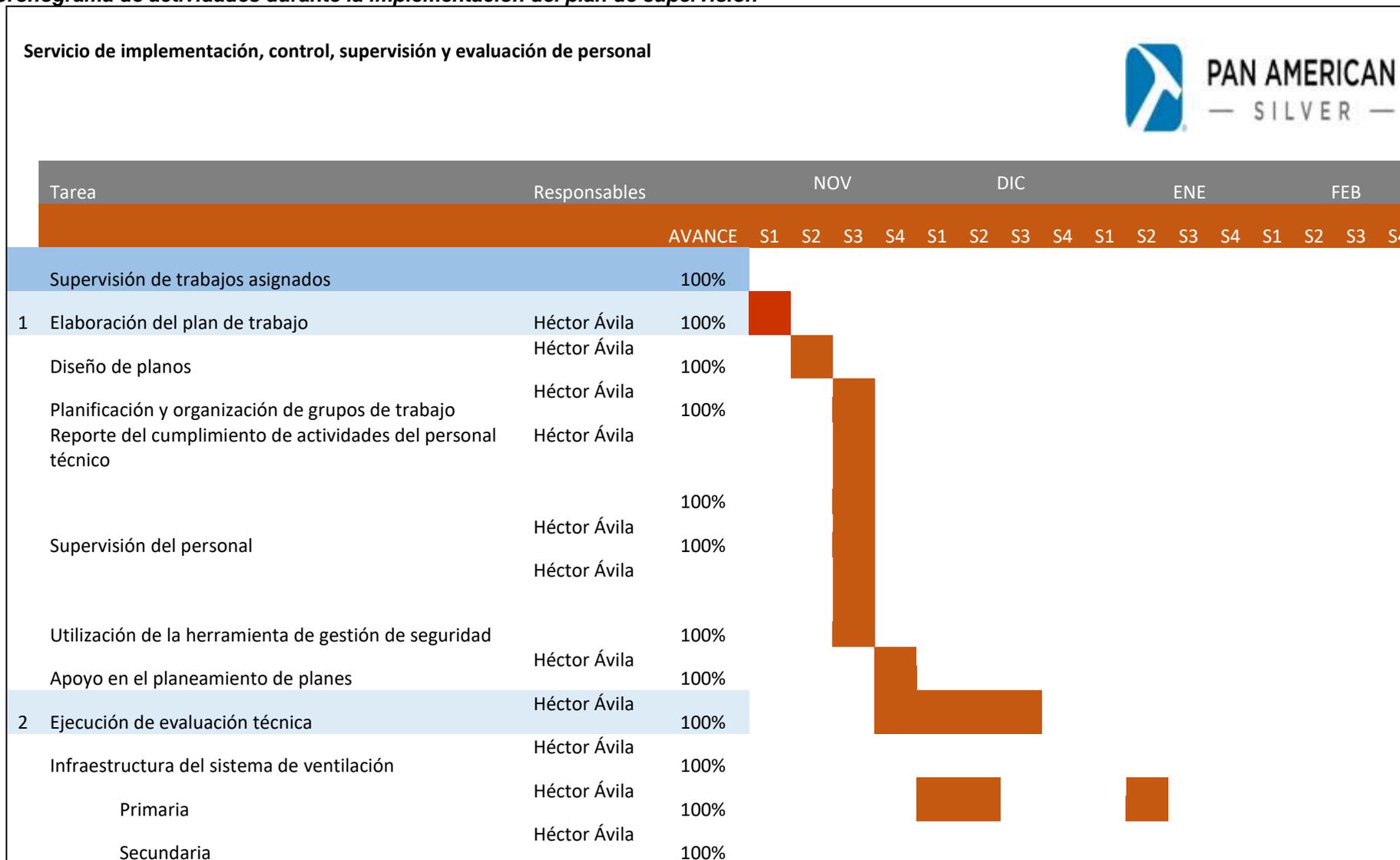
4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. Actividad 1: detalle de ingeniería

Las actividades realizadas como supervisor de operaciones fueron el manejo de la máquina electrohidráulica y la supervisión de los trabajos asignados a cada grupo de trabajo, empleando las capacidades de coordinación y colaboración solicitadas por la minera *Pan American Silver*.

En el presente cuadro se aprecian las tareas propuestas dentro de la gestión de supervisión de los trabajos asignados y su desarrollo según cronograma establecido y en el tiempo propuesto.

Tabla 3.
Cronograma de actividades durante la implementación del plan de supervisión



	Auxiliar	Héctor Ávila	100%					
3	Revisión de planes de mantenimiento preventivo		100%					
	Máquina electrohidráulica		100%					
	Ventiladores		100%					
	Motores		100%					
	Control de energía eléctrica		100%					
	Chimeneas		100%					
4	Elaboración protocolos de inspección de equipos críticos		100%					
5	Control de presupuesto	Héctor Ávila	100%					
	Proyectos de ventilación	Héctor Ávila	100%					

4.1.2. Actividad 2: elaboración de planes de trabajo

Plan de trabajo

Un plan de trabajo es un esquema en el que se pueden visualizar todas las acciones que una empresa debe llevar a cabo para realizar un proyecto o trabajo específico. Se trata de una guía de tipo temporal en la que se brindan respuestas claras con respecto a los objetivos, recursos y tareas que son necesarias para realizar un determinado proyecto.

Realizar el plan de trabajo para mejorar el diseño de los planos de acuerdo a los proyectos, en la empresa minera *Pan American Silver* Morococha.

Determinar las fallas que generan mayor indisponibilidad de la infraestructura para los sistemas de ventilación y ore pass en la empresa minera *Pan American Silver*.

4.1.3. Actividad 3: proyección y presupuestos

Las actividades de proyección y presupuesto son elaboradas y rellenas de acuerdo a las planillas de estructura como las cantidades de suministros de materiales utilizados para los proyectos de ventilación.

Presupuesto

Es el cálculo anticipado del coste de una obra o un servicio según lo avanzado físicamente como cantidad de materiales, trabajos realizados, transporte, etc.

4.1.4. Actividad 4: planteamiento y programación

En este paso de las actividades se realizó la Implementación de Plan Semanal que se presenta 7 días antes de que inicie la semana entrante; en coordinación con el área de planeamiento de minera *Pan American Silver* se cargan los datos al software SAP del cliente para la evaluación y aprobación por el área de planeamiento y finalmente se obtienen las órdenes de trabajo (OT) para la semana entrante y el desarrollo de cada actividad.

Tabla 4.
Semanas programadas para presentación del plan tentativo

Año 2020				
Mes	Semanas	Inicio	Fin	Resp.
Enero	2020W1	31/12/2019	6/1/2020	Héctor
	2020W2	1/1/2020	7/1/2020	Ángel
	2020W3	2/1/2020	8/1/2020	César
	2020W4	3/1/2020	9/1/2020	César
	2020W5	4/1/2020	10/1/2020	César
Febrero	2020W6	5/1/2020	11/1/2020	Héctor
	2020W7	6/1/2020	12/1/2020	Héctor
	2020W8	7/1/2020	13/1/2020	Héctor
	2020W9	8/1/2020	14/1/2020	César
Marzo	2020W10	9/1/2020	15/1/2020	César
	2020W11	10/1/2020	16/1/2020	César
	2020W12	11/1/2020	17/1/2020	Héctor
	2020W13	12/1/2020	18/1/2020	Ángel
Abril	2020W14	13/1/2020	19/1/2020	César
	2020W15	14/1/2020	20/1/2020	César
	2020W16	15/1/2020	21/1/2020	César
	2020W17	16/1/2020	22/1/2020	Héctor
Mayo	2020W18	17/1/2020	23/1/2020	Héctor
	2020W19	18/1/2020	24/1/2020	Héctor
	2020W20	19/1/2020	25/1/2020	César
	2020W21	20/1/2020	26/1/2020	César
Junio	2020W22	21/1/2020	27/1/2020	César
	2020W23	22/1/2020	28/1/2020	Héctor
	2020W24	23/1/2020	29/1/2020	Ángel
	2020W25	24/1/2020	30/1/2020	César
Julio	2020W26	25/1/2020	31/1/2020	César
	2020W27	26/1/2020	1/2/2020	César
	2020W28	27/1/2020	2/2/2020	Héctor
	2020W29	28/1/2020	3/2/2020	Héctor
Agosto	2020W30	29/1/2020	4/2/2020	Héctor
	2020W31	30/1/2020	5/2/2020	César
	2020W32	31/1/2020	6/2/2020	César
	2020W33	1/2/2020	7/2/2020	César
Setiembre	2020W34	2/2/2020	8/2/2020	Héctor
	2020W35	3/2/2020	9/2/2020	Ángel
	2020W36	4/2/2020	10/2/2020	César
	2020W37	5/2/2020	11/2/2020	César
Octubre	2020W38	6/2/2020	12/2/2020	César
	2020W39	7/2/2020	13/2/2020	Héctor
	2020W40	8/2/2020	14/2/2020	Héctor
	2020W41	9/2/2020	15/2/2020	Héctor
Noviembre	2020W42	10/2/2020	16/2/2020	César
	2020W43	11/2/2020	17/2/2020	César

	2020W44	12/2/2020	18/2/2020	César
	2020W45	13/2/2020	19/2/2020	Héctor
Diciembre	2020W46	14/2/2020	20/2/2020	Ángel
	2020W47	15/2/2020	21/2/2020	César
	2020W48	16/2/2020	22/2/2020	César
	2020W49	17/2/2020	23/2/2020	César

4.2. Enfoque de las actividades profesionales

El proyecto describe los procesos para gestionar los cambios en el presupuesto, recursos, cronograma, entregables e hitos del proyecto. Los procesos del proyecto proporcionan un enfoque consistente para solicitar, evaluar, realizar cambios durante el ciclo de vida del proyecto, con la finalidad de mejorar y gestionar adecuadamente los activos de la empresa minera *Pan American Silver*.

4.3. Alcance de las actividades profesionales

En las etapas de desarrollo del proyecto siempre es importante conocer las metodologías que el profesional empleará en el proyecto, así como también cómo será el seguimiento de las actividades ya finalizadas, todo esto con el objeto de minimizar situaciones problemáticas y que puedan generar desgaste en la relación trabajador-supervisor durante la ejecución de la obra.

4.4. Entregables de las actividades profesionales

Como resultado de las actividades profesionales se entrega lo siguiente:

Información técnica:

Entregable 1: planes de trabajo de los diferentes grupos de trabajos.

Entregable 2: reporte del cumplimiento y avance de actividades encomendadas

Entregable 3: formato del diseño e infraestructura para el sistema de ventilación

Entregable 4: elaboración y control del presupuesto del área respecto a los proyectos de ventilación

4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.5.1. Metodologías

El desarrollo de las actividades parte de la observación de problemas y fallas; por ello, se recopilaron datos de campo y en base a cálculos de estudios técnicos, y gran parte de los conocimientos aprendidos en la Universidad Continental, como en los trabajos diarios que se desarrollan, sumado a esto las hojas de cálculo Excel que

se elaboran según las necesidades para planificar las estrategias de evaluación y control en función a los objetivos trazados.

4.5.2. Técnicas

Para que el proyecto dé fruto, los ingenieros e involucrados del área de mantenimiento y supervisión deben definir con claridad los objetivos e indicadores de las estrategias de coordinación del proyecto y emplear los métodos y técnicas de trabajo apropiados. Con lo que corresponde a la ingeniería se debe identificar y emplear la mejor metodología disponible para llevarse a cabo de manera eficiente el proyecto.

Capacitación

Capacitación al personal en los nuevos planes de trabajo y proyectos de ventilación, para el correcto desarrollo y puesta en marcha de los nuevos formatos de mantenimiento preventivo, protocolos de inspección, procedimientos y fiel cumplimiento de las órdenes de trabajo.



Figura 32. Capacitación del personal

Trabajo con prevención

Todo trabajo tiene que ser planificado semanas o días antes al desarrollo de la actividad, en cualquier trabajo que no es seguro para la actividad se vuelve a planificar de forma segura para que las dificultades que surjan puedan resolverse en condiciones óptimas de trabajo. A ello, en Morococha, se le llama Responsabilidades en Seguridad, todo el personal supervisor y técnicos deben trabajar de manera segura cumpliendo los roles del trabajador y supervisor.

Es preciso planificar cualquier trabajo de forma segura para que las dificultades que surjan puedan resolverse en condiciones óptimas.

4.5.3. Instrumentos

Para la realización y medición de los trabajos se utilizaron los instrumentos siguientes:

- Pinza amperimétrica
- Cámara
- GPS
- Binoculares

4.5.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Los equipos utilizados para la realización del trabajo fueron los siguientes:

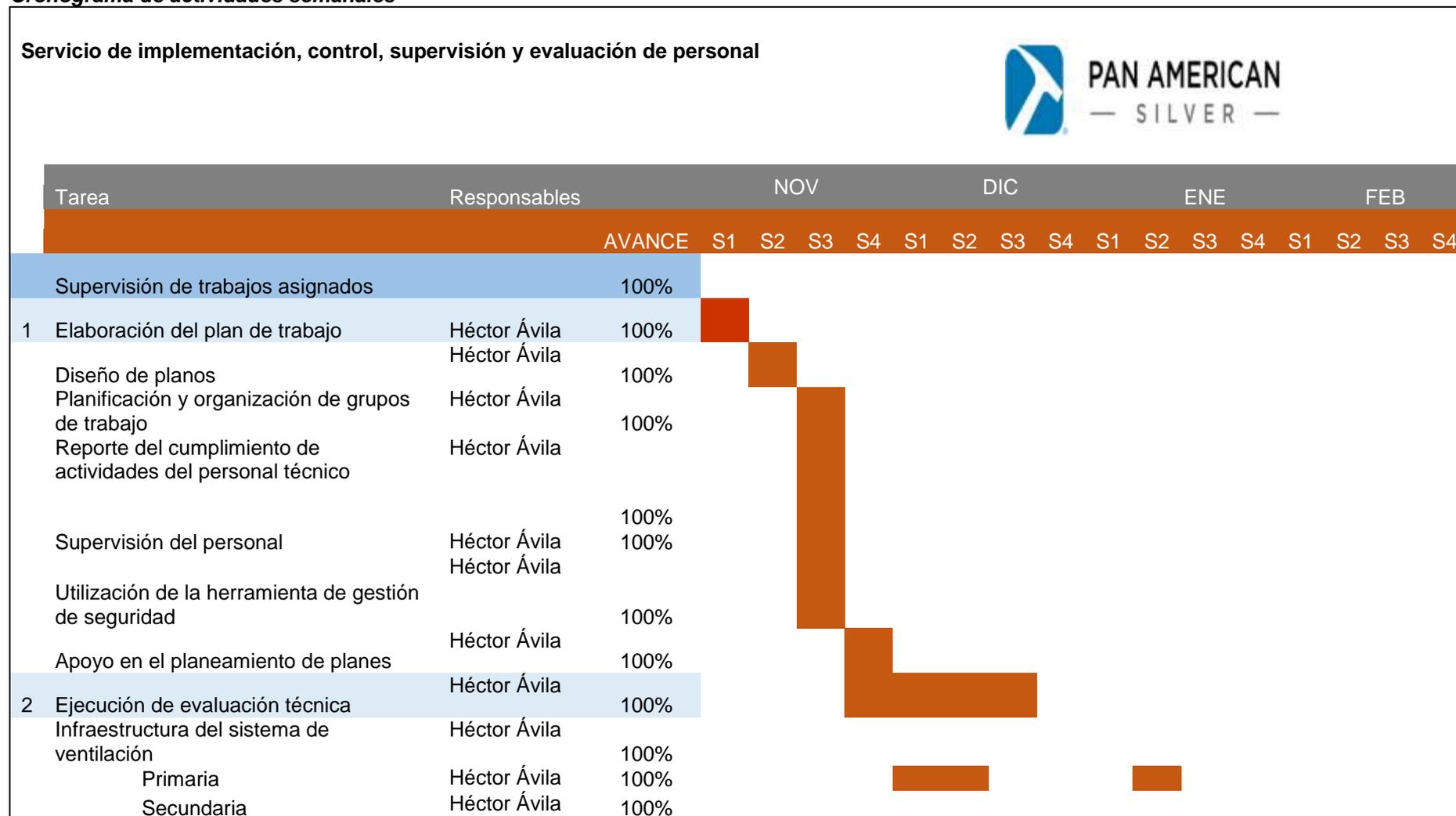
- Laptops
- Computadoras
- Impresoras

4.6. Ejecución de las actividades profesionales

4.6.1. Cronograma de actividades realizadas

Tabla 5.

Cronograma de actividades semanales



	Auxiliar	Héctor Ávila	100%					
3	Revisión de Planes de Mantenimiento Preventivo		100%					
	Máquina electrohidráulica		100%					
	Ventiladores		100%					
	Motores		100%					
	Control de energía eléctrica		100%					
	Chimeneas		100%					
4	Elaboración protocolos de inspección de equipos críticos		100%					
5	Control de presupuesto	Héctor Ávila	100%					
	Proyectos de ventilación	Héctor Ávila	100%					

Tabla 6.**Resumen de entregables en informe mensual**

Contenido		N.º Pag
A DISPONIBILIDAD, MTBF, MTTR		
1	Tiempo medio de reparación por sistema	3
2	Tiempo medio de reparación por área	4
3	Tiempo medio entre fallas por sistema	5
4	Tiempo medio entre fallas por área	6
5	Disponibilidad por sistema	7
6	Disponibilidad por área	8
B Gestión de proceso, planeación y programación CMMS		
1	Mano de obra por tipo de mantenimiento H-H	9
2	Mantenimiento programado vs. no programado	10
3	Mantenimiento programado vs. no programado H-H	11
4	Mantenimiento correctivo vs. preventivo	12
5	Mantenimiento correctivo vs. preventivo H-H	13
6	Cumplimiento de trabajos programados	14
7	Productividad	15

4.6.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Planeación

Consiste en preparar un programa o cronograma antes de iniciar el proyecto, que involucre a las principales actividades del proyecto, inicio y finalización de eventos, los cuales son fechas por establecer, las cuales deben de cumplirse durante el desarrollo del proyecto.

En la planeación no hay referencia directamente a prevenir etapas y procesos que se desarrollarán en el proyecto para poder preparar no solo los puntos críticos, sino tener un costo y tiempo estimado del proyecto.

Diseño conceptual

Basándose en los datos obtenidos de la planeación del proyecto, este se inicia con el replanteo del proyecto tomando en consideración la programación de la ejecución y del reporte de las actividades del personal técnico.

Actividades por cumplirse

Planificar y organizar los grupos de trabajo para la ejecución de las actividades de acuerdo al proyecto.

Realizar un informe sobre las supervisiones diarias al personal asignado en las diferentes áreas.

Efectuar el diseño y participar en la definición de la infraestructura para el sistema de ventilación principal, secundaria y auxiliar.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

Como resultados del proyecto es la confiabilidad de los proyectos, planes de trabajos y realizados en la minera *Pan American Silver*, disminuyendo los riesgos previos, así como entregar el proyecto sin validarlo previamente, y esta puede aumentar debido a la mala asignación de roles o funciones dentro del grupo de trabajo.

La supervisión diaria al personal asignado en las diferentes áreas para verificar que se cumplan los trabajos asignados redujo las fallas y riesgos previos en la ejecución de sus labores y las planificaciones de los proyectos.

5.2. Logros alcanzados

5.2.1. En el ámbito del proyecto

Se logró cumplir con las actividades eficientemente en el tiempo estimado obteniendo así resultados satisfactorios en beneficio de la empresa *Pan American Silver*.

5.2.2. En el ámbito personal

Ser partícipe del proyecto ayudó cómo ampliar los conocimientos adquiridos en la universidad. Además, la dedicación para que el proyecto sea rentable.

5.2.3. En el ámbito de elaboración del plan de infraestructura para el sistema de ventilación

Se logró mejorar la disponibilidad de las instalaciones electromagnéticas en los sistemas principal, secundario y auxiliar de la infraestructura del sistema de ventilación.

Tabla 7.

Indicador y control del mantenimiento preventivo y correctivo, año 2020

Servicio de mantenimiento de ventilaciones primarias, secundarias y auxiliares de la mina <i>Pan American Silver</i>												
Indicador:												
Mantenimiento correctivo vs. preventivo H-H												
Tipo de mantenimiento		Año 2020								Total ejercicio		
		Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Acumulado	%	Promedio
Correctivo (CP+CNP)	H-H	446.00	337.00	456.00	480.00	331.00	370.00	400.00	402.00	3,222.00	35%	446.00
Preventivo	H-H	689.00	559.00	650.00	680.00	876.00	870.00	890.00	744.00	5,958.00	65%	689.00
Total	H-H	1135.00	896.00	1106.00	1160.00	1207.00	1240.00	1290.00	8034.00	9,180.00	100%	1,135.00
Índice												
Correctivo / total	%	39%	38%	41%	41%	27%	30%	31%	35%			
Preventivo / total	%	61%	62%	59%	59%	73%	70%	69%	65%			

5.3. Planeamientos de mejora

5.3.1. Metodologías propuestas

Toda observación y dificultades encontradas al momento de elaborar el plan de trabajo se convierte en una oportunidad de mejora las cuales se describen en la tabla siguiente:

Tabla 8.

Estructura de mejoras para el siguiente plan de mantenimiento



Propuestas, mejoras y trabajos importantes

Ítem	Descripción	Avance	Observaciones
1	Asesoramiento constante en plan de trabajo al personal del servicio	100%	Se continuará brindando el asesoramiento en campo.
2	Campaña de plan de accidentabilidad	100%	Programado en el plan de seguridad.
3	Cumplimiento de trabajos programados	94%	Para el mes de agosto se logró obtener un cumplimiento del 94% de todos los trabajos programados. No se alcanzó la meta establecida de un 95% en el cumplimiento de los trabajos programados debido a la cantidad de trabajos ejecutados no programados, lo cual tienen prioridad 1 con respecto a programados.
4	Mantenimiento planeado vs. no planeado	71% / 29%	Durante el mes de agosto se obtuvo un cumplimiento de 71% de trabajos programados ejecutados sobre un 29% de trabajos ejecutados no programados, esto debido a la alta demanda de trabajos no programados solicitados por el cliente.
5	Productividad	70%	Para los trabajos de mantenimiento intervienen reuniones, preparación y cierre de documentos, liberación de permisos de trabajos, autorización para la intervención, espera de materiales, se consideran también las alertas rojas climáticas, siendo en la mayoría de los casos estos los motivos delatantes para la ejecución del mantenimiento. Supervisión del área asignada tiene conocimiento de estos tiempos improductivos, se trabaja en conjunto con el cliente para mejorar los tiempos.

5.4. Aportes del bachiller en la empresa

5.4.1. En el aspecto cognoscitivo

En el aspecto cognoscitivo para el presente informe del bachiller aportó los conocimientos obtenidos en los cursos desarrollados en la Universidad Continental como son:

- Sistema de suministro y utilización I. Dictado por la ingeniera Rosario Márquez Espíritu.
- Sistema de transmisión y distribución. Dictado por el ingeniero César Alfredo Chilet León.
- Instalaciones eléctricas. Dictado por el ingeniero Jorge Eliseo Lozano Miranda.

5.4.2. En el aspecto procedimental

En el aspecto procedimental el bachiller logró resultados satisfactorios en la evaluación de la máquina electrohidráulica SBM 400 de 200 HP/440VAC para la ventilación y *ore pass* en la empresa minera *Pan American Silver* con las estrategias de la mejora en los procesos y optimización del manejo de la máquina, y el desarrollo del plan de trabajo.

5.4.3. En el aspecto actitudinal

En el aspecto actitudinal el bachiller aportó actitudes positivas de liderazgo obteniendo mayor experiencia en el área de Ingeniería Eléctrica, fortaleciendo sus conocimientos.

CONCLUSIONES

- a.** La formación laboral es una pieza clave del bachiller en Ingeniería Eléctrica, ya que constituye la herramienta pedagógica básica que le permite trascender en el abordaje de conocimientos teóricos abstractos, tomar contacto con la realidad social desde el inicio de la formación e intervenir en ella contribuyendo con la transformación de situaciones. De modo que, las funciones realizadas en la empresa *Pan American Silver* proporcionó la experiencia y conocimiento suficientes para cumplir los objetivos planteados.
- b.** Un elemento clave de la eficacia del monitoreo, los involucrados en la ejecución de la obra es el personal de trabajo (técnicos y supervisores), ya que de ellos dependerá la efectividad del trabajo. Para que no exista ninguna dificultad en el trabajo durante el desarrollo de las labores que se realizan.
- c.** No solo basta contar con la cantidad adecuada de trabajadores, sino con una buena capacitación y experiencia de estos para poder realizar los trabajos de manera adecuada, segura y eficiente y con buenos rendimientos que aseguren la eficacia de la realización de los trabajos.
- d.** El trabajo desempeñado en el periodo de más de un año como supervisor de ingeniería contribuyó en el desempeño efectivo de las actividades del proyecto y al cumplimiento de los objetivos mediante resultados favorables.
- e.** La colaboración del bachiller en Ingeniería Eléctrica practicante es fundamental porque permite aplicar conocimientos académicos a problemas reales, permitiendo ampliar sus capacidades en el campo laboral para posteriormente aplicarlo en el ámbito profesional.
- f.** Un elemento clave y base para el buen desarrollo del manejo y evaluación de la máquina electrohidráulica como también del sistema de ventilación es el recurso humano operativo (técnicos y supervisores), ya que de ellos dependerá la efectividad del trabajo, para que no exista ninguna dificultad en el trabajo durante el desarrollo de las labores que se realizan, por ello se concluye que en el año 2020 no se presentaron quejas sobre las actividades asignadas en las diferentes áreas las cuales se supervisaron.

RECOMENDACIONES

- a. Brindar las condiciones adecuadas a los bachilleres en Ingeniería Eléctrica que les permita desenvolverse en un ambiente de trabajo sólido con herramientas y equipo a su alcance para asegurar el trabajo realizado.
- b. Es importante involucrar bachilleres en Ingeniería Eléctrica en la mayoría de los procesos, de tal manera que adquiera la mayoría de los conocimientos que más adelante podría aplicar en otra empresa o incluso en la misma, generando un valor agregado.
- c. La retroalimentación constante representa un aspecto fundamental para un adecuado aprovechamiento de los días de trabajo, ya que permite conocer cuáles son las falencias y de qué manera se pueden evitarlas o mejorarlas, de tal manera que no represente una carga laboral o administrativa para la empresa, sino más bien un agente de transformación y de colaboración.
- d. Se debe asegurar que el trato inter y extrapersonal de los trabajadores sea el más adecuado. Procurar tener un ambiente de trabajo apropiado y agradable a fin de que todos los trabajadores estén satisfechos y puedan trabajar correctamente. Si se les trata bien, se les da incentivos y estímulos, trabajan mejor, más rápido y eficientemente.
- e. Al gestionar los activos de una empresa de clase mundial, es recomendable realizarlos por sistemas y procesos debido a que se encontrarán equipos (activos) de última tecnología, que son complejos de entender sus lógicas de funcionamiento.

REFERENCIAS

1. **HUAMÁN, H. y TICLLASUCA, T.** *Propuesta de solución al análisis de Iperc para la reducción de accidentes en la mina Austria Duvaz S. A. C. unidad Morococha – Junín* . Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019.
2. **ARGENTUM S. A., compañía minera.** *Evaluación de impacto ambiental de la planta concentradora cía. Minera Argentum.* Junín- Perú : Argentum S. A. , noviembre 2009.
3. **RODRÍGUEZ, María José.** *Aplicación de las TIC a la evaluación de alumnos universitarios.* Número 6 (2), 2005, Revista Electrónica Teoría de la Educación .
4. **MORGAN, Ch. y O'REILLY, M.** *Assessing open and distance learners.* London : Kogan Page, 2002.
5. **LOVELOCK, C. H.** *Services marketing: people, technology, strategy.* New Jersey : Prentice Hall, 2001. 4.º ed..
6. **JOHNSTON, R.** *The determinants of service quality: Satisfiers and dissatisfies.* 1995, International Journal of Service Industry Management, págs. pp. 53-71.
7. **DHILLON, B. S.** *Engineering maintenance: a modern approach* . Boca Raton : CRC Press LLC , 2002.
8. **KEITH, R.** *An introduction to predictive maintenance.* second edition. Woburn, MA. : Elsevier Inc., 2002.
9. **BLISHKE, Wallace y PRABHAKAR, D.** *Case studies in reliability and maintenance* . New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2003.
10. **BUECHE, Frederick y HECH, Eugene.** *Física General.* 10.º Edición. México D. F. : McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C. V., 2007 . pág. p. 394.
11. **MANZANO, L. y SUÁREZ, D.** *Diseño, automatización e implementación de una máquina ovilladora electrohidráulica de cuerda polímero plástica para la empresa Inducuerdas Ltda.* Riobamba- Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013. Tesis de grado.
12. **OCHOA, Tomás.** *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos* . Colombia : Editorial Kympres Ltda., 2011. pág. pp. 633.
13. **MARTÍNEZ, José y MELÉNDEZ, Margarito y VELÁZQUEZ, Rosa.** *Automatización de un sistema electrohidráulico para el proceso de doblado de anillos o estribos para la construcción de inmuebles.* México : Instituto Politécnico Nacional, 2012. pág. pp.169.

14. **GERVASIO, Francisco.** *Electricidad Básica*. México : Freebooks.net, 2012. pág. pp. 50.
15. **LEÓN, J.** *Diseño de una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa Dimasa S. A.* . Ecuador : Universidad Internacional del Ecuador, 2020.
16. **GARRIGOS, Fernando.** *Motor de corriente alterna*. s.l. : Departamento de SAP, 2011 . pág. pp. 26.
17. **MANUAL.** *Manual Completo SBM 400 SP 072*.
18. **BORING, TUMI RAISE.** Tumi raise boring. *Tumirb.com*. [En línea] SBM 400 SR. , 2021. <https://tumirb.com/uploads/pdf/sbm-400-sr/sbm-400sr-ingle-s.pdf>.
19. **PARKER, P.** *Hydraulic hoses fittings and equipment catalogue UK4400*. 2019.
20. **CONTRERAS, L.** *Perforación de chimeneas con el método raise boring en la unidad minera Arcata*. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de, 2015. Tesis de grado.
21. **GAMBOA, G.** *Mejorar el acarreo de mineral en ore pass mediante el uso de parrillas acarteladas y berma metálica de seguridad en la unidad minera San Rafael 2018*. Cusco - Perú : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019. Tesis de grado.
22. **ANDRADE, S.** *Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas*. Santiago de Chile : Servicio Nacional de Geología y Minería, 2008.
23. **BUSTAMANTE, Y.** *Sistema de ventilación, usando el software Ventsim en la compañía minera Chalhuane, Camaná, Arequipa, 2017*. Huaraz- Perú : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018.
24. **JIMÉNEZ, A.** *Ventilación de minas subterráneas y túneles*. Lima, Perú : s.n., 2011.
25. **NOVITZKY, A.** *Ventilaciones de minas*. Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires, 1962.
26. **AIRTEC.** *Catálogo de ventiladores axiales para minería*. Lima : AIRTEC, 2006.
27. **MANUAL, del pequeño minero.** *Gerencia regional de energía y minas*. Segunda edición . Arequipa : s.n., 2017.
28. **RIVERA, R.** *Construcción de chimeneas Raise Borer para optimizar el proceso de minado y los costos de explotación en el tajo 355 de Reina Leticia en compañía minera Raura S. A.* . Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
29. **ESCOBAR, et al.** *Estrategias para minimizar el cash cost en una operación minera subterránea*. Lima-Perú : Escuela de Postgrado Gerens, 2017. Tesis de grado.

ANEXOS

Anexo 1

Certificación de calidad, seguridad y medio ambiente



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES MINEROS

CERTIFICADO DE VIABILIDAD AMBIENTAL N° 062-2007/MEM-AAM

De conformidad a lo establecido en el Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, aprobado por Decreto Supremo N° 038-98-EM y modificado por Decreto Supremo N° 014-2007-EM (Reglamento), se otorga el presente Certificado de Viabilidad Ambiental a PAN AMERICAN SILVER S.A.C. por haber presentado mediante Escrito N° 1768823 y 1793211 de fecha 24 de marzo y 23 de junio de 2008 respectivamente, la primera modificación de la Declaración Jurada del proyecto de exploración "ARIANA", aprobada mediante Certificado de Viabilidad Ambiental N° 062-2007/MEM-AAM de fecha 23 de octubre de 2007 de conformidad con lo establecido en el artículo 1° del mencionado Reglamento a través del cual se regula el procedimiento de aprobación automática para las actividades de exploración minera - Categoría B.

Las principales características del proyecto de exploración son las siguientes:

Nombre de la empresa: **PAN AMERICAN SILVER S.A.C.**
Clasificación de la Categoría del Proyecto: **Categoría B (Declaración Jurada)**
Nombre del proyecto: **"ARIANA"**
Ubicación del proyecto: Distrito **MARCAPOMACCOCHA**, Provincia **YAUJI**, Departamento **JUNIN**
Coordenadas punto representativo: Este **355208**, Norte **8727514**, Zona **18**, Datum **PSAD56**
Concesiones mineras: Nombre **SAN GERONIMO - 1**, Código **08020531X01**

Ampliación de fecha límite para culminación de actividades propuestas: Hasta el 31 de agosto de 2008, incluido actividades de rehabilitación, cierre y monitoreo post cierre.

Descripción de las actividades:

Reubicación de 5 plataformas y desistimiento de 7 de 12 aprobadas inicialmente mediante Certificado de Viabilidad Ambiental N° 062-2007/MEM-AAM. Adición de 10 plataformas de perforación diamantina de 6m x 6m con una profundidad promedio de 200m/sondaje, habilitación de 2 pozos de lodos 3m x 3m x 2m de profundidad, construcción de 570m de accesos, el consumo de agua industrial es de 76 m³/día que será extraído de la Laguna Huancash y otras actividades indicadas en la Declaración Jurada aprobada mediante Certificado de Viabilidad Ambiental N° 062-2007/MEM-AAM de fecha 23 de octubre del 2007.

Consideraciones:

El presente certificado no constituye en sí mismo, una autorización para el inicio o reinicio de las actividades de exploración minera propuestas, por lo que de conformidad con el artículo 9° del Reglamento, el titular de la actividad minera antes del inicio de las operaciones deberá previamente obtener el acuerdo previo con el propietario del terreno superficial o la culminación del proceso de servidumbre, entre otras autorizaciones que resulten necesarias, bajo responsabilidad del Titular.

De conformidad a lo señalado en el artículo 18° del Reglamento de Investigaciones Arqueológicas, aprobado por Resolución Suprema N° 004-2000-ED, de existir restos arqueológicos en el área de exploración el Titular procederá a comunicar inmediatamente tal hecho al Instituto Nacional de Cultura.

De conformidad a lo señalado en el artículo 8° del D.S. N° 038-98-EM, el Titular deberá comunicar previamente al Ministerio de Energía y Minas las modificaciones al proyecto de exploración. Si la modificación implica la realización de nuevas actividades en la misma área de influencia del proyecto a modificar, superando en conjunto las 20 plataformas o disturbando más de 10 hectáreas o los 50 metros de labores subterráneas, el Titular deberá presentar la correspondiente Evaluación Ambiental para su evaluación por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.

Los Anexos "A" y "B" forman parte del presente Certificado de Viabilidad Ambiental.

Lima, **09 JUL. 2008**



Fredesbindo Velásquez Fernández
Dirección General
Asuntos Ambientales Mineros

ANEXO A

En atención a los objetivos prioritarios que deben observarse en la gestión ambiental, como es el prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental, esta Dirección General considera que el titular minero debe implementar, de manera no limitativa, las siguientes medidas de manejo ambiental y de cierre, sin perjuicio de lo señalado en la Declaración Jurada:

- Las actividades de exploración y sus componentes, no deberán estar ubicadas a distancias menores de 50 m de cualquier fuente agua (rio, laguna, bofedal, manantial, etc.). Por ningún motivo se usarán aditivos de perforación que contengan hidrocarburos, se deberá contar con las Hojas de seguridad MSDS para cada aditivo.
- El manejo de los lodos se efectuará siguiendo los estándares internacionales.
- Los aceros residuales generados en el proyecto serán depositados en órdovas herméticamente cerrados y almacenados. El área de almacenamiento deberá estar impermeabilizada con un sistema de contención cuyo volumen será 110% del volumen del contenedor de mayor tamaño.
- Toda área de almacenamiento de combustibles deberá contar con un sistema de contención con volumen de almacenamiento equivalente al 110% de la capacidad a almacenar, revestida con geomembrana.
- Los suelos orgánicos removidos al implementar las plataformas, accesos o cualquier otro componente del proyecto, deberán ser apilados en áreas acondicionadas para su conservación hasta el cierre, siendo recubiertas con mantos plásticos u otro material y contarán con canales de cosección a fin de ser protegidos de la erosión.
- El manejo de los residuos sólidos generados durante la actividad deberá ser realizado conforme a lo establecido en la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento.
- En la construcción de accesos se deberá considerar los siguientes criterios: Pendiente longitudinal de 7% (excepcionalmente hasta el 10% en tramos cortos), un perfil de 1 a 2% hacia la cuneta de drenaje, inclinación del talud de corte y relleno de 45° a 60°, ancho de la cuneta de 0.5 m (perfil en v), construcción de badenes, alcantarillas y sárgilas en las bermas. Asimismo, se deberá realizar el riego del almado (durante los periodos de sequía) y el mantenimiento periódico de las superficies de los caminos utilizados con mayor frecuencia.
- Se deberá construir barreras de control de sedimentos (a base de piedras, picas de paja de arroz o sacos de arena). Se implementarán pozas de sedimentación en todas las salidas de las cunetas, alcantarillas, badenes y sárgilas, con el fin de captar los sedimentos que se puedan generar en las operaciones. Asimismo, se construirá canales de derivación sobre el talud de los accesos y plataformas de perforación, bermas de obstrucción a fin de evitar a las pozas de lodos de la escorrentía.
- En caso de explotación subterránea que genere agua de mina, se deberá tener en cuenta la implementación de pozas de sedimentación y de tratamiento.
- El área destinada para el depósito de desmonte y/o mineral deberá contar con cunetas aguas arriba para interceptar y derivar la escorrentía, asimismo, se deberá realizar un mantenimiento periódico de las mismas. Dichas áreas deberán estar impermeabilizadas.
- En relación al cierre se deberá realizar actividades de revegetación de los caminos de acceso y plataformas con la finalidad de restituir las áreas afectadas, estableciendo los taludes de acuerdo al contorno natural del terreno. Las capas superficiales del suelo serán esparcidas a fin de facilitar la revegetación y permitir la intusión de cobertura vegetal.
- Para el cierre de las pozas de perforación se deberá proceder conforme a lo establecido en la Guía Ambiental para Actividades de Explotación del MDM. Después las actividades de rehabilitación temporal y permanente, será necesario que se determine la presencia de material potencial generador de drenaje ácido de roca (DAR); de existir este material se procederá al encapsulamiento o aislamiento.
- El monitoreo de las medidas de cierre y abandono deberán abarcar la estabilización física de los taludes (control de la erosión), seguimiento del plan de revegetación y el monitoreo de los cuerpos de agua.
- En caso de generar algún tipo de vertimiento, se deberá contar con la autorización de vertimiento sanitario ante la autoridad competente antes del inicio de las actividades de exploración.
- vencido el plazo señalado, el titular minero deberá presentar al OSNERGOMM un informe detallado de las actividades de rehabilitación y cierre realizados y una copia a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mincora.



Transcrito a:
PAN AMERICAN SILVER S.A.C.
 Representante Legal: Jorge Ugarte Gambeta.
 Av. La Floresta N° 497 oficina 301 - San Borja - Lima.



NOTA DE ATENCIÓN Y ARCHIVO

Asunto : **MODIFICACIÓN DE PLAZO DE EJECUCIÓN**

Base legal : De conformidad a lo señalado en el artículo 26° del Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, aprobado por Decreto Supremo N° 020-2008-EM

Titular : **PAN AMERICAN SILVER PERU S.A.C.**

Proyecto : **ARIANA**

N° Escrito comunicación : **1816632**

Fecha Escrito comunicación : **29 de agosto de 2008**

ANTECEDENTES:

Documento de aprobación : **Constancia de Aprobación Automática 062-2007-MEM-AAM de fecha 23 de octubre de 2007**

Primera modificación : **Constancia de Aprobación Automática 089-2008-MEM-AAM de fecha 9 de julio de 2007, ampliación de plazo hasta el 31 de agosto del 2008**

MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN:

Prórroga de 3 meses para la prosecución del prospecto, sin variación de los trabajos a realizar

Duración de actividades: **Hasta el 30 de noviembre de 2008**



Pan American
SILVER PERU S.A.C.

Sumilla:	Comunicación de extensión del plazo de ejecución del Proyecto de Exploración
Certificado:	089-2008-MEM-AAM

**AL DIRECTOR DE LA DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES-
DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

PAN AMERICAN SILVER PERÚ S.A.C., identificada con R.U.C. N° 20294845896, con domicilio en Avenida La Floresta N° 497, Oficina 301, Urbanización Chacarilla del Estanque, Distrito de San Borja, Provincia y Departamento de Lima, debidamente representada por su Gerente de Finanzas, Ing. Jorge Ugarte Gambetta, identificado con DNI No. 09530007, facultado según poderes inscritos en la Ficha N° 40258 del Libro de Sociedades Contractuales y otras Personas del Registro Público de Minería, a ustedes atentamente decimos:

Que, mediante Certificado de Viabilidad Ambiental No. 062-2007/MEM-AAM, se otorgó la aprobación del Proyecto de Exploración denominado "Ariana", de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo No. 038-98-EM.

Que, mediante Certificado de Viabilidad Ambiental No. 089-2008/MEM-AAM, quedó modificada la Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Ariana, siendo ampliada por un plazo que vence el 31 de agosto de 2008.

Que, mediante Decreto Supremo No. 020-2008-EM, se aprueba el Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera publicado en el Diario Oficial El Peruano el 02 de abril de 2008 (en adelante, el "Reglamento").

Que, de acuerdo a lo establecido en la Tercera Disposición Transitoria del Reglamento, se dispone que las Declaraciones Juradas otorgadas al amparo del Decreto Supremo No. 038-98-EM son equivalentes, para efectos legales, a las Declaraciones de Impacto Ambiental establecidas en el presente Reglamento.

Asimismo, de conformidad con lo establecido en el artículo 26° del Reglamento, en caso que se requiera extender la ejecución de sus actividades aprobadas por un plazo no mayor a 3 meses del plazo aprobado, éstas podrán realizarse previo aviso a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas y a OSINERGMIN.

Que, en virtud a lo antes señalado, y al amparo de lo previsto en el artículo 26° del Reglamento, cumplimos con comunicar la extensión del plazo de ejecución de las actividades de exploración aprobadas mediante los Certificados de Viabilidad Ambiental antes referidos por un plazo máximo de tres (03) meses contados a partir del 31 de agosto de 2008, por los argumentos que se detallan en el Informe adjunto al presente escrito.

POR TANTO:

A Ud. Señor Director General de Asuntos Ambientales Mineros, solicitamos se sirva





Pan American SILVER PERU S.A.C.

tener en consideración lo antes expuesto y proceder a extender el plazo de ejecución de nuestras actividades de exploraciones según lo antes expuesto, por corresponder a ley.

PRIMER OTROSI DECIMOS: Que, conforme ha sido señalado en nuestros escritos, la denominación social de nuestra empresa es: "Pan American Silver Perú S.A.C." y no Pan American Silver S.A.C. conforme ha sido erróneamente consignado en el último Certificado de Viabilidad Ambiental.

SEGUNDO OTROSI DECIMOS: Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 26º del Reglamento, presentamos para su conocimiento copia del cargo de presentación a OSINERGMIN de la comunicación de la extensión del plazo de ejecución de las actividades de exploración.

San Borja, 29 de Agosto de 2008

PAN AMERICAN SILVER PERU S.A.C.

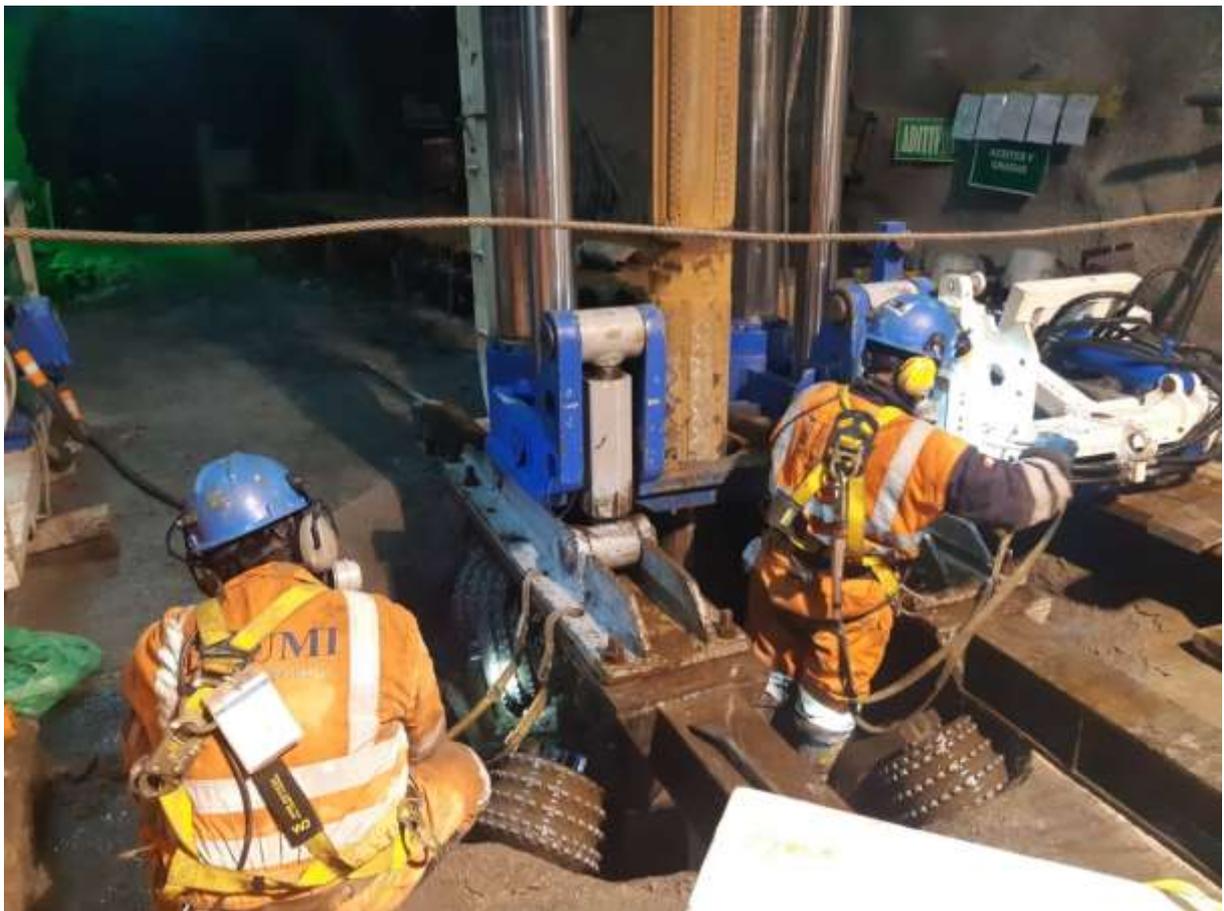

JORGE UGARTE G.
Gerente de Finanzas

Anexo 2

Actividades de operación









Anexo 3

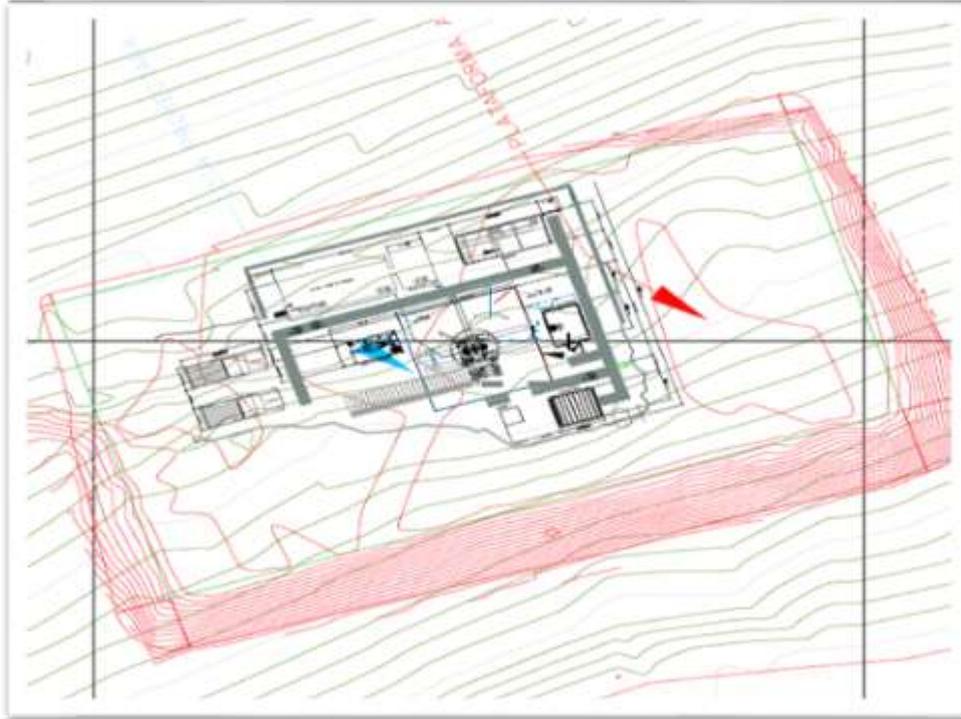
Movilización y traslado de la máquina





Anexo 4

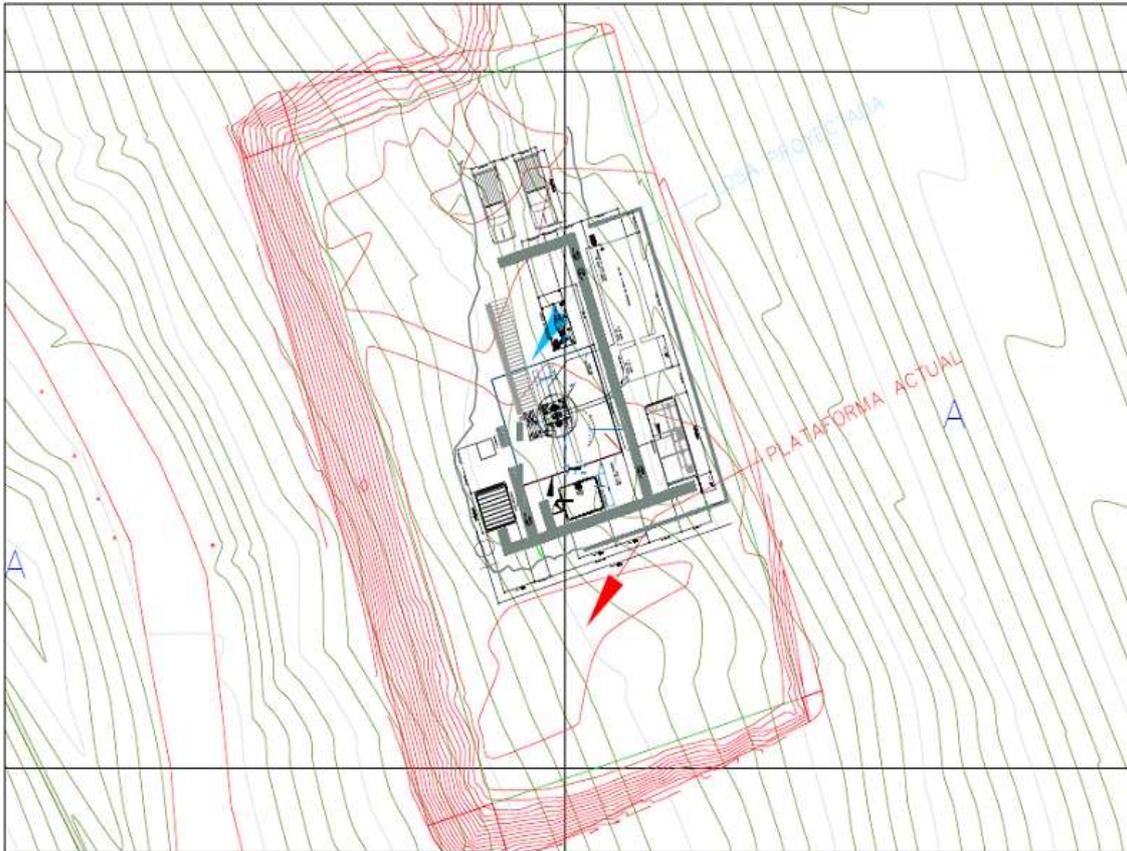
Instalación de la máquina





Anexo 5

Plataforma Rb 18 - brocal





Anexo 6

Desinstalación de la máquina

