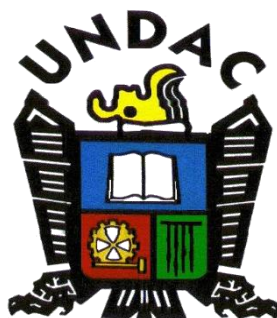


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Cambio de tuberías para estandarizar el suministro de relleno hidráulico en
la zona alta de la unidad minera El Porvenir – Nexa Resources**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Edward Jeremy TORRES CASTILLO

Asesor:

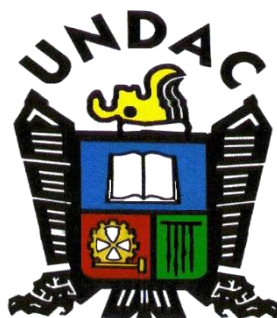
Mg. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Cambio de tuberías para estandarizar el suministro de relleno hidráulico en
la zona alta de la unidad minera El Porvenir – Nexa Resources**

Sustentada y aprobada ante la ante los miembros del jurado:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
PRESIDENTE

Mg. Raúl FERNANDEZ MALLQUI
MIEMBRO

Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURCHUAS Santa Silva FAU 20154002046 soft
D: 2025.10.30 23:05:40 -05:00
U: 2025.10.30 23:05:40 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 040-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. TORRES CASTILLO, Edward Jeremy

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

"Cambio de tuberías para estandarizar el suministro de relleno hidráulico en la zona alta de la unidad minera El Porvenir – Nexa Resources."

Asesor:

Ing. SANTIAGO RIVERA, Julio Cesar

Índice de Similitud: **9 %**

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 29 de octubre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mi madre Victoria Castillo Mendizabal,
por su amor incondicional, su paciencia y
su sacrificio constante, gracias por
enseñarme a luchar por mis sueños
y por estar siempre a mi lado.

A mi padre por su apoyo y sus sabios
consejos, tu ejemplo de trabajo y
dedicación ha sido fundamental en
este camino, gracias por creer en mí.

A Dios por ser mi guía constante,
por darme fuerza en los momentos
difíciles y por iluminar mi camino
hacia la culminación de este gran sueño.

AGRADECIMIENTO

Deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que, de una forma u otra, ayudaron a llevar a cabo esta tesis.

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme fortaleza y sabiduría a lo largo de este proceso. Sin su guía, nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor y sus constantes palabras de aliento. Gracias por creer en mí y estar siempre a mi lado, ofreciéndome todo lo necesario para alcanzar este logro. Este triunfo es tanto de ustedes como mío.

También quiero agradecer a mi asesor de Tesis el Ing. SANTIAGO RIVERA, Julio Cesar, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación a lo largo de todo este proceso. Su experiencia y conocimientos no solo me guiaron académicamente, sino que también me inspiraron a superar los desafíos que surgieron en el camino.

RESUMEN

Dentro del ciclo operativo de la zona alta, se encuentra el relleno hidráulico que es suministrado a través de líneas de impulsión por tuberías de acero que resisten altas presiones y por ende se genera desgaste de las paredes del tubo, actualmente las operaciones en la zona alta requieren el suministro de relleno hidráulico; en la planta de relleno se cuentan con un sistema de bombeo de impulsión a través de tuberías metálicas las cuales descargan en los tajos de la zona alta; se requiere reemplazar las tuberías metálicas que presentan desgaste debido al uso; por lo que se requiere el Cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir, las cuales son de tuberías SCH 80. de impulsión de relleno hidráulico por la Bomba Mars.

Para llevar acabo este proyecto se requiere, acatar, atender, instruir y poner a la disposición del personal seleccionado el entrenamiento sobre las "Reglas de Oro/Gestión de Consecuencias" de NEXA (Procedimiento SSO-P-42).

El, presente proyecto de investigacion se desarrolla en cuatro Capítulos, en los que se esquematiza el proceso de investigacion realizado.

Palabras clave: Cambio de Tuberías, Suministro de Relleno Hidráulico, Zona Alta, seguridad.

ABSTRACT

Within the operating cycle of the upper zone, there is the hydraulic filling that is supplied through drive lines by steel pipes that resist high pressures and therefore generates wear on the walls of the tube, currently the operations in the upper zone require the supply of hydraulic fill; In the filling plant there is a drive pumping system through metal pipes which discharge into the pits in the upper area; metal pipes that show wear due to use must be replaced; Therefore, the Change of Pipes is required to Standardize the Supply of Hydraulic Fill in the Upper Zone of the El Porvenir Mining Unit, which are SCH 80 pipes that drive hydraulic fill by the Mars Pump.

To carry out this project, training on NEXA's "Golden Rules/ Consequence Management" (SSO-P-42 Procedure) is required to comply with, attend to, instruct and make available to selected personnel.

This research project is developed in four Chapters, in which the research process carried out is outlined.

Keywords: Pipe Change, Hydraulic Fill Supply, High Zone, security.

INTRODUCCION

Nexa Recursos El Porvenir SAC es una compañía peruana que se encarga de la explotación y el desarrollo de minas que producen minerales como zinc, plomo, cobre, plata y otros. Tiene varias unidades mineras en funcionamiento en todo el país. La designación social "Nexa" está debidamente inscrita en la SUNARP.

El proyecto de investigación en cuestión se lleva a cabo para la unidad minera El Porvenir, que pertenece a NEXA. Esta unidad está situada en el distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán, dentro de la provincia y región del mismo nombre, Pasco. Tiene una planta concentradora que trabaja con minerales sulfurados y extrae sobre todo minerales de cobre, zinc y plomo a través de los procesos de filtrado, flotación, clasificación, molienda y chancado. También lleva a cabo actividades de explotación (minería subterránea), incluyendo el corte y el relleno mecanizado como un componente de su proceso productivo.

Al realizar las diferentes actividades de desarrollo y explotación, estas son ejecutadas con diversos recursos de los cuales uno de los principales es el agua, que es utilizado para la perforación, regado, lavado, etc. al término de su uso es recirculada, canalizada y drenada a través de taladros de drenaje a su vez estos son usados para el transporte de tuberías de agua y relleno hidráulico, para lo cual se requiere el cambio de tuberías desgastadas por el uso que se les da en la impulsión del relleno hidráulico.

El autor

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	7
1.3.1.	Problema general.....	7
1.3.2.	Problemas específicos.....	7
1.4.	Formulación de objetivos.....	7
1.4.1.	Objetivo general.....	7
1.4.2.	Objetivos específicos	8
1.5.	Justificación de la investigación	8
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	8

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	10
------	-------------------------------	----

2.2.	Bases teóricas - científicas.....	14
2.3.	Definición de términos básicos.....	27
2.4.	Formulación de hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis general.....	29
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	29
2.5.	Identificación de las variables.....	29
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	30

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación.....	31
3.2.	Nivel de investigación.....	31
3.3.	Métodos de investigación.	32
3.4.	Diseño de investigación.	32
3.5.	Población y muestra.....	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	33
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	33
3.9.	Tratamiento estadístico.	33
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	34

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	35
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.3.	Prueba de hipótesis	40
4.4.	Discusión de resultados.....	40

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de la UM El Porvenir	2
Ilustración 2. Secuencia Estratigráfica	4
Ilustración 3. Régimen de flujo.	19
Ilustración 4. Régimen medio de flujo.	19
Ilustración 5. Clases de Pulpas.	20
Ilustración 6. Pérdida de carga y velocidad de flujo	23
Ilustración 7. Medición de Espesor de las Tuberías	40
Ilustración 8. Tramos Medidos 1 y 2.....	41
Ilustración 9. Diagrama de los Procedimientos de Cambo de Tuberías.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Singularidades.....	24
Tabla 2. Descarga de efluentes de las actividades mineras y metalúrgicas en la L	25
Tabla 3. Tamices de la serie ASTM.....	27
Tabla 4. Operacionalización de Variables	30
Tabla 5. Tramo - 1 Se identifican 3 tuberías con espesor menor a 4 mm.....	41
Tabla 6. Tramo – 2 Se identifican 12 tuberías con espesor menor a 4 mm.	42

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La unidad El Porvenir tiene una planta concentradora que procesa minerales sulfurados y recupera, sobre todo, minerales de zinc, cobre y plomo usando métodos de chancado, filtrado, flotación, molienda y clasificación. Estos procedimientos producen un alto volumen de relave debido a las tareas de explotación (minería subterránea), con corte y relleno mecanizado como parte del proceso productivo.

Dentro del ciclo operativo de la zona alta, se encuentra el relleno hidráulico que es suministrado por el relave a través de líneas de impulsión por tuberías de acero que resisten altas presiones, actualmente las operaciones en la zona alta requieren el suministro de relleno hidráulico; en la planta de relleno se cuentan con un sistema de bombeo de impulsión del relleno hidráulico a través de tuberías metálicas que son

descargan en los tajos de la zona alta; se requiere reemplazar las tuberías metálicas para estandarizar el suministro de Relleno Hidráulico; en consecuencia, se requiere el cambio de tuberías metálicas Schedule 80 (Sch), resistente a altas presiones y altas temperaturas, así como alta resistencia química. Mediante estas tuberías Sch 80,

generar la impulsión del relleno hidráulico por la Bomba Mars.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Ubicación

La U.M. El Porvenir, está situada:

- Departamento : Pasco
- Provincia : Pasco
- Distrito : San Francisco de Asís de Yarusyacán
- Dirección : UM El Porvenir

En el kilómetro 340 de la Carretera Central (ruta Lima-Huánuco).

Las coordenadas aproximadas UTM del área de estudio son: 367643 Este, 8826756 Norte.

1.2.2. Accesibilidad.

La unidad minera El Porvenir, que pertenece a la compañía Nexa Resources, se puede alcanzar a través de la carretera asfaltada en su totalidad Lima – La Oroya – Cerro de Pasco, siguiendo este recorrido:

Lima – La Oroya – Cerro de Pasco: Pavimentado 305 km

Cerro de Pasco – Milpo : Pavimento 16 km

Ilustración 1 Ubicación de la UM El Porvenir



Fuente: Departamento de Ingeniería - UM El Porvenir.

1.2.3. Geología Regional

La estructura principal es un sinclinal asimétrico, cuyo plano axial se orienta de norte a sur en paralelo al plegamiento regional. Una falla de gran tamaño llamada Falla Milpo-Atacocha desplaza a este, alterando la secuencia estratigráfica de las formaciones Machay, Goyllarisquizga y Pucará, que pertenecen al período Jurásico-Cretácico.

Este ensamblaje geológico es el producto de procesos magmáticos y orogénicos que tuvieron lugar entre el Pleistoceno y el Mioceno, los cuales causaron en los sedimentos esfuerzos compresionales en dirección EO. Estos procesos dieron lugar al sinclinal de Milpo, a lo largo del plegamiento andino, así como a múltiples episodios de fracturamientos y fallamientos e intrusiones hipoabisales: stocks, sills y diques.

A través de estructuras preexistentes, todos estos procesos magmáticos y orogénicos han generado diversos tipos de depósitos metasomáticos de reemplazo.

1.2.4. Geología Local

La columna estratigráfica tiene como base los sedimentos del Grupo Pucará, que fueron nombrados así por Mc Laughlin en 1924 y Jenks en 1951. Las calizas Uliachín del Triásico y las Calizas Paria del Jurásico se encuentran incluidas dentro de este grupo. La serie Pucará fue dividida en tres pisos por Megard (1968): Aramachay (Hettangiano-Sinemuriano Medio), Chambará (Soriano-Retiano) y Condorsinga (Sinemuriano Superior-Terciario Superior). La Formación Machay y el Grupo Goyllarisquizga, que son del Cretácico Superior e Inferior respectivamente, forman la parte superior. Los intrusivos dacíticos y andesíticos los cortan. La secuencia de estratos geológicos es presentada en la ilustración número 4.

Ilustración 2. Secuencia Estratigráfica

PERIODO	PISO	FORMACION	ROCAS		FOSILES	
TERCIARIO		INTRUSIVOS	+++++ x v x v ++	DACITA		
				ANDESITA		
				BRECHA		
				INTRUSIVA		
TECTOGENESIS ANDINA						
CRETACEO SUPERIOR	SENONIANO CENOMANIANO ALVIANO	Fm. MACHAY		BASALTO	NATICA LISSELI LIOPISTHA ESTRIATA PSEUDODIAMENA FUSUS	
				CALIZA		
CRETACEO INFERIOR	NEOCOMIANO APTIANO BARRENIANO	GRUPO GOYLLAR		LAVAS		
				BASALTICAS		
				ARENISCAS		
TECTOGENESIS NEVADIANA						
JURASICO INFERIOR LIASICO	LOTARINGIANO SINEMURIANO	GRUPO DI FAMILIA ARAMACHAY		CALIZA NEGRA A GRIS PARDA	GRYPHAE PENTACRINUS TERBRATULA ARUETITIS PECTEN	
TRIASICO SUPERIOR	NORIANO		FORMACION CHAMBARA		CALIZA PARDO CLARA	OMPHALOPICHA PSEUDOCALTIS EUCYCLUS RHYNCHONELLA MIOPHORIA TUTCHERIA

Fuente: Dpto. de Geología.

1.2.5. Geología Económica

Depósitos Minerales

La mineralización se presenta en cuerpos y vetas que están vinculados con diques situados entre los márgenes de los intrusivos dacíticos y la Formación Pucará, además de diseminaciones y vetas en areniscas y basaltos de la Formación Goyllarizquizga.

Los cuerpos mineralizados tienen formas alargadas verticalmente, similares a tubos, de contornos irregulares y de dimensiones grandes. Ubicados en las aureolas de contacto con el dacítico intrusivo, donde están más propensos a estar dispersos y relacionados con el skarn, agrupados a través de las fracturas.

La extensión del modelo fracturado, con una aureola de caliza descolorida o mármol, determina la intensidad de la difusión y el reemplazo. Además, se presentan cuerpos de brecha post-mineral que no están vinculados con los intrusivos. Se identifican en el nivel -100 y se habrían originado a través del derrumbe de las calizas y el fallo que ocurrió simultáneamente con la formación de los cuerpos. Estos cuerpos

están compuestos por pedazos de esfalerita, galena y caliza negra en cantidades económicas.

Las estructuras fundamentales (vetas) tienen una conexión cercana con los sistemas de fracturamiento tensional que siguen la dirección EO, así como con las fracturas de reemplazo que se orientan entre N 65° y 70° E y entre N 50° y 60° O, todas ellas inclinadas hacia el norte. Además, se muestran vetas asociadas a diques que emergen del intrusivo en dirección NE y con un buzamiento de 85°NO, así como otras situadas en dirección N 55°E a 65°E y con un buzamiento de 85°NO.

Las soluciones mineralizantes suben por las unidades estratigráficas y se asientan en áreas propicias, formando mantos. Un ejemplo de esto es la mineralización que sucede en basaltos con textura amigdaloidal, los cuales contienen galena y esfalerita de baja ley. Otro caso de mineralización que concuerda con la estratificación es el Manto Don Ernesto, localizado al suroeste del yacimiento. Este tiene una mineralización de Zn-Cu y un contenido medio superior de Pb-ag.

Mineralización

La estructura compositiva de los intrusivos ha sido establecida según la dimensión y la forma de las vetas y cuerpos mineralizados. Es relevante destacar que los cuerpos mineralizados están relacionados con los stocks de intrusivos dacíticos-andesíticos. A partir de lo anterior, es posible distinguir en la mina. tipos de mineralización que se prevén en el futuro.

- Cuerpos mineralizados que se encuentran en las aureolas de los contactos, tanto en la caliza de Pucará como en las intrusivas.
- Cuerpos mineralizados ubicados dentro del stock, incluidos los intrusivos que engloban calizas.
- Cuerpos de brechas post-minerales vinculados a los intrusivos.

- Cuerpos de brechas post-minerales, que no tiene intrusivos.
- Vetas concernientes a los diques.
- Vetas en calizas sin intrusivos.
- Vetas en intrusivos y calizas.
- Vetas en formación Goyllarisquizga.
- Mineralización tipo Roof Pendants.

Mineralogía

Los minerales de mena que están ubicados en la zona de estudio son, ante todo, los siguientes:

Esfalerita

Los cristales tienen forma de tetraedros y cubos; son cristalizados, compactos, granulares y finos.

Galena

Se encuentra principalmente bien cristalizada, sobre todo en las áreas de mármol, en cristales cúbicos con un clivaje perfecto; también se la puede hallar compacta y masiva. Tiene una elevada presencia de plata. La galena, que es el segundo mineral de mena más importante después de la esfalerita, se encuentra en cantidades apropiadas tras la esfalerita con la que está asociada.

Calcopirita

En el intrusivo suelen observarse en pequeñas cantidades venillas e impregnaciones, normalmente a través del contacto entre la caliza intrusiva y las profundidades.

Los minerales que aparecen como ganga son también los siguientes:

Pirita

Se presenta con frecuencia en grandes grupos, que normalmente son

cristalizados y tienen la forma de cubos y piritoedros. Presentan maclamiento y las caras de los cristales son paralelas a sus aristas; Los cristales encontrados en el Porvenir pueden llegar a tener un diámetro de 0.05 metros. Frecuentemente está presente en la roca intrusiva, llenando fracturas y como cristales de impregnaciones. Además, en estado masivo se relaciona más con la esfalerita que con la galena. La pirita se encuentra en casi todos los yacimientos, pero en una cantidad más significativa en la aureola de contacto entre la caliza intrusiva (endoskarn).

Calcita

Se están cubriendo fracturas, relacionadas con minerales de mena en drusas y geodas, como una especie de tapete. Se muestra en todas sus formas cristalinas: escalenoédrica. Esta suele aparecer compacta en cristales pequeños y, en la mayoría de las ocasiones, es de color blanco o amarillento a grisáceo debido a las impurezas. Su brillo es resinoso- vidrioso.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible efectuar el cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿La realización del cambio de Tuberías mejorara el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir?
- b) ¿Con la aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas se concertará el abastecimiento de la Unidad Minera El Porvenir?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Efectuar el cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno

Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Realizar el cambio de Tuberías para mejorar el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.
- b) Aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas para concertar el abastecimiento en la Unidad Minera El Porvenir.

1.5. Justificación de la investigación

La empresa Nexa, en la Unidad Minera El Porvenir, requiere reducir la inestabilidad del macizo rocoso y poder minimizar los riesgos de desprendimiento de rocas y estallido de rocas. Para lograr el objetivo, se utilizan los conocimientos de la mecánica de fluidos en el transporte de estos con sólidos suspendidos, con lo que se consigue rellenar todos los huecos dejados por la explotación minera de El Porvenir con relleno hidráulico. Con esto el relave producido por la planta concentradora retorna a interior mina como relleno mediante un adecuado proceso de tratamiento, disminuyendo el impacto ambiental generado por los grandes volúmenes de relave depositados en superficie. Para tal efecto se requiere contar con tuberías nuevas como son las tuberías SCH-80 de gran resistencia, para la salida de las bombas horizontales y polietileno PN 12.5 Ø4", para el traslado de los fluidos a interior mina y poder lograr este gran propósito diseñado en el presente proyecto de investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

El control de la fricción interna, para la resistencia al deslizamiento debido al contacto de las partículas, la principal restricción fue la dependencia de la granulometría del material, que está determinada por la forma y densidad de las partículas. Si se trata de material fino, la fricción interna será baja. En el caso de las arenas, el ángulo promedio de fricción interna es de 30°, pero este fue evaluado y detallado con un criterio

elevado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales.

(Yalle E., 2010), de la Universidad Nacional Ingeniería, elabora su tesis “Construcción de la planta de relleno hidráulico 100% relave”. Se están cubriendo fracturas, relacionadas con minerales de mena en drusas y geodas, como una especie de tapete. Por lo tanto, se hace uso del relleno hidráulico para estabilizar el macizo rocoso que queda después de los vacíos que son resultado de la explotación. Este se fabrica en la planta "El Gigante", situada a 4,200 msnm. Se trata de una combinación de arena y relave con una proporción de uno a uno (1:1) y tiene un volumen mensual de 15,000 m³, que ha elevado el precio a causa de que las canteras de arena cercanas a la planta se han agotado, lo cual nos obliga a trasladar los agregados desde lugares más lejanos (18 km de ida y vuelta - 1 hora y 10 minutos). El hecho de que las operaciones mineras continúen descendiendo hasta niveles más bajos debido al agotamiento de las reservas de mineral en niveles superiores (de NV 4080 a NV 3715) hace que sea antieconómico transportar la fracción gruesa del relave

desde el acopio en la relavera hasta la planta de relleno “El Gigante”, ubicada a 19 km (ida y vuelta - ciclo de 1 hora y 30 minutos). Al igual que el desgaste por abrasión e impacto en más de 5000 metros de tuberías de acero SCH-80, que descienden desde la planta "El Gigante" hasta el NV 3715, donde se ubicará la red nueva de la planta 100% relave. Por lo expuesto previamente, se decide construir una nueva planta de relleno hidráulico llamada "San Andrés" (100% relave), a 3918 msnm. Esta decisión ayudará a disminuir los gastos operativos del relleno hidráulico.

(Cahuana R., 2020), de la Universidad Continental, presenta su tesis “Mejora de la productividad del sistema de relleno hidráulico en la zona Mirko Este – Volcán Compañía Minera S. A. A PERÚ – Unidad minera Chungar – Animón”; El propósito de la investigación es examinar cómo optimizar la productividad del sistema de relleno hidráulico en el sector Mirko Este, que forma parte de la unidad minera Chungar de Volcan Compañía Minera S. A. A. Se ha optado por utilizar el método analítico para llevar a cabo esta investigación, que tendrá un enfoque descriptivo - explicativo. La investigación se diseñó de forma preexperimental, y se registraron los hallazgos del análisis del sistema de relleno hidráulico entre julio de 2018 y agosto de 2019. La técnica empleada para la recopilación de datos fue el análisis de documentos y la recolección de información pertinente a la unidad minera. Así, el análisis del sistema de gestión de relleno hidráulico se cierra con la planta de relleno hidráulico Montenegro, que comprende los silos 1, 2, 3 y 4. Para lograr el relleno hidráulico y transportarlo a través de tuberías HDPE de 4” hasta los distintos tajeos que requieren ser rellenados, se considere el análisis del under flow y el over flow. El cálculo del relleno hidráulico tiene en cuenta que cada día se alimenta la planta concentradora con 5,761.61 toneladas métricas secas de mineral promedio, y que el radio de concentración es 9.98. De este modo, se obtienen 577.48 toneladas de concentrado (Pb, Zn y Cu) y 5,184.13 toneladas de relave; estas últimas se envían a la

planta de relleno hidráulico Montenegro para ser clasificadas en los ciclones. En total, se logra una cantidad de 2,436.54 toneladas en el under flow y 2,747.59 toneladas en el over flow, con un rendimiento del 47% y una densidad de 1800 kg/m³. Teniendo en cuenta un peso específico de 3.15, se requerirán 1200 m³ de relleno hidráulico para satisfacer la demanda total necesaria para implementar el método minero Over Cut and Fill, que es de 3780 tpd.

b) Antecedentes internacionales

(Cabrera J., 2021), de la Universidad Central del Ecuador, presenta tesis de investigación “Investigación para la aplicación de relleno hidráulico en mina Metalesa S.A La Fortuna, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay”. METALESA S.A. es una mina que funciona bajo el régimen especial de pequeña minería de depósitos polimetálicos. Para extraerlos, utiliza un método híbrido, que es el resultado de la conjunción entre los sistemas de pilares y cámaras con corte y relleno detritico. El beneficio y la producción del mineral generan una demanda creciente de espacio en la superficie para almacenar y manejar los relaves generados. Este proyecto examina el almacenamiento de relaves subterráneos utilizando relleno hidráulico cementado, enfocado en la caracterización mecánica y química de los mismos, así como en su diseño y dosificación de componentes. Para ello, utiliza muestras cúbicas con lados de 5 cm y tres escenarios de dosificación con tres opciones distintas por escenario, variando el factor cemento en la mezcla, teniendo en cuenta los aditivos para el transporte de relleno hidráulico y el fraguado rápido, logrando un máximo de resistencia a la compresión simple de 3.015 MPa luego de 28 días de curado. Además, se analiza cómo gestionar las operaciones de relleno, transporte y preparación de cámaras que han sido explotadas. Esto se realiza mediante el dimensionamiento de una planta para el relleno hidráulico y la línea de conducción del mismo, con capacidad entre 400 y 600 m³. Además, se calculan las bombas de impulsión que se ajustan de acuerdo a la viscosidad del relleno hidráulico, tomando en cuenta un tiempo de bombeo de 24 horas. Se compara el relleno detritico con el relleno hidráulico, tomando como punto de partida la evaluación de los costos

operativos. El primero resulta ser 8% más económico, ya que considera una ventaja a mediano y largo plazo: reducir parcialmente la necesidad de espacio en superficie para construir y emplazar piscinas de relaves.

(Rivera D., 2017), Universidad Pedagógica, Tecnológica de Colombia desarrolla la tesis “Optimización del Sistema de Relleno Cementado (Rdc) para el Método de Explotación Cámaras y Pilares Corte y Relleno (Drift And Fill) Ascendente en la Mina el Roble ubicada en el Municipio El Carmen de Atrato del Departamento de Choco, Colombia”. La mina el Roble, situada en el Carmen de Atrato Chocó, inició operaciones industriales en 1990. Desde ese momento hasta la fecha, ha trabajado más de 1.5 millones de toneladas de mineral calcopirita y piritita con una ley media de 2.53 % Cu y 2.54 g/t Au, proveniente de un depósito cretácico VMS; La mina tiene un área concesionada de 6679 Ha y desde su inicio hasta la actualidad ha estado explotando estos minerales a través de minería subterránea, con una extracción cercana a las 400 t/día hasta el año 2013. Se han extraído por completo mediante perforación y voladura en las cotas 2100 y 1990 msnm. A partir del 2012, la mina pasó a ser de Atico, una compañía canadiense que, mediante la reestructuración del método minero y las exploraciones, incrementó su producción a 650 toneladas por día en el 2014. Para esto, abrió un nuevo socavón sobre la cota 1880 msnm, donde halló cuerpos mineralizados de calcopirita y piritita con calidades de 4.45% Cu y 3.17 g/t, de la misma manera que se incrementaron los tenores y la extracción de la mina, las secciones del túnel también experimentaron un aumento, lo cual significó que cambios en aspectos fundamentales como el sostenimiento, perforación, voladura, transporte y ventilación tuvieron que ser evidentes para satisfacer las exigencias de la nueva mina; Por lo tanto, la mina se ha visto obligada a acudir a empresas contratistas que sean expertas en cada una de las necesidades existentes. De estas compañías, Terraforce es considerada la más importante y con mayor influencia en la operación, ya que es la responsable de llevar a cabo los trabajos de sostenimiento en la mina; Obras civiles, que se ocupa de rellenar con material detrítico cementado las cámaras ya extraídas; y finalmente, la compañía EXSA S.A., que se responsabiliza del diseño, supervisión y monitoreo de la perforación y

voladura en todos los trabajos mineros. El sistema de explotación que se emplea en la mina El Roble es el "drift and fill" (o "cámara y pilares de corte y relleno ascendente"). Se aplica a depósitos metálicos sedimentarios. El cual consiste en extraer el mineral por medio de franjas, ya sean horizontales o verticales, denominadas tajos o cámaras. Después de extraer una franja, esta se rellena con un material estéril, o en este caso con relleno detrítico cementado (RDC), que es utilizado como piso para los trabajadores y tiene la capacidad de mantener las paredes de la cámara; en ocasiones particulares también el techo. Las aplicaciones del RDC son las siguientes:

- Proveer una plataforma de trabajo.
- Evitar el movimiento y caída de las rocas.
- Facilitar la recuperación de pilares.
- Evitar o minimizar la subsidencia.
- Estabilizar el macizo rocoso en las minas, reduciendo la posibilidad de estallidos de roca.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Relleno Hidráulico

El término "relleno hidráulico" se refiere al transporte de una mezcla de sólidos en un líquido que toma propiedades hidráulicas (Santivañez 2009). Las propiedades que facilitan el transporte a través de tuberías hacia las tareas minadas deben ser incorporadas (Rodríguez 2017).

Para crear un sistema de relleno hidráulico, se deben considerar factores como los esfuerzos alrededor del trabajo minero, las características geomecánicas del terreno, el diseño operativo de las densidades de pulpa y el análisis del suministro de relave de la planta, los requisitos medioambientales, la clasificación y la permeabilidad ideal, así como la impulsión por bombeo o gravedad (Ortiz 2015).

Las aplicaciones del relleno hidráulico incluyen: estabilizar el macizo rocoso

para limitar o prevenir la subsidencia; disminuir los desplazamientos de las cajas y evitar las explosiones de roca; facilitar la recuperación de pilares y ofrecer una plataforma laboral (Choquehuanca 2015).

Utilizar el relleno hidráulico posibilita la explotación a través de técnicas con gran selectividad y recuperación, lo que mejora la productividad, la versatilidad y la fluidez del ciclo de minado y reduce su tiempo no productivo. El costo operativo es cero cuando se usan relaves de flotación, porque este se asigna a la planta concentradora. Además, el transporte a través de tuberías es más barato, rápido y eficaz que cualquier otro método. El contraste de nivel entre la entrada y la salida permite el transporte horizontal del relleno (Mallqui 2009).

Por otra parte, tiene desventajas. Es necesario conservar las cunetas en buenas condiciones, ya que se envían entre 25 y 35 m³/h de agua de media, lo cual arrastra los finos de relleno durante la filtración, bloqueándolas y causando dificultades con el drenaje. Cuando los procedimientos no se implementan de manera apropiada, el derrame, la obstrucción y el atoro en las tuberías debido a densidades elevadas de pulpa, la separación o fractura de las tuberías, así como las filtraciones del relleno hidráulico por ruptura de tela poliyute y postes de barreras son dificultades comunes (Rodríguez 2017).

Cuando se crea un vacío por las actividades de explotación, este afecta a la superficie del terreno y a las capas del techo. Esto depende de la calidad de la roca así como del tamaño y profundidad de la excavación, lo cual posibilita el diseño de los espacios, direcciones, soportes y relleno de los trabajos minados

(Mendieta 2014). Los sólidos que se transportan deben presentar algunas particularidades físicas, como el tamaño de sus partículas, la proporción de sólidos en pulpa y una velocidad de transporte mayor a la velocidad crítica de sedimentación, entre

otras (Mendieta 2014).

La pulpa tiene que tener propiedades adicionales al ser depositada en las labores, tales como un grado de cohesión para soportar los esfuerzos circundantes y una velocidad de percolación adecuada. Además, debe poseer estabilidad química para evitar la generación de aguas ácidas debido a la pirita en su proceso de oxidación del azufre y lixiviación de los metales asociados (Mendieta 2014).

2.2.2. Mezclas heterogéneas, mezclas de 2 fases y la pulpa de relave.

La combinación de dos o más sustancias que conservan sus propiedades se conoce como mezcla. La composición de las muestras de aire no es invariable, por lo que las muestras de aire recogidas en diferentes ciudades probablemente tendrán variaciones en su composición debido a la contaminación del aire o a la altitud. Pueden ser homogéneas o disímiles (Chang 2010).

Una pulpa es un fluido que está compuesto por dos estados: uno sólido o transportado y otro líquido o transportador. En Tal caso, se trata de una mezcla heterogénea porque su composición no es uniforme. Es posible fabricar cualquier tipo de mezcla, ya sea homogénea o heterogénea, y dividirla después a través de métodos físicos sin que la identidad de sus componentes se vea alterada; tras la separación, los elementos de la mezcla conservarán las mismas propiedades y composición que en el inicio (Ortiz 2015).

El término "hidráulico" se refiere al relleno debido a la forma en que se transporta, es decir, por medio de tuberías en forma de pulpa (mezcla heterogénea), utilizando un fluido dinámico energizado (el agua) que actuará como vehículo de transporte. La sustancia compuesta por una fase líquida y otra sólida, en la que la primera mantiene a la segunda suspendida, se llama pulpa. El procedimiento de lodización (agregar la fase líquida) tiene como objetivo crear pulpa a través de la

incorporación de agua. Este procedimiento se lleva a cabo en un agitador, en el que los sólidos se combinan con el agua después de que el relave (sólidos) ha sido trasladado desde la fábrica concentradora. El Lodo compuesto conserva su individualidad, lo que implica que el líquido y las partículas sólidas funcionan de manera independiente (Ortiz 2015).

2.2.3. Transporte de pulpas y pérdidas de carga.

En gran parte de los procesos mineros, se requiere trasladar flujos de pulpa a niveles más altos o liberarlos a presiones significativas. Para esto, se emplean bombas que proporcionan el caudal requerido para presurizar el flujo en las tuberías. No obstante, a medida que el flujo avanza a lo largo de la trayectoria del tubo, la presión al comienzo del sistema va cambiando (López 2014). Esta fluctuación se produce porque hay pérdidas de carga por fricción entre el flujo y las paredes internas del tubo, lo que crea un gradiente de presiones hasta la salida. Estas pérdidas de flujo de pulpa siguen un patrón distinto al del agua, teniendo en cuenta la presencia de partículas sólidas. La velocidad, además de las pérdidas friccionales, es un aspecto crucial en el transporte de partículas sólidas a través de tuberías. Si la velocidad es demasiado baja, las partículas se sedimentarán; si es demasiado alta, el desgaste por abrasión se producirá más rápidamente (López 2014).

2.2.4. Flujo en Tuberías

Para explicar cómo se comporta el flujo de pulpa en una tubería, es fundamental describir las propiedades físicas de la pulpa y la conducta reológica que puede mostrar. La pulpa es un flujo bifásico, como se ha indicado previamente, y dentro de una tubería tiene una apariencia distinta a la del agua, que es monofásica. El que existan dos fases simultáneamente causará un comportamiento dependiente de la densidad, la viscosidad, el tamaño de las partículas, la velocidad del flujo y otros factores. (López 2014).

Para entender el fenómeno, a continuación, se presentan el tipo de pulpa y el régimen de flujo.

2.2.5. Régimen de flujo.

La fricción interna que ocurre entre las capas de un líquido con viscosidad genera tensiones tangenciales. Este acontecimiento hace que, en determinadas circunstancias, los fluidos puedan encontrarse en un estado laminar, transitorio o turbulento. El número de Reynolds, que representa la relación entre la fuerza viscosa y la fuerza inercial, se utiliza para determinar el régimen en el que está un fluido. Se define mediante (López 2014):

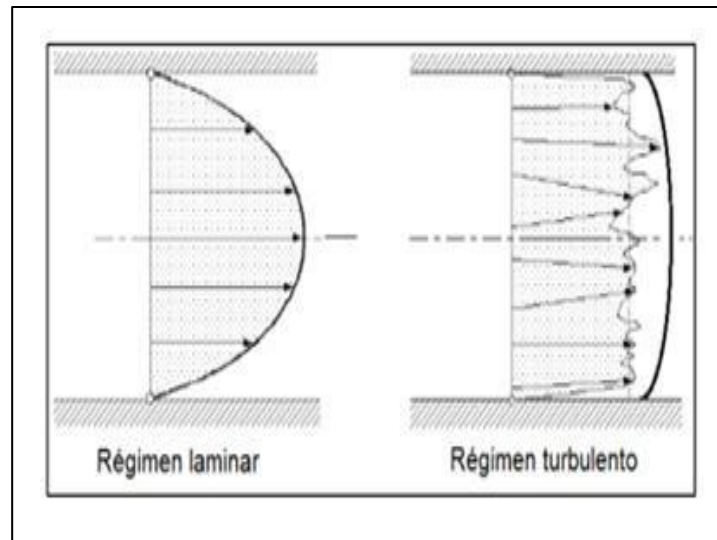
$$Re = \rho \times v \times d / \mu$$

Re: número de Reynolds. ρ : densidad (Kg/m³). V: velocidad media del flujo (m/s). d: diámetro (m). μ : viscosidad dinámica (Pa x s).

Cuando un fluido se desplaza en láminas paralelas y cada una de sus partículas sigue un rumbo ordenado, se le llama "laminar". Es habitual a velocidades reducidas o viscosidades elevadas. Según se puede ver en la Figura 04, el perfil de velocidades para este régimen es muy pronunciado, con una velocidad nula en las capas que están adheridas a las paredes y una velocidad mucho mayor en el centro. Esto da lugar a un perfil de tipo paraboloide (López 2014).

El régimen turbulento es más frecuente que el anterior en sistemas hidráulicos, y se distingue por la manera caótica en que las partículas se desplazan, generando remolinos pequeños y aperiódicos. Las capas se entrecruzan y pierden su individualidad, por lo que al medir la velocidad instantánea en diferentes puntos de una sección se nota que fluctúa sin seguir un patrón, tanto en dirección como en magnitud; lo mismo ocurre con la presión, como puede observarse en la ilustración (López 2014).

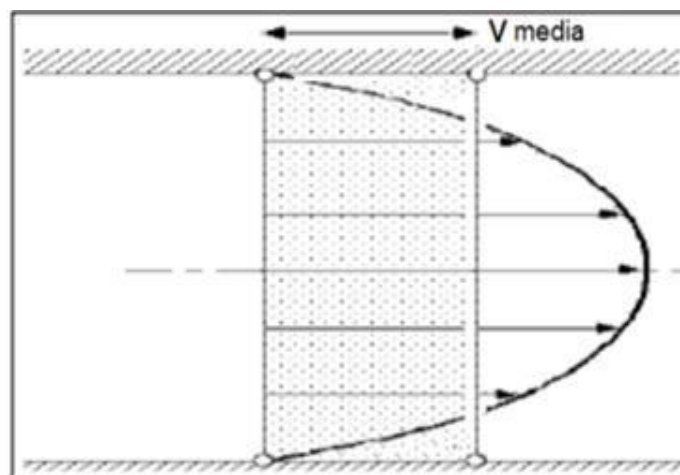
Ilustración 3. Régimen de flujo.



Fuente: López 2014.

Se establecen valores promedio de presión y velocidad, tanto para el flujo laminar como para el turbulento, que dan lugar a un régimen ficticio conocido como régimen o movimiento medio. En áreas cercanas a las paredes, donde la teoría de la capa límite es predominante, este modelo no se puede utilizar (López 2014).

Ilustración 4. Régimen medio de flujo.

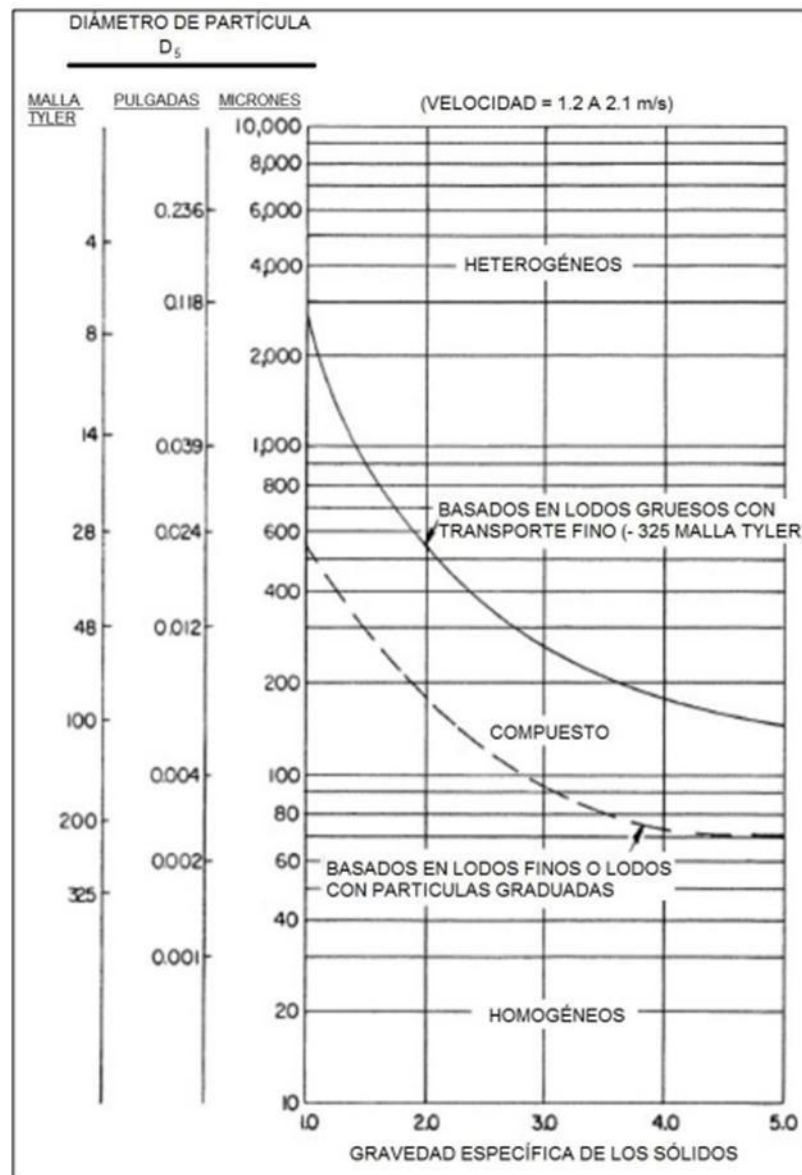


2.2.6. Tipos de Flujo

La Ilustración revela que el flujo es heterogéneo cuando las partículas son de gran tamaño y la densidad de los sólidos es alta (entre 1.2 y 2.1 m/s), mientras que a

baja densidad de los sólidos y diámetros pequeños de partícula el flujo se vuelve homogéneo (López 2014).

Ilustración 5 Clases de Pulpas.



Fuente: López 2014.

En el flujo homogéneo, las partículas sólidas están repartidas de manera uniforme en el fluido líquido. Así, la proporción entre la concentración del fondo del tubo y la de un plano más alto es lo más cercana posible a uno. Estos flujos tienen una concentración de peso alta (entre el 50 % y el 60 %), lo que causa un aumento en la viscosidad, generando muchas veces comportamientos no newtonianos. Abulnaga y

otros autores establecen que el tamaño típico de las partículas sólidas es menor a 70 μm (López 2014).

En el caso de que se produzca un flujo heterogéneo, las partículas sólidas no se distribuyen de manera uniforme y hay un gradiente de concentraciones. En las tuberías con pulpas, la concentración más alta está en el fondo, mientras que las de menor densidad se sostienen en suspensión. Abulnaga afirma que la concentración de partículas en peso para estos flujos es reducida, por debajo del 25 %. Una propiedad fundamental de este flujo es que cada una de sus fases conserva sus características independientemente de la otra (López 2014).

En el flujo con lecho móvil, la velocidad es baja y hay muchas partículas grandes; el lecho se desplaza como lo hacen las dunas de arena. Las partículas se mueven a medida que el flujo se desplaza hacia arriba, lo cual hace que las capas superiores de una tubería horizontal se desplacen más rápido que las inferiores. Cuando la velocidad del flujo se reduce y el lecho o cama se espesa, se presenta el flujo con lecho fijo. Sin embargo, el flujo que se encuentra sobre el lecho y tratará de arrastrar las partículas de la superficie, lo que provocará que estas salten y rueden. La presión aumenta para mantener el flujo a medida que la velocidad disminuye, lo cual ocasionará, que la tubería se bloquee (López 2014).

2.2.7. Transporte de Pulpas y Pérdidas de Carga

En gran parte de los procesos mineros, se requiere trasladar flujos de pulpa a niveles más altos o liberarlos a presiones significativas. Para ello, se utilizan bombas que suministran el caudal requerido para ejercer presión en el flujo de las tuberías. No obstante, a medida que el flujo avanza a lo largo de la trayectoria del tubo, la presión al comienzo del sistema va cambiando (López 2014).

Esta fluctuación se produce porque hay pérdidas de carga por fricción entre el

flujo y las paredes internas del tubo, lo que crea un gradiente de presiones hasta la salida. Estas pérdidas de flujo de pulpa siguen un patrón distinto al del agua, teniendo en cuenta la presencia de partículas sólidas. La velocidad, además de las pérdidas friccionales, es un aspecto crucial en el transporte de partículas sólidas a través de tuberías. Si la velocidad es demasiado baja, las partículas se sedimentarán; si es demasiado alta, el desgaste por abrasión se producirá más rápidamente (López 2014).

2.2.8. Impulsión de Fluidos en un Sistema Hidráulico

Los sistemas de flujo, que pueden variar en extensión y complejidad, experimentan con regularidad el desplazamiento de fluidos, líquidos o gases (y ocasionalmente también de sólidos en suspensión). Estos sistemas están formados por conducciones rectas, usualmente cilíndricas y de diámetros diversos, que se conectan entre sí mediante uniones adecuadas, curvaturas, codos y válvulas. A través de estos sistemas, el fluido solamente fluye espontáneamente si su energía total disminuye en la dirección del flujo. Si no es así, se tendrá que transmitir energía desde el exterior a través de aparatos como sopladores, ventiladores o compresores si se trata de gases, o bombas si son líquidos. Puede invertirse tal aporte de energía en incrementar la velocidad, la altura o la presión del fluido. La cantidad de energía que se necesita para mover un fluido a través de un sistema específico depende del caudal, la altura a la que debe elevarse, la presión requerida al final de su trayecto, las longitudes y diámetros de los tramos rectos de conducción, las características del fluido (como densidad y viscosidad), así como los accidentes (estrechamientos, ensanchamientos, codos y curvaturas) (Martín et al. 2019).

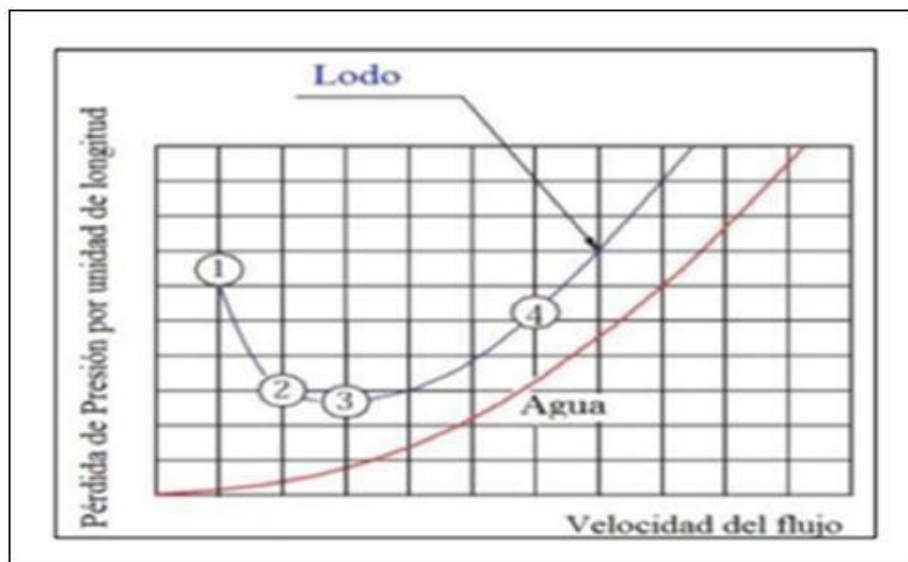
2.2.9. Pérdida de Carga

Como se puede apreciar en la Ilustración 4, la tendencia de disminución de carga en las pulpas es constantemente mayor que la del agua y no tiene por qué ser

proporcional al cuadrado de la velocidad, como sí pasa con el agua. También se observa que, a velocidades bajas, es decir, cuando el flujo está en régimen de lecho fijo y móvil, la disminución de presión aumenta, aunque la velocidad presente una reducción. Esto sucede porque las partículas impactan con el fondo de la tubería y producen una disipación significativa de energía, además de reducir el área del flujo. En cambio, a velocidades elevadas la pulpa se comporta como un líquido (López 2014).

Desde la construcción del primer sistema de tuberías con pulpas, se han desarrollado numerosos modelos para predecir la reducción de presión en una pulpa. La pérdida de carga en una pulpa no es solamente producto de la fricción entre el líquido que se transporta y la tubería; También está determinado por la energía que se necesita para mantener las partículas suspendidas en el medio acuoso, así como por la energía que se pierde a causa del choque entre las partículas y con las paredes de la tubería (López 2014).

Ilustración 6. *Pérdida de carga y velocidad de flujo*



Fuente: López 2014.

2.2.10. Pérdida de Carga por Singularidad

Se producen en lugares específicos de la tubería (por ejemplo, en las uniones, los giros o los codos) y son causados por fenómenos de turbulencia (Santiváñez 2009).

La tabla incluye varios componentes comunes de sistemas de tuberías y la caída de presión asociada, que se expresa como una longitud equivalente de tubería recta en función de los diámetros. La longitud equivalente de tubería se calcula multiplicando el diámetro interno por el diámetro de longitud equivalente. Para calcular la pérdida de carga total del sistema, se agrega esta longitud equivalente al largo total de la tubería. Para la mayor parte de las instalaciones, estas longitudes equivalentes pueden ser vistas como aproximaciones aceptables.

Tabla 1 *Tipos de Singularidades*

Tipo de singularidad	K_m	L/D
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
Válvula de compuerta (abierta $\frac{3}{4}$ ")	1.15	35
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{2}$ ")	5.6	160
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{4}$ ")	24	900
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35	-

Fuente: Duratec, s. f.

2.2.11. Análisis Químico y Granulométrico del Relave

Los residuos mineros están compuestos por agua y materias primas trituradas. En la elaboración de un relave, el 99 % está compuesto por minerales que crean roca; el 1 % restante puede incluir otros elementos como plata, cobre u oro. Otros tipos de contaminantes pueden hallarse en partes por millón. A la escoria de flotación que se va a usar en el relleno hidráulico, principalmente se le hacen análisis de pH, potencial de acidez y potencial de neutralización. La finalidad de estos ensayos es establecer que el relave a utilizar no cambiará la estabilidad química del ambiente de trabajo ni de la actividad que se va a rellenar. Los reactivos químicos que se utilizan para la flotación (colectores, espumantes, depresores y activadores) son compuestos orgánicos que

contienen azufre y sales amónicas. Se concentran en el agua durante el proceso de filtrado y luego se reutilizan. Por lo tanto, el análisis de su composición química no es importante en relleno hidráulico (Moreno 2016).

Tabla 2. Descarga de efluentes de las actividades mineras y metalúrgicas en la L

Parámetro	Und.	Límite en cualquier valor	Límite para el periodo anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1	0.8
Arsénico total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente	mg/L	0.1	0.08
Cobre total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio total	mg/L	0.002	0.0016
Cianuro total	mg/L	1.5	1.2

Fuente: MINAM 2010

Es frecuente la presencia de sulfuros metálicos de escaso valor económico, como son la calcopirita, pirrotita y pirita, entre otros, en los relaves que se utilizan para rellenar minas. Los sulfuros empiezan a oxidarse y a liberar anhídrido sulfuroso que se dispersa en el medio ambiente después de que el relleno es depositado en los tajos. En la práctica, la cantidad de gas sulfuroso que se emite es considerablemente menor porque la pirrotita nunca se oxida por completo. El relleno presenta una percolación adecuada; el agua no permanecerá en contacto con el azufre y el sulfuro de fierro por un tiempo suficientemente largo. La reacción se detendrá si no hay oxígeno. Cada grano de pirrotita será cubierto por una película de sulfuro ferroso, la cual lo protegerá de oxidarse más. Para que sus emisiones de gases ejerzan un impacto durante el ciclo de minado, otros sulfuros presentes en los relaves de la planta de flotación, como la pirita, poseen un proceso oxidativo muy lento (Santivañez 2009)

2.2.12. Análisis Granulométrico del Relave

Se entiende como cualquier proceso manual o mecánico que permite la separación de las partículas constitutivas del agregado en función de sus tamaños, con el objetivo de determinar la cantidad en peso que cada tamaño contribuye al peso total. Las mallas de diferentes aberturas se emplean para clasificar por tamaños, y cada una de ellas brinda el tamaño máximo del agregado. En la práctica, los pesos de cada tamaño se representan como porcentajes que se mantienen en cada malla en relación con el total de la muestra. Para trazar la gráfica de valores de material o granulometría, se utilizan estos porcentajes retenidos, que se calculan en cada malla tanto acumulados como parciales (Simeón s. f.).

2.2.13. Método de Ensayo Estándar para Análisis por Malla de Agregado Grueso y Fino (ASTM1 C 136 – 01).

Se utiliza para establecer la graduación de los materiales que se proponen como agregados o que ya están siendo empleados como tales. Se emplean los resultados para establecer si se cumple con la distribución del tamaño de las partículas. Separa una muestra de agregado seco de masa establecida, utilizando un conjunto de tamices con aberturas que disminuyen progresivamente, para determinar las dimensiones de las partículas (Simeón s. f.).

Tabla 3 *Tamices de la serie ASTM.*

N°	Abertura (mm)	N°	Abertura (mm)	N°	Abertura (mm)	N°	Abertura (mm)
5"	127.00	1"	25.40	6	3.35	50	0.36
4.24"	107.70	7/8"	22.23	7	0.50	60	0.250
4"	107.60	3/4"	19.05	8	0.43	70	0.212
3 1/2"	88.90	5/8"	15.88	9	0.36	80	0.180
1 3/4"	82.55	0.53"	13.46	12	1.70	100	0.150
3"	76.20	1/2"	12.70	14	1.40	120	0.125
2 1/2"	63.50	7/16"	11.11	16	1.18	140	0.106
2.12"	53.85	3/8"	9.53	18	1.00	170	0.090
2"	50.80	5/16"	7.94	20	0.85	200	0.075
1 3/4"	44.45	0.265"	6.73	25	0.71	130	0.065
1 1/2"	38.10	1/4"	6.35	30	0.60	270	0.053
1 1/4"	31.75	4	4.75	35	0.50	325	0.041
1.06"	26.92	5	4.00	40	0.43	400	0.035

Fuente: Tamices 2015

Se requiere llevar a cabo otros procedimientos (por ejemplo, ASTM C 117 - 95) para determinar la graduación de material más fino de 75 μm . El material grueso y bien es de particular interés para analizar la granulometría de relaves destinados a relleno hidráulico.

Graduado (la malla más fina que se usa comúnmente es la N° 200 de ASTM, equivalente a 75 μm ; por lo tanto, ese u otro estudio de granulometría no tiene relevancia). Otras normas, como la ASTM D753, la ASTM E112 y la ASTM C7024, especifican los equipos, herramientas y estándares que no se encuentran en la ASTM C 136-01. Los resultados del ensayo de granulometría son representados mediante una gráfica granulométrica de doble entrada. Se le llama log-normal porque en la dirección horizontal tiene una escala logarítmica y en la vertical, una escala natural (Simeón s. f.).

2.3. Definición de términos básicos

- **Caudal.** Número de unidades de fluido (pulpa) que fluyen por una parte del ducto (tubería) en un periodo determinado. En el SI, se mide en m^3/s y se refiere a la descarga de la tubería (Martín; Salcedo; Font 2011).

- **Densidad.** La cantidad de masa contenida en un volumen específico de una sustancia. Cuando se compara con la de otra sustancia, es considerada adimensional y relativa. En el Sistema Internacional se mide en kg/m^3 (White 2004).
- **Flujo en tuberías.** Movimiento que ejecuta la pulpa debido a las propiedades hidráulicas del agua, lo que facilita la suspensión y el transporte de partículas sólidas (López 2014).
- **Fricción de flujo.** El total de la fricción con las paredes del tubo por roce y la fricción entre partículas (Mott 2006).
- **Malla.** Cantidad de aberturas en un tamiz por cada pulgada lineal (Simeón s. f.).
- **Método de explotación.** Es la estrategia a nivel global que posibilita, de la forma más eficaz desde el punto de vista técnico y económico, la excavación y extracción de una zona mineralizada. Establece los principios generales que rigen las operaciones unitarias; define también los lineamientos en cuanto a la gestión de las cavidades dejadas por la extracción (Sotomayor 2015).
- **Por ciento de sólidos en la pulpa.** Es la proporción de sólidos presentes en la pulpa, tomando en cuenta el peso y el volumen (Ortiz 2015).
- **Pulpa.** Combinación de partículas sólidas y líquidas que no pueden rechazar químicamente entre sí. Las dos partes pueden ser separadas rápidamente solo mediante procesos mecánicos (Ortiz 2015).
- **Relave.** Desecho que se produce a partir del tratamiento de beneficio de los minerales, el cual contiene reactivos químicos, agua, ganga y roca (Huamán 2007).
- **Tajo.** Es el bloque in situ de donde se extrae el mineral para procesarlo y beneficiarlo (Huamán 2007).
- **Rumbo.** Es la dirección de un manto, estrato o veta que se encuentra inclinado con respecto al norte magnético y se mide en un plano horizontal.

- **Veta o Filón.** Son chicas hendiduras en la corteza terrestre que están llenas de mineral, generalmente tienen una inclinación superior a 30 grados y un desarrollo uniforme en longitud, ancho y profundidad
- **Yacimiento de Mineral.** Formado por uno o más minerales que albergan elementos metálicos útiles, sin importar su tamaño o la conformación global del conjunto.
- **Zonas de corte.** Se trata de bandas de material que pueden tener varios metros de espesor y en las cuales se ha producido una fractura de la roca.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con el cambio de Tuberías se Estandarizará el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Con el cambio de Tuberías mejorara el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.
- b) La aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas concertara el abastecimiento en la Unidad Minera El Porvenir.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente:

X: Cambio de Tuberías en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.

2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 4. Operacionalización de Variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Cambio de Tuberías en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.	Las operaciones en la zona alta requieren el suministro de relleno hidráulico; en la planta de relleno se cuentan con un sistema de bombeo de impulsión del relleno hidráulico a través de tuberías metálicas que son descargan en los tajos de la zona alta; se requiere reemplazar las tuberías metálicas para estandarizar el suministro de Relleno Hidráulico; en consecuencia se requiere el cambio de tuberías metálicas Schedule 80 (Sch), resistente a altas presiones y altas temperaturas, así como alta resistencia química. Mediante estas tuberías Sch 80, generar la impulsión del relleno hidráulico por la Bomba Mars.	Sistema de Relleno Hidraulico Sostenimiento	Tipo de roca Plataforma de Perforacion Estabilidad del Macizo Rocoso
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.	la Unidad Minera El Porvenir, requiere reducir la inestabilidad del macizo rocoso y poder minimizar los riesgos de desprendimiento de rocas y estallido de rocas. Con este propósito, se aplica los conocimientos de la mecánica de fluidos sobre transporte de fluidos con sólidos en suspensión, para lograr de esta manera llenar con relleno hidráulico todos los espacios vacíos generados por la explotación de la mina El Porvenir. Con esto el relave producido por la planta concentradora retorna a interior mina como relleno mediante un adecuado proceso de tratamiento, para estandarizar el suministro. Para tal efecto se requiere contar con tuberías nuevas como son las tubería SCH-80 de gran resistesia, en la salida de las bombas horizontales.	Unidad El Porvenir	Estandar de Relleno Resistencia Estabilidad

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

- Basado en el proceso de análisis para la determinación del Cambio de Tuberías, Se establece que nuestra investigación es cuantitativa.
- Aplicada: En el procedimiento de desarrollo y explotación de la unidad El Porvenir, cuyo propósito principal es el relleno hidráulico.
- Experimental: Debido al estudio de los datos recopilados durante la fase de análisis de datos.
- Documental: Según lo que se ha obtenido, los análisis y la interpretación de la información hallada en comparación con la que se ha conseguido de la Unidad El Porvenir
- De campo y de laboratorio: Debido a los resultados que se lograron en las pruebas de abastecimiento del Relleno Hidráulico a lo largo de la investigación.

3.2. Nivel de investigación

Analiza la relación entre variables como capacidad eficiencia energética, reducción de sólidos en suspensión Identifica causas y efectos del rendimiento del

sistema, así como su influencia en la optimización del drenaje y el cumplimiento normativo.

3.3. Métodos de investigación

El método que se utilizó para llevar a cabo la investigación actual fue el siguiente:

- Método deductivo: Examen de los datos generales para alcanzar una conclusión definitiva.
- Método inductivo: Extraer la conclusión general a partir de los antecedentes del relleno hidráulico y de los datos recogidos en el trabajo de campo.

3.4. Diseño de investigación

El diseño es de tipo descriptivo, cuantitativo y correlación, con respecto al Relleno Hidráulico en la mina, y su aplicación para el sostenimiento con un diseño adecuado y garantizado de acuerdo a la investigación efectuada en la Unidad El Porvenir.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Todas las Tuberías a cambiarse para efectúa un adecuado suministro de Relleno Hidráulico Unidad El Porvenir.

3.5.2. Muestra

Las Tuberías de expulsión de la zona alta de la de la Unidad El Porvenir.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Descripción de las técnicas empleadas. Recopilación y Análisis de Datos

La información histórica del Relleno Hidráulico y la eficacia de los procedimientos previos se recopila.

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

Selección. -

Los datos utilizados en esta investigación se obtuvieron de: Bases de datos históricos.

Mediciones directas con equipos actualizados (caudalímetros, sensores de presión, turbidímetros) Los datos relacionados con la selección son válidos debido a:

La verificación y aprobación documentada por ingenieros quienes avalaron los parámetros técnicos mediante firmas y visto bueno oficial.

La congruencia entre los datos recolectados. Los datos poseen alta confiabilidad gracias a: Mediciones repetidas en diferentes estaciones del año (época seca y húmeda), considerando la variabilidad

El uso de equipos calibrados y protocolos estandarizados para minimizar errores.

La consistencia entre los valores históricos y las mediciones recientes, lo que refuerza la representatividad de los datos. Este rigor metodológico asegura que las conclusiones y recomendaciones de la tesis se basen en información sólida y aplicable

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para que el procedimiento de mover la pulpa de relave por tuberías sea óptimo, con un diámetro adecuado para las tuberías, es necesario establecer relaciones geométricas y aritméticas que nos permitan definir estos parámetros y otros que tengan que ver con la mecánica de fluidos. Se clasifica Tuberías de alta resistencia a la corrosión, incrustaciones y al crecimiento de bacterias, mantienen estas características de flujo durante toda su vida útil.

3.9. Tratamiento estadístico

Las acciones que se llevaron a cabo sobre las unidades experimentales y que

son pormenores para la comparación con lo aplicado. Dejándonos conseguir una estadística de todos los procesos realizados con anterioridad y en la actualidad, lo que nos permite obtener un modelo estadístico que muestra los resultados logrados.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Los valores y las metas de una profesión, como la rendición de cuentas, la transparencia, la responsabilidad y el ofrecimiento de servicios efectivos y de calidad superior, son lo que se conoce como ética profesional. La importancia de la ética radica precisamente en saber qué está bien y qué está mal como persona ante la sociedad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

Dentro del ciclo operativo de la zona alta, se encuentra el relleno hidráulico que es suministrado a través de líneas de impulsión por tuberías de acero que resisten altas presiones y por ende desgaste de las paredes del tubo, actualmente las operaciones en la zona alta requieren el suministro de relleno hidráulico; en la planta de relleno se cuentan con un sistema de bombeo de impulsión a través de tuberías metálicas quienes descargan en los tajos de la zona alta; se requiere reemplazar las tuberías metálicas quienes presentan desgaste debido al uso; en consecuencia amerita solicitar el servicio de Cambio de tuberías metálicas de impulsión de relleno hidráulico por la Bomba Mars.

4.1.1. Actividades Preliminares

Se reviso la información existente, estudios básicos, prediseños, cálculo de impulsión. Esta fue la información principal para realizar la inspección de la tubería SCH 80 de espesor 8.56 mm

4.1.2. Trabajo de Campo

Luego de haber recopilado y evaluado la información requerida se realizó una

inspección de tuberías con el equipo medidor de espesor por ultrasonido. esto se realizó en toda la longitud de la tubería dividiéndola en dos tramos. Esto se realizó en toda la longitud que comprende la instalación de la tubería, trabajo de campo, obteniendo todos los datos básicos.

4.1.3. Información Básica

El cambio de tuberías metálicas de impulsión de relleno hidráulico por la Bomba Mars, debe considerar los siguientes ítems:

General:

- Arreglo general de la línea de impulsión.
- Capacidad de flujo de la tubería metálica.
- Hojas técnicas de la tubería, instrumentos y accesorios, etc.
- Adjuntar "expediente técnico" que incluya: memorias de cálculo, piping, etc.

Equipamiento Mecánico y Estructural

- Montaje mecánico de las tuberías SCH 80.
- Aseguramiento de las tuberías con pernos U-bolt.
- Empalme mecánico entre tuberías.
- Suministro e instalación de tubería SCH 80 para el relleno hidráulico de la zona alta.

Instrumentación

- Diagrama de instrumentación y control
- Diagrama de conexión de motores de bomba
- Arreglo general de la sala de control eléctrico e instrumentación
- Canalización de fuerza y control.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Disposiciones Básicas

1. Comparecer a la visita técnica en la fecha marcada por la UM. El Porvenir, con el responsable de la ejecución del proyecto y con el personal seleccionado y calificado técnicamente, con conocimiento detallado de los equipos y de los lugares de trabajo.
2. La Empresa en coordinación con el responsable deberá proporcionar al personal todos los materiales de seguridad necesarios para el desempeño de sus actividades y determinados por el sector de Seguridad Industrial de la UM. El Porvenir, obligándose a fiscalizar a su personal en la utilización de estos EPPs y obedecer las Normas Regulatorias de Seguridad y Salud en el Trabajo.
3. La Empresa entregara para los trabajadores bajo su costo los equipos, herramientas, maquinaria, insumos y demás para el cumplimiento de su trabajo.
4. La Empresa tiene el compromiso de dirigir, fiscalizar y sancionar al responsable y los trabajadores seleccionados para la ejecución del proyecto.
5. Acatar, atender, instruir y poner a la disposición del responsable y los trabajadores el entrenamiento sobre las "Reglas de Oro/Gestión de Consecuencias" de NEXA (Procedimiento SSO-P-42), bajo pena de solicitar el retiro y bloqueo del proyecto, de no cumplir con lo indicado en las Normas de Seguridad. Estas Reglas de Oro son:
 - **TRABAJO EN ALTURA:** Los trabajos realizados en altura superior a un metro ochenta requieren el uso de sistema de prevención de caídas y punto de anclaje aprobado para uso.

- **BLOQUEO Y AISLAMIENTO DE ENERGÍAS:** Exposición del cuerpo a riesgos donde hay liberación de energías - utilización de la matriz de bloqueo.
- **ESPACIO CONFINADO:** Sólo realizar por profesionales capacitados y autorizados después de la emisión de PPT (Permiso de Trabajo)
- **VEHÍCULOS LIVIANOS Y EQUIPOS MÓVILES:** Es obligatorio el uso del cinturón de seguridad, prohibido utilizar el celular y respetar los límites de velocidad.
- **ALCOHOL Y DROGAS:** Ejercer sus actividades sin la influencia de estas sustancias.
- **CAÍDA DE FRAGMENTOS DE ROCA:** Solo se permitirá la entrada en frentes de explotación y desarrollo una vez que la inspección formal confirme que no hay fragmentos de roca.
- **CARGAS SUSPENDIDAS:** Sólo con equipos propios para actividades, con check list de inspección en conformidad, liberación de PPT, plan de "rigging" y área de operación aislada y señalizada.
- **PROTECCIÓN DE MÁQUINAS:** Sólo podrán retirarse las protecciones con las máquinas y equipos bloqueados y en estado de energía cero.
- **SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS:** Manejo sólo con equipos de protección individual aprobados por el SSMA y autorizados como lista maestra.
- **COMUNICACIÓN DE ACCIDENTES:** Cualquier accidente, independientemente de su gravedad, debe ser comunicado.

- **AUTORIZACIÓN DE TRABAJO:** Todas las actividades relacionadas con los "RIESGOS CRÍTICOS" deben ser autorizados formalmente.
 - **EVALUACIÓN DE RIESGOS:** Para llevar a cabo cualquier actividad, es necesario efectuar una evaluación formal y previa de los riesgos utilizando las siguientes herramientas: APR, Procedimientos para actividades diarias y/o Presentación en PowerPoint.
6. Cumplir con los procedimientos de SSMA (Salud, Seguridad y Medio Ambiente) de la UM. El Porvenir - Nexa, ofreciendo a sus colaboradores los
 7. recursos necesarios, principalmente EPP's para cumplir con la legislación y políticas pertinentes a las actividades.
 8. Adecuar los horarios de los trabajos de acuerdo con las necesidades de la UM. El Porvenir.
 9. Mantener las instalaciones dispuestas por la UM. El Porvenir, en estado de conservación e higiene de acuerdo con las normas establecidas vigentes en la unidad.
 10. Es responsabilidad de la UM. El Porvenir, resguardar los materiales y equipamientos de su propiedad mientras se ejecute el cambio de Tuberías.
 11. Proporcionar alimentación, transporte interno / externo, alojamiento, EPIs.
 12. Cubrir todos los costos, y los cargos adicionales., referentes a salarios, honorarios, tasas, impuestos, reclamaciones laborales y civiles, entre otros.
 13. Presentar un plan de seguridad del proyecto el cual debe ser aprobado por el Coordinador de SSMA.

4.3. Prueba de hipótesis

Se analiza la probabilidad vinculada a la hipótesis nula (H_0), que establece que no existe diferencia ni efecto. Las variables adquiridas muestran la probabilidad de que se rechace la H_0 siendo esta cierta; en ningún momento demuestran que la hipótesis alternativa, que indica si existe un efecto o una diferencia, sea verdadera.

Por lo tanto, las Variables, que fueron determinadas y por lo cual se acepta la hipótesis:

Con el cambio de Tuberías se Estandarizará el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources. .

- H_0 : Cambio de Tuberías en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.
- H_1 : Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Inspección de Tuberías

Se realiza la medición con el equipo medidor de espesor, se inicia la inspección de la tubería SCH 80 de 4" de longitud de 6 m, cada una, se cuenta con una longitud total de 280 m.

Ilustración 7. *Medición de Espesor de las Tuberías*



Fuente: Elaboración propia.

Descripción

Se realiza la inspección de dos tramos de la tubería iniciando de la bomba Mars hasta culminar, la línea sch 80 de 4" se muestra en los tramos inspeccionados.

Ilustración 8 *Tramos Medidos 1 y 2*



4.2.2. Resultados de Medición de Espesor

Tabla 5 *Tramo - 1 Se identifican 3 tuberías con espesor menor a 4 mm.*

PRIMER TRAMO		
Punto	Medida	longitud
1	2.8	7.41
2	6.5	nuevo
3	6.77	
4	6.85	
5	4.4	tubo completo
6	4	tubo completo
7	4.2	
8	4.25	
9	3.66	
10	5.38	
11	3.86	

Tabla 6 Tramo – 2 Se identifican 12 tuberías con espesor menor a 4 mm.

SEGUNDO TRAMO (Escalera)			
Punto	Medida		Observación
A1	2.52		TC
A2	2.85		TC
A3	2.65		TC
A4	2.5		TC
A5	2.58		TC
A6	2.51		TC
A7	3.2		TC
A8	3.07		TC
A9	3.2	2.83	medida 2.83
A10	5.67		codo
A11	6.82		codo la subida
A12	5		TC
A13	4.93		TC
A14	4.86		TC
A15	4.74		TC

A16	4.94		TC
A17	4.11	2.56	TC
A17	5	2.56	TC
A17	3.3	2.56	TC
A18	5		TC
A19	5.5		TC
A20	4.4		TC
A21	5		TC
A22	5.6		TC
A23	4.97		TC
A24	4.65		TC
25	3.76		TC
26	3.2		TC
27	6.74		TC
28	7.11		TC

4.2.3. Requerimiento de Tuberías

Identificadas las tuberías con desgaste en sus espesores, se solicitará a la UM. El Porvenir – Nexa, que realice el requerimiento de tuberías a reemplazar, informándole que se identificó 15 tuberías que están con mayor al 60% de desgaste, los cuales necesitan su reemplazo con urgencia.

4.2.4. Requerimiento de Personal

Se debe de contar con personal especializado para la instalación de las tuberías, para lo cual se solicita a la UM. El Porvenir – Nexa, el requerimiento y la habilitación de este personal.

Selección de Personal

En la UM. El Porvenir, para ejecutar el Cambio de tuberías para estandarizar el suministro del Relleno Hidráulico en la Zona Alta, nos comunicamos con el responsable del área de Relleno Hidráulico para seguir el procedimiento de captar personal, que será seleccionado y aprobado de acuerdo a lo establecido por SSO - Nexa. Luego de una semana de filtro, se elige a los postulantes, para seguir con la verificación del control interno, Prosegur, gestor de seguridad patrimonial y SSO, también Nexa otorgará la aptitud médica a los exámenes médicos, los cuales deben ser enviados a los correos de seguridad y salus laboris (los exámenes médicos son enviados de médico a médico por las clínicas autorizadas: Natclar, HyS).

- La inducción Anexo 4 debe ser coordinada con Hamma o Toosol (virtual).
- Para solicitar holograma de inducción acercarse a la estación de Riesgos Críticos con el fotocheck según modelo adjunto (previamente deben estar aptos medicamente y aprobados en inducción).
- Para solicitar y obtener el fotocheck electrónico, se subirá al sistema rainbow los siguientes documentos:
 - SCTR
 - Examen médico aprobado.
 - Lista de difusión y entrega de RISST de Nexa, difusión del DS 024.
 - Anexo 4 y 5.
 - Carta de compromiso de reglas de Oro, contrato y DNI.

- Si el trabajo está asociado con un trabajo de Riesgo Crítico (ver matriz de Riesgos críticos), deben alcanzar certificado del curso, según perfil, con lo cual solitarán el holograma del riesgo crítico. (Antes de pasar un curso de RR. CC., deben alcanzar CV y Certificación del expositor según el curso para validar).

Por ejemplo, si va a operar equipo como montacargas, cargador frontal, debe contar con:

- Certificación de operación (min 8 horas) en el equipo que va a operar de acuerdo al perfil de la matriz de capacitación.
- Curso de Manejo Defensivo (min 8 horas) y además debe tramitar su permiso de manejo temporal en Nexa.

4.2.5. Consideraciones Técnicas para la Instalación de las Tuberías

La instalación de una tubería SCH 80 de 4 pulgadas y 6 metros de longitud implica varios pasos y consideraciones técnicas. A continuación, se detalla un procedimiento general para la instalación de esta tubería, que serán utilizadas para la impulsión del Relleno Hidraulico para la Zona Alta.

Materiales y Herramientas Necesarias:

1. Tubería Schedule 80 de 4": Tubería de acero al carbono con un espesor de pared más grueso que el Schedule 40, lo que la hace más resistente y adecuada para aplicaciones de alta presión.
2. Codos, Tés, Uniones y Accesorios: Dependiendo de la configuración del sistema.
3. Soldadura y Material de Aporte: Si la conexión será soldada.
4. Herramientas de Corte y Medición: Sierra para metales, cinta métrica, escuadra, etc.
5. Equipo de Soldadura: Si se requiere soldar las uniones.

6. Protección Personal: Guantes, gafas de seguridad, ropa protectora, etc.

Pasos de Instalación:

1. Planificación y Medición:

- **Diseño del Sistema:** Antes de comenzar, asegúrese de tener un diseño claro del sistema de tuberías, incluyendo la ubicación de las uniones, codos, accesorios y la longitud exacta de cada tramo de tubería.
- **Medición:** Mida cuidadosamente la longitud exacta de la tubería necesaria para cada tramo, teniendo en cuenta las conexiones y accesorios.

2. Corte de la Tubería:

- **Marcado:** Marque la tubería en la longitud requerida usando una cinta métrica y una escuadra.
- **Corte:** Corte la tubería a la longitud marcada usando una sierra para metales o una cortadora de tuberías adecuada. Asegúrese de que los cortes sean rectos y limpios.

3. Preparación de las Uniones:

- **Soldadura:** Si las uniones serán soldadas, prepare las superficies de las tuberías y los accesorios para soldadura, asegurándose de que estén limpias y libres de óxido o grasa.
- **Roscar:** Si las uniones serán roscadas, asegúrese de que los extremos de la tubería estén correctamente roscados y listos para la conexión.

4. Montaje de la Tubería:

- **Colocación:** Coloque las secciones de tubería en su posición final, asegurándose de que estén alineadas correctamente y que haya suficiente espacio para las conexiones y accesorios.
- **Uniones:** Conecte las tuberías usando las uniones, codos y accesorios

necesarios. Si se está soldando, asegúrese de que las soldaduras sean fuertes y herméticas. Si se están roscando, asegúrese de que las conexiones estén apretadas y selladas adecuadamente.

5. Pruebas de Presión:

- Llenado y Pruebas: Una vez que la tubería esté completamente instalada, realice pruebas de presión para asegurar que no haya fugas y que la tubería pueda soportar la presión de trabajo requerida.

6. Protección y Aislamiento:

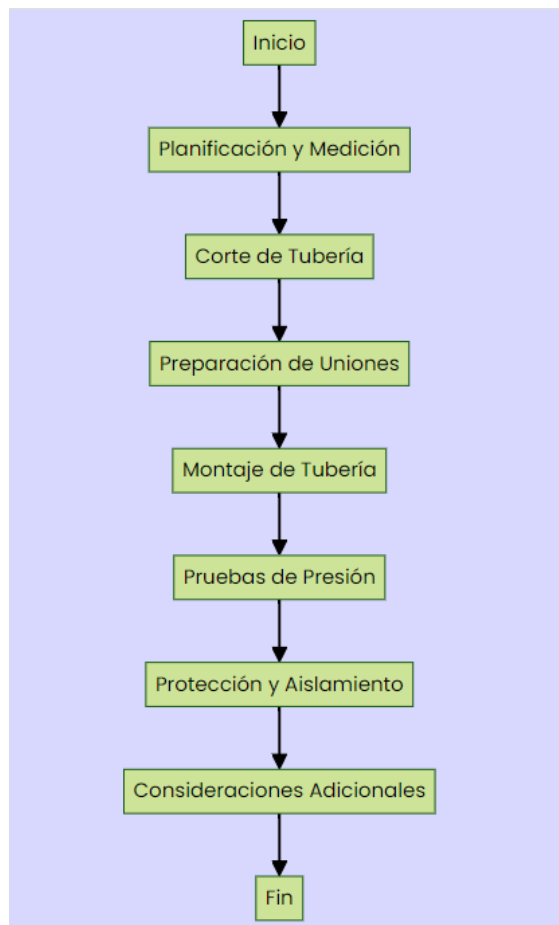
- Protección: Proteja la tubería de daños mecánicos y corrosión aplicando pintura o recubrimientos adecuados.
- Aislamiento: Si es necesario, aplique aislamiento térmico para mantener la temperatura del fluido dentro de los límites requeridos.

Consideraciones Adicionales:

- Permisos y Regulaciones: Asegúrese de cumplir con todos los permisos y regulaciones locales antes de comenzar la instalación.
- Seguridad: Siga todas las prácticas de seguridad durante la instalación, especialmente si se está trabajando con soldadura o herramientas eléctricas.
- Inspección Final: Realice una inspección final para asegurar que la instalación cumple con los estándares y requisitos del proyecto.

Este procedimiento es un resumen general y puede variar dependiendo de las especificaciones del proyecto y los requisitos locales.

Ilustración 9 *Diagrama de los Procedimientos de Cambo de Tuberías*



Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

Se estableció el método apropiado de explotación y sostenimiento basado en el análisis geomecánico del macizo rocoso; En varias actividades subterráneas, los resultados obtenidos fueron: la escogencia del sistema de explotación, el Corte y Relleno Ascendente, y el método de sostenimiento, Shotcrete por vía húmeda mecanizado. Esto generó una estabilidad adecuada en la mina Coturcan, con calidad de roca tipos IIIB - IVA, un RMR en cajas entre 45 y 50 y un RMR de entre 40 y 45 en el área mineralizada.

Las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso que se examinaron en el laboratorio incluyen: volumen, densidad, humedad, grado de saturación, porosidad, absorción y otros elementos. Asimismo, estos mismos parámetros fueron analizados utilizando un programa de geomecánica: RQD, resistencia a la compresión uniaxial, juntas, separación y filtración de agua son factores que afectan la definición de un sostenimiento apropiado. Los ensayos han revelado que la roca es del Tipo IIIB - 4A; así pues, el sostenimiento apropiado es el Shotcrete por vía húmeda.

El Shotcrete, aplicado por vía húmeda, contribuye a la estabilidad y seguridad dentro de la Mina Coturcan. Además, es muy importante y necesario el shotcrete porque se lanza en zonas más inestables; su aplicación evita que las rocas se deslicen o caigan, lo que genera una estabilidad adecuada.

Como una herramienta esencial para mantener tareas, debido a la eficacia y celeridad del Shotcrete vía húmeda, este se considera un elemento relevante para prevenir el desplome de rocas y sostener las labores de producción y desarrollo.

RECOMENDACIONES

Para acelerar las operaciones y, por lo tanto, aumentar la producción de la mina Coturcan, se sugiere definir un ciclo de minado apropiado para el mantenimiento con Shotcrete a través de vía húmeda.

Para que el ingreso de los equipos de shotcrete a las labores sea más sencillo y, por lo tanto, se puedan realizar los trabajos con mayor eficiencia, es necesario estandarizar las tareas que necesiten sostenerse mediante Shotcrete vía húmeda.

Dado que el lanzamiento de Shotcrete vía húmeda es una actividad en la que se entra en contacto con agua, aditivos y cemento, los equipos de protección personal (EPP) deben reemplazarse más a menudo que en otras tareas.

Realizar evaluaciones geomecánicas en el transcurso de la explotación para satisfacer los estándares de la Mina Coturcan. Asimismo, establecer métodos eficaces de drenaje con el propósito de disminuir el impacto negativo del agua que causa inestabilidad en la masa rocosa.

Es aconsejable llevar a cabo un soporte adecuado en las diversas tareas de la mina para lograr estabilidad y prevenir que las labores se vuelvan inestables o que se produzcan deslizamientos de rocas debido al tiempo de exposición, lo cual puede ocasionar retrasos en el proceso productivo y pérdidas financieras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales, Estados Unidos de América). 2014.

¿Qué es ASTM International? (en línea). West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos de América. Consultado 14 jun. 2019. Disponible en https://www.astm.org/images/what_is_astm_spanish.pdf

Castañeda Rojas, N. 2019. Reducción de la sobrerotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la Rp2705, en la Unidad Minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A. – La Libertad (en línea)

Chang, R. 2010. Química. Décima Edición. México D. F., México, The McGraw-Hill Companies Inc.

Choquehuanca, M. 2015. Aplicación de relleno hidráulico en el método corte y relleno ascendente zona Animas - mina Bateas (en línea). Tesis Ing. de Minas. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Consultado 04 jun.2019. Disponible en [pe/bitstream/handle/UNSA/205/B2-M-18331.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bitstream/handle/UNSA/205/B2-M-18331.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Coral Caurino, Y; Atoc Caldas, W. 2016. Corte y relleno convencional (en línea). Monografía. Huaraz, Perú, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Consultado 07 jun. 2019.

Duratec Vinilit S. A. s.f. Tuberías y fittings de HDPE (en línea). Santiago de Chile, Chile. Consultado 23 ago. 2019. Disponible en http://hidraulica.weebly.com/uploads/5/3/3/9/5339473/hdpe_-_agua.pdf

ESPIASA (Espinoza Asociados S. A. C.). 2011. Bombas horizontales para pulpa (en línea). Lima, Perú. Consultado 23 set. 2019. Disponible en <http://www.espiasa.com.pe/bombas-horizontales.html#tiii>

Fernández, I. 2001. Las coordenadas geográficas y la proyección UTM (en línea). Monografía. Valladolid. Universidad de Valladolid. Consultado 28 ago. 2019. Disponible en:

www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografiageograficas-utm-datum.pdf

FELUWA. 2000. Bombas de diafragma-tubular (en línea). Folleto. Mexico D.F., Mexico. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/73595053-Bombas-con-diafragma-tubular.html>

Geoservice. 2019. Servicio de actualización del estudio hidrogeológico del área de operaciones Acumulación Parcoy N° 1 CMH (libro electrónico). Parcoy, Perú.

Google Earth. 2019. Captura de pantalla. Consultado 21 set. 2019. Disponible en <https://www.google.com/maps/@-7.870948,-79.1674683,94540m/data=!3m1!1e3>

Hidrostral S A. 2017. Bombas centrifugas DIN monoblock (en línea). Folleto. Lima, Perú. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en [http://www.hidrostral.com.pe/pdf/folletos/L1/FOLLETO%20LINEA-1%20DIN%20MONOBLOCK .pdf](http://www.hidrostral.com.pe/pdf/folletos/L1/FOLLETO%20LINEA-1%20DIN%20MONOBLOCK.pdf)

Huamán Montes, LW. 2007. Aplicación de relleno hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S. A. (en línea). Tesis Ing. de Minas. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consultado 09 jun. 2019.

Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3182/Huaman_ml.pdf?sequence=1

ICBA (Ingeniería de Ciclones, Bombas y Automatización). 2016. Catálogo de productos ICBA (En línea). Catalogo. Lima, Perú. Consultado 28 ago. 2019. Disponible en: http://www.chinalco.com.pe/sites/default/files/prove_archivo/CATALOGO%20ICBA%202016.pdf

López Bonilla, JM. 2014. Diseño hidráulico de un sistema gravimétrico para relaves mineros con un caudal de 202 m³ /h y 220 m de desnivel (en línea). Tesis Ing. de Minas. Lima, Perú, PUCP. Consultado 17 set. 2019. Disponible en

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5706/LÓPEZ_JOEL_SISTEMA_GRAVIMETRICO_RELAVES_MINEROS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mallqui Tapia, AN. (2009). Servicios auxiliares mineros (en línea). Presentación. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/73807737/SERVICIOSAUXILIARES-MINEROS>

Martín, I; Salcedo, R; Font, R. 2011. Mecánica de fluidos: Tema 2. Impulsión de fluidos (en línea). Monografía. Alicante, España, Universidad de Alicante. Consultado 03 jul. 2019. Disponible en https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/4/tema_2_impulsion.pdf

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010. Decreto Supremo N° 010-2010 (en línea). Documento. Lima, Perú. Consultado 21 ago. 2019. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles> descarga-efluentes-liquidos

Moreno Fernández, I. 2016. Estado actual de los Relaves en Chile: Taller de trabajo Minería e innovación (en línea). Presentación, Santiago de Chile, Chile, Ministerio de Minería. Consultado 17 jul. 2019 Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ignacio_moreno_-_subsecretario_mineria.pdf

Mott, RL. 2006. Mecánica de fluidos. Sexta Edición. Mexico D. F., Mexico, Editorial Pearson. Consultado 03 jul. 2019. Disponible: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-de-fluidos-robert-mott-6ta-edicion.pdf>

Ortiz Mamani, RF. 2015. Esquema de diseño del sistema de relleno hidráulico como elemento básico de sostenimiento para la reducción de los costos en el transporte de pulpa mina

- Arcata (en línea). Tesis Ing. de Minas. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/63/B2-M-18037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Reyna, ND. 2017. Optimización del sistema de relleno hidráulico mediante la implementación de una tercera línea en la red de tubería de relleno hidráulico en la empresa Consorcio Minero Horizonte S. A., 2016 (en línea). Y VI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rosado Castro, FA. 2010. Controles de la mineralización aurífera, en las vetas del yacimiento de Consorcio Minero Horizonte, del batolito de Pataz, La Libertad Perú (en línea). Tesis Ing. Geólogo. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería Consultado 30 ago. 2019. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9820/1/rosado_cf.pdf
- Santiváñez Ríos, MA. 2009. Sistema de relleno hidráulico - U.E.A. Cerro de Pasco (en línea). Tesis Ing. de Minas. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11469/1/santivanez_rm.pdf
- Sotomayor Simbron, DM. 2015. Optimización técnico económico de la Resistencia del relleno cementado considerando la reducción del ancho de minado en los sectores de mayor potencia en U.E.A. Andaychagua, Volcan Compañía Minera S. A. A.” (en línea). Tesis de pregrado. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. Consultado 23 ago. 2019. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1350>
- Tamices. 2015. ¿Tamices con norma ISO o ASTM? (en línea). Artículo científico. Lima, Perú. Consultado 08 jul. 2019. Disponible en: <https://www.tamices.es/tamices-con-norma->

iso-o-astm/

Vives, A. 2015. Evaluación técnica y económica de una mina subterránea utilizando relleno cementado (en línea). Tesis Ing. de Minas. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137234/Evaluacion-tecnica-y-economica-deuna-mina-subterranea-utilizando-relleno-cementado.pdf; sequence =1100](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137234/Evaluacion-tecnica-y-economica-deuna-mina-subterranea-utilizando-relleno-cementado.pdf;sequence=1100)

White F. 2004. Mecánica de Fluidos (en línea). Quinta Edición. Editorial McGrawHill. México D. F. México. Consultado 22 jul. 2019. Disponible en: https://www.elsolucionario.org/mecanica-de-fluidos_1784/

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Establecer los instrumentos de recolección de datos, la metodología para la identificación, evaluación, seguimiento y actualización de los peligros (factores de riesgo) y riesgos identificados en todas las actividades, procesos, instalaciones y servicios relacionados a la Salud y Seguridad de la Unidad Minera El Porvenir del Grupo Nexa Resources.

Direccionar un adecuado gerenciamiento de los riesgos.

Promover desde una metodología participativa una cultura de concientización para las consecuencias que el riesgo puede proporcionar y la importancia de los controles para la organización.

1. ALCANCE

Se aplica a todas las actividades que se desarrollan en la unidad minera el Porvenir como son, productos o servicios ejecutados pueden generar consecuencias negativas para la Seguridad, Salud de las personas y al patrimonio, incluyendo:

- a)** Actividades rutinarias y no rutinarias; y problemas potenciales que no se previó durante el diseño o el análisis de tareas.
- b)** Actividades de todas las personas que tengan acceso al lugar de trabajo (incluyendo subcontractistas y visitantes);
- c)** Peligros identificados que se originan fuera y en los alrededores del lugar de trabajo por actividades relacionadas con el trabajo bajo el control de la organización y pueden afectar de manera adversa la salud y seguridad de las personas.
- d)** Infraestructura, equipos y materiales en el lugar de trabajo, ya sean suministrados por la organización u otros
- e)** Cambios propuestos en la organización, sus actividades o materiales;
- f)** Modificaciones en el sistema de gestión de SSO, incluyendo cambios temporales, y sus impactos en las operaciones, procesos y actividades;
- g)** Cualquier obligación legal aplicable referente a la evaluación de riesgos e implementación de controles necesarios;
- h)** El diseño de áreas de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria/equipos, procedimientos de operación y organización del trabajo, incluyendo su adaptación a las capacidades humanas.
- i)** Cambios en la organización, en el sistema de gestión de SSO o sus actividades.

- j) Antes de la implementación de acciones correctivas, preventivas y/o controles operacionales que estén relacionados con peligros no identificados (nuevos o modificados).

Se aplica al IPER continuo en el lugar de trabajo, al inicio y durante la ejecución de la tarea que realizarán los trabajadores (ver párrafo 6.5).

2. DEFINICIONES

2.1 Actividad Rutinaria

Secuencia de actividades que se realizan repetidamente, las cuales pueden ser programadas o no programadas. Sus peligros se encuentran identificados, sus riesgos evaluados, se conocen los controles para efectuar la tarea de forma segura.

2.2 Actividad No Rutinaria

Se considera actividad no rutinaria aquella que se desarrolla eventualmente no incluida en el planeamiento periódico (diario, mensual, etc.) del proceso, incluyendo mantenimiento de equipos e instalaciones (Peligros no identificados, riesgos no evaluados y no se identifican controles para realizar la actividad de forma segura).

2.3 Accidente de Trabajo (AT)

Es todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.

Es también accidente de trabajo aquél que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo.

2.4 Evaluación de riesgo

Es un proceso posterior a la identificación de los peligros, que permite valorar el nivel, grado y gravedad de aquéllos, proporcionando la información necesaria para que los colaboradores y visitantes estén en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la oportunidad, prioridad y tipo de acciones preventivas que deben adoptar, con la finalidad de eliminar la contingencia o la proximidad de un daño.

2.5 Enfermedad Ocupacional

Es el daño orgánico o funcional ocasionado al trabajador como resultado de la exposición a factores de riesgos físicos, químicos, biológicos y/o ergonómicos, inherentes a la actividad laboral (DS. 024- 2016- EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería).

Identificación de una condición física o mental adversa actual y/o empeorada por una actividad del trabajo y/o una situación relacionada al trabajo. (OHSAS 18001:2007).

2.6 Identificación de peligros

Proceso que permite reconocer que un peligro existe y que a la vez permite definir sus características (OHSAS 18001:2007).

2.7 Supervisor

Es todo aquel colaborador que tiene personal a su cargo.

3. DOCUMENTOS A CONSULTAR

DS N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud Ocupacional en el trabajo y Reglamento N°005-2012-TR

OHSAS 18001: 2007 Requisito 4.3.1

4. RESPONSABILIDADES

4.1 Gerente General

Es responsable de aprobar el presente procedimiento y liderar el proceso de implementación de los planes de acción resultantes de las planillas de riesgos.

4.2 Gerente de Unidad Minera

Es responsable de hacer cumplir lo establecido en este documento, gerenciar el proceso de evaluación de riesgos de su unidad y asignar los recursos necesarios.

4.3 Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional de la Unidad Minera

Es responsable de facilitar y supervisar la aplicación de este procedimiento en su Unidad, así como apoyar en lo necesario para su correcta implementación.

4.4 Superintendentes / jefes de Área

Son los responsables de capacitar, implementar, cumplir y supervisar el cumplimiento de este procedimiento con el fin de asegurar el proceso de evaluación de riesgos en su área, definiendo su equipo multidisciplinario, coordinando los trabajos de evaluación de riesgos en su totalidad y proveyendo los recursos necesarios.

Difundir a sus colaboradores los riesgos y controles definidos para las actividades de su área. Asegurar que los contratistas cumplan con este procedimiento.

4.5 Del Equipo Multidisciplinario

Estará conformado como mínimo por:

- Superintendente/Jefe de área o Jefe de Guardia/Supervisor
- Facilitador de Elaboración de Planilla de Riesgo
- Colaborador del área

- Ingeniero/Supervisor de Seguridad
Representante del Centro Médico De ser necesario podrá participar:
- Supervisor de Mantenimiento Mecánico
- Supervisor de Mantenimiento Eléctrico
- Especialista externo
Tiene como responsabilidades:
- Participar activamente del proceso de entrenamiento de evaluación de riesgo.
- Elaborar la planilla de riesgos de acuerdo a los lineamientos del presente procedimiento.
- Participar periódicamente en las actualizaciones de la planilla o por lo menos una vez al año con el fin de identificar mejoras o modificaciones.
- La planilla también se podrá actualizar cuando:
 - ✓ Se identifiquen nuevos peligros y riesgos asociados,
 - ✓ Cambie la naturaleza del peligro
 - ✓ Varíe la magnitud del riesgo
 - ✓ Cambien materiales, equipos, productos químicos, etc.
 - ✓ Generen contratos por nuevos servicios
 - ✓ Ejecuten proyectos nuevos
 - ✓ Incorporen cambios tecnológicos
 - ✓ Se emitan nuevas exigencias legales o cambie la legislación aplicable u otros requisitos que la organización suscriba
 - ✓ Después de un incidente y de accidentes de trabajo con PG>4
 - ✓ Como consecuencia de las acciones correctivas o preventivas (resultados de auditorías internas o externas, etc.)
 - ✓ Existan cambios como resultado de la efectividad de los controles
 - ✓ Existan cambios de proceso

4.6 Responsable de Capacitación

Es el responsable de programar el entrenamiento de los equipos multidisciplinarios de la Unidad en la metodología de evaluación de riesgo en el plan de capacitación de la Unidad.

Difundir la programación, ejecutar la convocatoria y facilitar los ambientes, recursos informáticos y material didáctico de referencia para el entrenamiento de los equipos multidisciplinarios.

4.7 Del Trabajador

- Participar en la elaboración de la Planilla IPER Base, conocer la Planilla IPER Base de su área, los riesgos y controles aplicados a las actividades de su área.
- Indicar a su jefe inmediato los peligros y riesgos no identificados en la Planilla IPER Base de su

área.

- Realizar diariamente antes de iniciar sus labores el IPER Continuo. Identificar los peligros, evaluar los riesgos y aplicar los controles inmediatamente para minimizarlos.

5. DESARROLLO / PROCEDIMIENTO

5.1 TIPOS DE IPER

Ninguna actividad rutinaria o no rutinaria, puede ser realizada sin antes haberse efectuado una identificación de peligros y evaluación de sus riesgos y haber tomado las medidas de control de ser necesarias.

La Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) se debe de realizar bajo 02 modalidades:

- IPER Base, a realizarse periódicamente por el equipo multidisciplinario para identificar los peligros, evaluar los riesgos y aplicar controles a las actividades del área.
- IPER Continuo, a realizarse en forma permanente durante las actividades diarias.

A continuación, se describen los pasos a seguir para generar el IPER BASE:

5.2 IPER BASE

La Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) se debe de realizar cumpliendo las siguientes etapas:

a. Designación del Equipo Multidisciplinario

El Superintendente y/o Jefe de área define el equipo multidisciplinario de su área quienes son los que más conocen los procesos y actividades del área.

b. Identificación de los factores de riesgo (peligros) y riesgos asociados

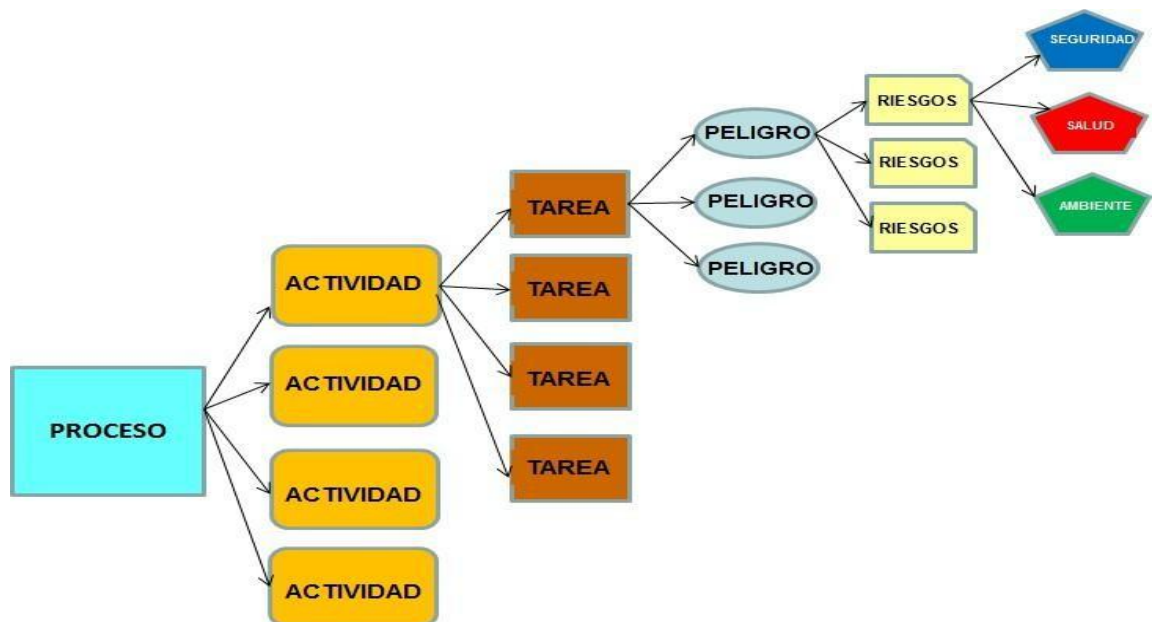
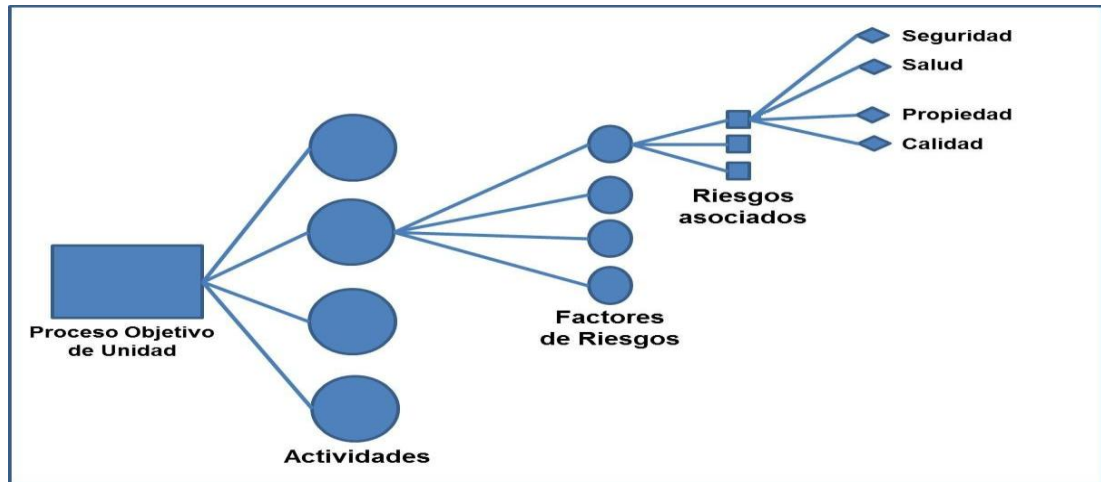
La identificación de los factores de riesgos y riesgos asociados deberá ser realizado por los equipos multidisciplinarios conformados en función de la naturaleza de las actividades a ser analizadas y tomando como base el Listado de peligros y riesgos (Anexo 2). Todos los miembros del equipo multidisciplinario deberán participar del entrenamiento de evaluación de riesgos de acuerdo con su nivel de actuación. Los peligros y riesgos identificados se registrarán en el formato de IPER Base EP-SSO-P-33-1.

Nota: En el Anexo 1 se detallan los campos del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 para su correcto llenado por parte del Equipo Multidisciplinario.

c. Definición de las actividades a ser evaluadas

Las áreas deberán tener disponible el flujograma y el organigrama de sus procesos. Todas las

actividades rutinarias y no rutinarias deberán ser consideradas en la identificación siguiendo este flujo y considerando los puestos de trabajo:



d. Inclusión de la Identificación de los factores de riesgo (peligros) y riesgos asociados en la Planilla de Evaluación de Riesgos

A partir de la identificación realizada en los Lay-out's, flujos de procesos, etc. se deberá completar el llenado de la evaluación de riesgo en el formato IPER Base EP-SSO-P-33-1. Este registro deberá estar disponible para los colaboradores en el intranet: Gestión Corporativa > SGM>Planilla IPER Base.

e. Evaluación del Riesgo Puro

El equipo multidisciplinario evalúa el riesgo de cada peligro teniendo en cuenta la incidencia o naturaleza del riesgo, es decir si comprende a Seguridad o Salud, el equipo multidisciplinario lo

evalúa indicando la Gravedad, Probabilidad y Exposición contenido en la pestaña Evaluación del Riesgo del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 de la siguiente manera:

Evaluación de Riesgos de Seguridad (según anexo 5)

Evaluación de Riesgos de Salud (según anexo 6) El Riesgo Puro se calcula de la siguiente manera:

Riesgo Puro = GRAVEDAD x PROBABILIDAD x EXPOSICIÓN

f. Determinación de la mitigación

El equipo multidisciplinario identificara el nivel de mitigación considerando los controles existentes según anexo 5 contenido también en la pestaña Mitigación del formato IPER Base EP-SSO-P-33- 1.

g. Determinación del riesgo residual

La planilla IPER Base EP-SSO-P-33-1 calcula automáticamente los valores del riesgo residual según la siguiente fórmula:

$\text{Riesgo Residual} = \frac{\text{Riesgo Puro} \times (100 - \text{Mit})}{100}$

Para determinar el porcentaje de mitigación se utilizará como referencia el anexo 5.

h. Determinación de los controles

La jerarquía de control, se anotará según el siguiente listado:

- ✓ Eliminación
- ✓ Sustitución
- ✓ Controles de ingeniería
- ✓ Control Administrativo
- ✓ EPP
- ✓ Planes de Emergencia

Nota: Los controles de seguridad identificados en el formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 deberán estar claramente indicados en el documento PETS de la tarea evaluada.

5.3 SEGUIMIENTO Y VERIFICACION

Terminado el proceso de llenado del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1, la Superintendencia / jefatura del área conjuntamente con el equipo multidisciplinario realiza:

- La verificación de las ponderaciones asignadas a la mitigación acordes a los controles indicados.
- Evalúa la eficacia de los controles aplicados para la mitigación.
- Asegura la difusión de la planilla IPER Base EP-SSO-P-033-1 a todos los colaboradores del área

explicando los peligros y riesgos identificados por actividad, así como los controles propuestos para evitar ocurrencias de accidentes.

5.4 ACTUALIZACION Y REVISION DEL IPER BASE

La Planilla IPER Base de Evaluación de Riesgos deberá ser actualizada por lo menos una vez al año o siempre que haya:

- Surgimiento o alteración de la legislación vigente incidiendo sobre los productos, actividades o servicios;
- Cuestionamientos de los peligros y riesgos identificados en la Planilla IPER Base de las actividades ejecutadas por el área;
- Redefinición de prioridades en la administración de los negocios;
- Ocurrencia de incidentes / accidente;
- Nuevas demandas por las partes interesadas o decurrentes de la Política (Incluido nuevos estándares corporativos);
- Modificación de procesos productivos, instalación de nuevos equipos o nuevos proyectos;
- Contratación de nuevos servicios
- Análisis de Permisos de Trabajo (ATS, PETAR);
- No conformidades, oportunidades identificadas en Auditorias;
- Evaluación Cualitativa / Cuantitativa de Exposición relativa a Higiene Industrial / Ocupacional;
- Para la provisión de presupuestos de los Objetivos y Metas.

Las sugerencias para la inclusión, alteración o exclusión de los factores de riesgo, riesgos o consecuencias estandarizados deben ser encaminadas al área de Seguridad Corporativa, el cual establecerá las acciones necesarias junto con las áreas involucradas, acatando las sugerencias o revocándolas.

Consolidada la inclusión, alteración o exclusión de los peligros, el área de Seguridad Corporativa actualiza la Planilla y la pone a disposición de todas las Unidades Mineras en el intranet > Gestión Corporativa>SGM>Planilla IPER Base.

5.5 EL IPER CONTINUO

El Supervisor y trabajadores en general efectuarán el IPERC– Continuo en forma permanente durante el desarrollo de sus actividades, para lo cual utilizarán el Formato EP-SSO-P-33-4 IPERC Continuo.

Al inicio de las labores cada colaborador realiza la identificación de los peligros y riesgos en su tarea y aplicara los controles necesarios para la mitigación de los mismos. Para evaluar el riesgo se utilizará la siguiente matriz:

nexa		IPERC CONTINUO		CÓDIGO: EP-SSO-P-33-04
				FECHA: 03/11/18
				VERSIÓN: 1.1
U.M. EL PORVENIR		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		PÁGINA: 1 DE 2
AREA: _____		NIVEL: _____		LABOR: _____
TURNO: _____		FECHA: _____		HORA INICIO: _____
ACTIVIDAD: _____				
DATOS DEL PERSONAL:				
ITEM	NOMBRES	OCUPACIÓN	FIRMA	
1	Lider Grupo:			
2				
3				
4				
5				

SEVERIDAD		MATRIZ BÁSICA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS				
Catastrófico	1	1	2	4	7	11
Mortalidad	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E
		Sucede Comunmente	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
		FRECUENCIA				

Pautas para el llenado del IPER Continuo

El llenado del IPER Continuo se realiza según los siguientes pasos:

- Coloque el nombre del trabajador que realiza el IPER Continuo
- Coloque la actividad a desarrollar
- Coloque el nombre de la empresa que trabaja
- Indique el nombre de su supervisor
- Lea cuidadosamente la pregunta **¿Conozco, fui entrenado y me siento preparado para realizar la actividad?**, responda en los cuadros **SI** o **NO**. Si responde NO, No ejecute la labor detenga el análisis y acuda a su Supervisor.
- Identificar los peligros de su actividad y coloque un aspa (X)
- Identificar los riesgos de su actividad y coloque un aspa (X)
- Identificar todos los EPP's necesarios para su tarea y coloque un aspa (X)
- Colocar el número del peligro identificado en página anterior.
- Colocar el número del riesgo identificado en página anterior
- Coloque un aspa (X) o el valor numérico en la evaluación del riesgo puro de acuerdo al nivel de riesgo mostrado en la tabla
- Coloque los controles que aplicara para cada línea identificada
- Coloque un aspa o el valor numérico en el riesgo residual después de aplicar los controles requeridos en el plazo.
- Solo realizar la actividad en caso que todos los riesgos mitigados se encuentren en la columna de Riesgo Bajo.
- Firmar el IPER Continuo en señal de conformidad
- Asegurar que el líder y/o supervisor firme y libere el área

Todos los colaboradores tienen el derecho de retirarse de las operaciones cuando se encuentra frente a un riesgo no aceptable para su salud o seguridad y comunicar de esta situación a su jefe inmediato.

La supervisión aplicará la OPT según los criterios descritos en el procedimiento SSO-

P- 52 Observación Planeada de la Tarea.

5.6 INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

Planilla de Evaluación de Riesgos versus Controles

Los controles son establecidos conforme el nivel de riesgo, no siendo la planilla ítem de control de los mismos. La mitigación de los riesgos puede variar de orientaciones generales hasta la implementación de sistemas complejos de ingeniería.

Estandarización de términos

Es obligatoria la utilización de los términos estandarizados en la Planilla IPER de Evaluación de Riesgos para peligro, riesgo y consecuencia según Anexo 1. Caso contrario se seguirá lo descrito en el ítem 6.4.1 y 6.4.2.

Orientaciones Generales

Comportamientos inseguros no deberán ser tratados como peligro.

Todos los peligros inherentes a la ejecución de una misma actividad en lugares diferentes, como por ejemplo, al cambio de motor sobre un puente o un espacio confinado, deberán ser considerados y tratados de forma independiente.

Peligros directamente provocados por la ejecución de una actividad, en específico deberán estar mencionados en la evaluación de estas actividades, incrementando la información en la columna detalle (Ejemplo: ruido provocado por uso de martillo neumático).

6. REGISTROS / ANEXOS

EP-SSO-P-33-1 IPER Base

SSO-P-33-3 Plan de Acción de Objetivos y Metas

EP-SSO-P-33-4 IPERC Continuo

Anexo 1: Explicación para el correcto llenado del IPER Base

Anexo 2: Listado de Factores de Riesgos (peligros) y riesgos

Anexo 3: Evaluación de Riesgos de Seguridad

Anexo 4: Evaluación de Riesgos de Salud

Anexo 5: Mitigación

ANEXO 1: EXPLICACION PARA EL CORRECTO LLENADO DEL IPER BASE

A continuación, la explicación de los campos existentes en el formato IPER Base:

1. **Superintendencia/Jefatura:** Nombre de la superintendencia o jefatura, Ejemplo: Mantenimiento, Mina, Planta Concentradora, Recursos Humanos, etc.
2. **Proceso:** Conjunto de actividades (etapa) que caracteriza un trabajo que tiene entradas y salidas. Puede ser representado gráficamente como las divisiones del macro-flujograma de una Superintendencia o Jefatura. Ej.: Chancado, Flotación, Ventilación, Sostenimiento, Taller

maestranza, etc.

3. **Sub Proceso:** Subdivisión del proceso identificado. Ej.: Supervisión, Inspección, Almacenamiento, Tránsito de personal, atención ambulatoria, control de documentos, recibo de materia-prima, etc.
4. **Actividad/Tarea:** Desdoblamiento del subproceso. Las actividades pueden ser consideradas como micro-procesos. Ej.: registro de documentos, inspección de materia prima, aplicación de inyecciones, etc.
5. **Puesto de trabajo:** En esta columna se debe describir los puestos de trabajo que desarrollan la actividad o tarea
6. **Tipo de Actividad:**
 - Rutinaria y No Rutinaria (necesita de permisos o Análisis de Trabajo Seguro (ATS))
7. **Realizado por:**

Según la siguiente clasificación:



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

- **M** (Nexa Resources): si la actividad es realizada por empleados del Grupo Nexa Resources.
 - **C** (Contratistas): si la actividad es realizada por empresas prestadoras de servicio, contratistas mineros o de los proveedores, sobre los cuales las Unidades Mineras, proyectos y prospectos tienen alguna influencia.
 - **M/C** (Nexa Resources / Contratistas): si la actividad es realizada por ambos.
8. **Peligro:** Es todo aquello que representa una amenaza a la salud y seguridad pudiendo causar daños en términos de:
- Lesión o enfermedad;
 - Daño a la propiedad / local de trabajo;
 - O una combinación de éstos.

Es obligatoria la descripción utilizando los términos definidos en el Anexo 2: Listado de Factores de Riesgos (peligros) y Riesgos. Para la inclusión de nuevos Peligros (Factores de Riesgo) no incluidos en este listado, ver ítem 6.4.1.2 **Actualización y revisión de la Planilla Evaluación de Riesgos** de este documento.

9. **Detalle del Peligro:** Esa columna debe rellenarse para explicar con mayor claridad el Peligro presente en la tarea analizada. Este campo puede rellenarse libremente y de forma objetiva.

Peligro	Detalle del Peligro		Consecuencia
Gases / vapores	Gas metano, GLP, gas sulfhídrico	I I c i	Daños a la salud ocupacional

NOTA: No se deben agrupar peligros por el hecho de que puede existir una legislación diferente relacionada, partes interesadas para cada uno de ellos y una disposición / control distinto para cada consecuencia identificada

10. **Riesgo:** Es la interacción del Peligro con la persona, producto que puede generar la ocurrencia de un evento que tiene potencial de causar daños a la Seguridad o Salud.
11. **Causas que ocasionan el Riesgo:** Son aquellas causas que provienen del comportamiento de la persona

(acto inseguro) y de condiciones del ambiente (condición subestandar) que pueden causar daños a la Seguridad o Salud por ejemplo: Distracción, falta de procedimientos, falta de entrenamiento., etc.

12. **Consecuencia:** Es el resultado de la exposición a los peligros sin los controles que minimicen los riesgos:

Son identificados como resultantes de un evento que cause alteración.



Evaluación de Riesgos

- De la integridad física o de la salud de las personas, o
- Del patrimonio de la empresa o de terceros.

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

NOTA: La consecuencia tiene la connotación de accidente de Seguridad y Salud Ocupacional.

13. **SSO:** Los factores de riesgo o peligros, son clasificados de acuerdo con el asunto al que se refieren (origen), Sa (Salud) o Se (Seguridad).
14. **CALIDAD:** De ser una actividad / tarea crítica que afecta a calidad (según los Procedimientos de Proceso).
15. **Temporalidad:** Tiempo en el que la consecuencia relacionada con el riesgo se manifiesta: **P** (Pasado), **A** (Actual) o **F** (Futuro – en plazo menor que 3 años).

NOTA: Las actividades pasadas (cerradas) deben ser mapeadas y evaluadas para un eventual recuento del pasivo.

Las actividades futuras deben ser evaluadas en su respectiva fase de planificación. Entre esas actividades se destacan; entrada en servicio de nuevas instalaciones o equipos, uso de nuevas materias primas e insumos, contratación de terceros y cambio en el modo de operar las actividades, etc.

En el caso de nuevos proyectos (actividades futuras) deben ser mapeados y evaluados a través del IPER Base del Proyecto y transferidos para la planilla de evaluación de riesgos después de arranque o comisionamiento.

16. **Gravedad, Probabilidad y Exposición:** La puntuación de los riesgos en cuanto a la Gravedad, Probabilidad y Exposición se da en la condición de Riesgo Puro (sin considerar los controles – atenuantes existentes). La Gravedad (anexo A), Probabilidad (anexo B) y Exposición (anexo C) tienen sus criterios de puntuación establecidos e incluidos en la pestaña Evaluación del Riesgo del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 bajo los conceptos de Salud y Seguridad.

NOTA: Si hay duda en cuanto a la atribución de puntuación, se debe considerar la mayor puntuación aplicable, de forma que el peor caso sea controlado.

ANEXO A: Gravedad

GRAV.	DESCRIPCIÓN
64	CATASTRÓFICO
32	CRÍTICO
16	SERIO
8	MARGINAL
4	NO SIGNIFICATIVO

ANEXO B: Probabilidad

PROB.	DESCRIPCIÓN
32	REGULAR
16	PROBABLE
8	POCO COMÚN
4	RARO
2	SUMAMENTE IMPROBABLE

ANEXO C: Exposición

EXP.	DESCRIPCIÓN
5	AMPLIA
4	DISPERSA
3	SIGNIFICATIVA
2	RESTRINGIDA
1	NO SIGNIFICATIVA

17. **Mitigación:** La columna Mitigación refleja el factor de reducción del riesgo total puro determinado en función de la eficacia de los controles aplicados. El criterio para aplicar el nivel de mitigación se define a través de la pestaña Mitigación del formato IPER Base EP- SSO-P- 33-1, conforme el siguiente razonamiento: En función del nivel de acción que se exige para la puntuación de riesgo puro encontrada, ¿cuáles son los controles ya existentes?.

Los valores de mitigación se asignarán tomando en cuenta los controles existentes en campo según el anexo 5.



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

18. Situación

- **Normal (N):** Es toda actividad que forma parte del proceso productivo y se ejecuta con regularidad.

Por ejemplo: generación de residuos sólidos (embalajes) en el mantenimiento preventivo de un equipo, exposición a partículas en la carga de un molino, contacto con energía eléctrica en el mantenimiento de subestaciones, arranque de planta, etc.

- **Anormal (A):** Ocurre de manera no prevista o no programada no siendo necesario un plan de emergencia.

Ejemplo: Entrada de material sin MSDS (Hoja de Seguridad de un Producto Químico), descarte de residuo contaminado después de realizar actividades de respuesta a una emergencia (descarte de materiales absorbentes), etc.

- **Emergencia (E):** Ocurre de manera no prevista o no programada, aun tenga establecidos y aplicados controles para impedir la ocurrencia, habiendo necesidad de movilización de un equipo especializado en la respuesta a esas situaciones de emergencia. La situación (E) obligatoriamente demandará el llenado del ítem Plan de Atención de Emergencia (PAE). Ejemplo: Lesión física, derrame expresivo de productos químicos durante la carga, interrupción no programada del funcionamiento del sistema de eliminación del polvo de zaranda, incendio en el área de flotación, etc.

NOTA: La situación de emergencia está normalmente asociada a un riesgo con gravedad alta (32 o 64) y a la baja probabilidad de ocurrencia.

19. **Riesgo puro:** La clasificación del Riesgo Puro consiste en el producto de las categorías atribuidas en la evaluación: "

$\text{Riesgo Puro} = \text{GRAVEDAD} \times \text{PROBABILIDAD} \times \text{EXPOSICIÓN}$

La puntuación mínima posible para un determinado riesgo puro es de 8 ($4 \times 2 \times 1$), indicando que el mismo causa el menor efecto adverso a SSO. La puntuación máxima posible es de 10.240 ($64 \times 32 \times 5$), lo que significa que el riesgo puro es extremadamente perjudicial a SSO.

20. **Riesgo Residual:** Es el riesgo mitigado después de aplicar los controles al riesgo puro.

$$\text{Riesgo Residual} = \text{Riesgo Puro} \times (100 - \text{Mit})$$

100

Cuando el Riesgo Residual está en la misma clasificación del Riesgo Puro, es un indicativo de la ineficacia o inexistencia de los controles.

21. **Acciones:** Basado en la evaluación del Riesgo Puro se definen las acciones a ser implementadas a fin de prevenir, controlar y mitigar los posibles daños.

El resultado de la evaluación indica las respectivas necesidades para establecer los controles aplicables de los peligros (factores de riesgo) según se define a continuación:



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

Riesgo Puro	Acción
Mayor que 1000 Intolerable / Crítico / Desastroso	Eliminar / Estudios Urgentes / PETS / Plan de Acción de Objetivos y Metas (Riesgo residual > 399)
700 a 999 Muy Alto	Bloqueo Físico / Habilitación Formal / PETS / Monitoreo Continuo / Entrenamiento / Plan de Acción de Objetivos y Metas (Riesgo residual > 399)
400 a 699 Alto	Habilitación Formal / PETS / Monitoreo Periódico / Entrenamiento / Plan de Acción de Objetivos y Metas (Riesgo residual > 399)
100 a 399 Medio	PETS / Entrenamiento / Plan de Acción
≤ 99 Bajo	Tolerar / Instructivo

NOTA: La descripción pormenorizada de las acciones aplicables a cada nivel de riesgo puro se encuentra en la pestaña **Mitigación** del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1.

22. **Legal:** Cuando hubiere legislación y otros requisitos aplicados, obligatoriamente deben estar asociados a los riesgos identificados en la planilla IPER de evaluación de riesgos siendo registrados en esta columna.

23. **Partes interesadas:**

I (Demanda interna): Formalizada en actas de reunión, comunicaciones, etc. coherente con los principios de la Política Corporativa. Tiene como origen a los Accionistas, grupo gerencial, funcionarios, etc.

E (Demanda externa): Formalizada a través de compromisos asumidos, reclamos, cuestionamientos que tienen como origen la comunidad, los clientes, los organismos gubernamentales y las organizaciones no gubernamentales. Cuando se genera, se evalúa y se delibera para una atención alineada con los principios de la Política.

24. **Importancia:** Con base en las informaciones registradas en las columnas anteriores del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 y en la calificación del riesgo puro, se determinará las acciones a tomar tales como:

✓ **Requiere Controles (Control Operacional)**

Los Peligros (factores de riesgo) indicarán la necesidad de Control cuando el Riesgo Puro sea mayor que 99.

En estos casos, deben ser indicadas las medidas (rutinas / documentos / calificaciones / contratos) en el campo **Controles** del formato IPER Base EP-SSO-P-33-1 para mitigación del riesgo.

✓ **O&M (Objetivos y Metas)**

Los Objetivos y Metas serán necesarios en aquellos peligros o factores de riesgo con Temporalidad Actual (**A**) siempre que cumplan por lo menos una de las siguientes condiciones:

- Riesgo residual encima de 399 (**SSO-P-33-3 Plan de Acción de Objetivos y Metas**)
- Demanda de partes interesadas

La unidad minera con el apoyo del equipo de SSO, deberá priorizar los Objetivos y Metas.

NOTA: El tratamiento deberá seguir las instrucciones del ítem Acciones (punto 19) de este anexo.



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

✓ Controles

En las columnas referidas a controles, se deben escribir los controles existentes que fueron considerados para calcular el porcentaje de mitigación. Tener en cuenta los cinco controles: eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos y EPP.

✓ PAE (Plan de Atención de Emergencia)

Para los factores de riesgo identificados como situaciones de emergencia se deberán establecer Planes de Emergencia indicados en la columna PAE, cuando la Situación Operacional sea definida como **Emergencia**.



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

ANEXO 2: LISTADO DE FACTORES DE RIESGO (PELIGROS) Y RIESGOS

PELIGRO	RIESGO	CONSECUENCIAS
Aceite y grasa	Emisión de	Agotamiento de recursos naturales
Agentes Biológicos (hongos, bacterias, etc.)	Embestida / Colisión	Alteración de la biodiversidad
Agrotóxicos / Defensores agrícolas	Alteración	Alteración de la calidad del agua
Animales en general (silvestres)	Apresamiento	Alteración de la calidad del agua y del suelo
Animales ponzoñosos	Asalto / secuestro	Alteración de la calidad del agua, suelo y aire
Áreas cáusticas	Aluvionación	Alteración de la calidad del aire
Arma de fuego	Ataque de	Alteración de la calidad del aire y agua
Asalto / Secuestro / Abordaje ostensivo	Alcanzado por	Alteración de la calidad del aire y suelo
Calderas / Vasos bajo presión	Atropello	Alteración de la calidad del suelo
Calor	Abatimiento	Alteración de la fauna
Campo eléctrico / magnético	Captura	Alteración de la flora
Condiciones climáticas adversas	Ausencia/ Reducción de Oxígeno	Alteración del clima
Consumo/desperdicio de recursos naturales	Golpear/ Golpearse contra	Alteración del paisaje
Descarga eléctrica (rayos)	Shock eléctrico	Aluvionación
Diferencia de temperatura ambiente	Cansancio	Amputación
Dique / poza de contención	Acarreo	Asfixia
Efluente líquido industrial	Consumo de	Compromiso del Sistema Musculoesquelético
Efluente líquido sanitario	Contaminación	Contaminación
Electricidad	Contacto con	Contaminación del agua
Energía Estática	Corrosión	Contaminación del aire
Energía Potencial	Cortocircuito	Contaminación del suelo
Equipo de Izado / Movimiento / Carga suspendida	Ingestión	Contaminación por ruido
Equipo electroportátil	Derrame	Contusión
Espacio Confinado	Patinada	Corte
Espacio de trabajo (distribución física) / Obstáculo	Picadura	Daño a la persona
Estéril	Cierre definitivo	Daños a la salud
Excavación	Desgaste	Daños materiales (equipo e instalaciones)
Exceso de agua	Desmoronamiento	Electrocución
Exceso de lluvia	Inundación	Estrés
Falta de agua	Erosión	Fatiga / Cansancio
Falta de lluvia / estiaje	Aplastamiento	Fractura
Fauna / Flora	Explosión	Heridas / Excoriaciones / Rasguños
Fluido Orgánico	Exposición a	Intoxicación
Frío	Esfuerzo excesivo	Muerte
Gases / Fluidos Presurizados	Generación de	Pérdida de la capacidad auditiva
Gases / Vapores / Niebla	Ignición / Incendio	Pérdida de la capacidad visual
Herramientas eléctricas/hidráulicas/neumáticas	Incompatibilidad	Quemadura
Herramientas manuales	Inhalación	Trastorno de la comodidad de la comunidad
Humedad	Manipulación / utilización	Variación en la disponibilidad de recursos
Humos Metálicos	Movimiento / Posición anti-ergonómica	Variación en la existencia de especies
Iluminación	Aprisionamiento	
Insectos y Roedores	Caída de objetos	
Instalaciones Eléctricas	Caída desde un nivel diferente	
Intemperie	Caída en el mismo nivel	
Invasores / extraños	Desborde / Derrame	
Materiales cortantes/ perforantes	Estrés	
Metal líquido	Reacción	
Mobiliario/Muebles anti-ergonómicos	Rompimiento	
Monotonía	Saliente / Depresión	
Motores Eléctricos / Electrónicos	Salpicaduras/expulsión de	

	partículas	
Motores mecánicos / a explosión	Soterramiento	
Organización del Trabajo	Vuelco	
Partes móviles / rotatorias		
Particulados / Polvo		
Pendiente/declive		
Piso / canaleta / zanja		
Postura / posición incómoda		
Presión		
Radiaciones ionizantes		
Radiaciones no ionizantes		
Repetitividad		
Residuo orgánico no peligroso		
Residuo sólido peligroso		
Residuos sólidos no peligrosos		
Rocas sueltas		
Ruido		
Superficie Caliente		
Superficie Irregular		
Sustancia química / peligrosas / Explosivos		
Tanque		
Trabajo en turno / Nocturno		
Trabajo Físico Pesado / Esfuerzo Físico		
Trabajo solitario		
Trabajos en altura		
Transportadores		
Transporte Manual de Peso		
Tubería		
Vehículos y equipo móvil		
Vibración		



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

ANEXO 3: EVALUACION DE RIESGOS DE SEGURIDAD

EVALUACIÓN DE RIESGO DE SEGURIDAD - PALABRAS DE AYUDA / ORIENTACIÓN					
GRAV.	DESCRIPCIÓN	Naturaleza del incidente	Naturaleza de los daños a la propiedad	Reacción de las autoridades / público	Implicancias económicas
64	CATASTRÓFICO	Múltiples muertes	Pérdidas de propiedad devastadoras	Prensa internacional y/o proceso	Pérdida total
32	CRÍTICO	Muerte o gran número de incidentes serios / incapacitantes	Pérdidas de propiedad serias / muy extendidas	Prensa nacional / local y/o multa elevada	Incapacidad económica prolongada
16	SERIO	Uno o más incidentes serios / incapacitantes	Pérdidas de propiedad significativas /calculables	Reclamo de la comunidad y/o multa no elevada	Impacto económico significativo sobre el negocio
8	MARGINAL	Lesiones leves	Pérdidas de propiedad menores	Reclamo individual y/o no conformidad legal	Impacto económico menor sobre el negocio
4	NO SIGNIFICATIVO	Atención de primeros auxilios	Pérdidas de propiedad menores, pérdidas aisladas	Potencial de reclamo y/o no conformidad con el estándar	Pequeña pérdida económica
PROB.	DESCRIPCIÓN	No. de ocurrencias	Historial de operaciones similares	Índice de recurrencia	Historial de incidentes
32	REGULAR	Más de 5 veces al año	El número de ocurrencias es elevado	La recurrencia de incidentes es regular. Se tolera la recurrencia de incidentes leves.	Ocurre con frecuencia. Otras empresas o unidades experimentaron incidentes con regularidad
16	PROBABLE	Hasta 5 veces al año	Ocurrencias regulares	A pesar de las estrategias de prevención implementadas, al parecer los incidentes vuelven a ocurrir.	La empresa experimentó más de uno de estos tipos de incidentes
8	POCO COMÚN	Anualmente	El número de ocurrencias es bajo	Se produjo la recurrencia de incidentes, pero no es muy común.	La empresa o una empresa similar experimentó dichos incidentes
4	RARO	Una vez cada 10 años	Poco común	La recurrencia de incidentes es poco frecuente y rara cuando existen controles y éstos se mantienen.	Una amplia base de datos indica que un incidente puede ocurrir una vez en la vida de la operación

2	SUMAMENTE IMPROBABLE	Una vez en 100 años o más	Improbable	No se tiene información de recurrencias.	La historia de incidentes es muy rara
EXP.	DESCRIPCIÓN	% de la fuerza de trabajo expuesta	Frecuencia de la exposición	Cantidades	Características típicas del factor de riesgo
5	AMPLIA	80 a 100%	Continuamente	Instalación de grandes dimensiones	Extremadamente peligroso
4	DISPERSA	60 a 79%	Diariamente	Instalación grande	Muy peligroso
3	SIGNIFICATIVA	40 a 59%	Semanalmente	Gran cantidad	Peligroso
2	RESTRINGIDA	20 a 39%	Mensualmente	Cantidad significativa	Factor de riesgo significativo
1	NO SIGNIFICATIVA	1a 19%	Anualmente	Pequeña cantidad	Factor de riesgo bajo



Evaluación de Riesgos

Código

Fecha de Emisión Actualización

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1 10/08/2017

03/11/2018

ANEXO 4: EVALUACION DE RIESGO DE SALUD

GRAV.	DESCRIPCIÓN	Naturaleza del incidente	Reacción de las autoridades / público	Implicancias económicas	Consecuencias médicas
	Epidémica con consecuencias fatales				
	Epidémica con serias consecuencias médicas en el largo plazo	Epidémica con consecuencias leves			
	Efectos nocivos para la salud en un gran número de personas				
NO SIG	NIFICATIVO	Irritación	Potencial de reclamo y/o no conformidad con el	Pequeña pérdida económica	Efectos leves en la salud
	que son				
	estándar			reversibles	
PROB.	DESCRIPCIÓN	No. de ocurrencias	Historial de operaciones similares	Índice de recurrencia	Historial de incidentes
	La recurrencia de incidentes es regular. Se tolera la recurrencia de incidentes leves.				Ocurre con frecuencia. Otras empresas o
	A pesar de las estrategias de prevención implementadas, al parecer los incidentes vuelven a ocurrir.				
	unidades experimentaron incidentes con regularidad				
	La empresa experimentó más de uno de estos tipos de incidentes				
	Se produjo la recurrencia de incidentes, pero no es muy común.				La empresa o una
	empresa similar				
	experimentó dichos incidentes				
	Una amplia base de datos indica que un incidente puede ocurrir una vez en la vida				
					de la operación
	No se tiene información de recurrencias.				La historia de incidentes
	es muy rara				



Evaluación de Riesgos

Código

AT-SSO-P-33 Rev. 0.1

Fecha de Emisión

10/08/2017 Actualización 03/11/2018

Aprobado

A.M.S.

64	CATASTRÓFICO	Muerte(s)	Prensa internacional y/o proceso	Pérdida total
32	CRÍTICO	Estado de salud irreversible	Prensa nacional / local y/o multa elevada	Incapacidad económica prolongada
16	SERIO	Estado de salud reversible	Reclamo de la comunidad y/o multa baja	Impacto económico significativo sobre el negocio
8	MARGINAL	Enfermedad leve	Reclamo individual y/o no conformidad legal	Pequeño impacto económico sobre el negocio

32	REGULAR	Más de 5 veces al año	El número de ocurrencias es elevado
16	PROBABLE	Hasta 5 veces al año	Ocurrencias regulares
8	POCO COMÚN	Anualmente	El número de ocurrencias es bajo
4	RARO	Una vez en 10 años	Poco común
2	SUMAMENTE IMPROBABLE	Una vez en 100 años o más	Improbable

EXP.	DESCRIPCIÓN Tiempo de exposición	LEO (Límite de Exposición Ocupacional)	% de la fuerza de trabajo riesgo	
5	AMPLIA	Más del doble del NR 15	80 a 100 %	Continuamente / diariamente Extremadamente
4	DISPERSA	Por encima del NR 15	60 a 97 %	Semanalmente Contagiosa
3	SIGNIFICATIVA	Igual al NR 15	40 a 59 %	Mensualmente Con facilidad par
2	RESTRINGIDA	Entre el nivel de acción y el NR 15	20 a 39 %	Poco común Se puede produc no es común
1	NO SIGNIFICATIVA	Por debajo del nivel de acción	1 a 19 %	Rara vez En casos excepc

ANEXO 5: MITIGACION

MITIGACIÓN	CONTROL EXISTENTE
99%	Mejor Tecnología Disponible. Equipo de tecnología más reciente (tecnología de punta) Que cumple con las especificaciones y los criterios específicos (exclusivos) del proyecto, con respecto a los requisitos y/o criterios de SSMAQ. Se implementa un mejor método de monitoreo para que esté disponible. El equipo de monitoreo electrónico se calibra de acuerdo con las especificaciones y los certificados de calibración están disponibles de inmediato. El monitoreo se ingresa en un sistema.

75%	Mejor tecnología disponible sin costos excesivos. Equipos con criterios específicos de proyecto en lo que se refiere al desempeño de SSMAQ. Se cuentan con bloqueos físicos que minimicen el riesgo estudiado. Comunmente son utilizados dispositivos tipo Poka Yoke (a prueba de fallas). Debe haber una correlación entre los dispositivos y los procedimientos escritos. Debe haber mecanismos de monitoreo para garantizar el mantenimiento de los riesgos en niveles aceptables. Se documenta, implementa y acata los requisitos específicos de monitoreo. Se registra formalmente todos los monitoreos. Una persona con entrenamiento y experiencia específicos (documentados) realiza las inspecciones y monitoreos. El mantenimiento es específico.
50%	Se cuentan con los procedimientos formales para el control de la situación. Se cuenta con una metodología de monitoreo determinado e implementado. Los operadores involucrados son entrenados y reentrenados en intervalos específicos. Se requiere calificación y experiencia formales (documentado - certificado) en una ocupación específica asociada al riesgo. Se requiere conocimiento y experiencia técnica con relación al gerenciamiento de riesgo. Se documenta y acata el entrenamiento y la prueba de competencia forma parte del control.
25%	Se cuenta con los procedimientos, PETS y procedimientos de operación estándar y éstos requieren un entrenamiento general antes de que el individuo pueda realizar una tarea. Una persona con entrenamiento y experiencia específicos sobre SSO. Personal debidamente entrenado utiliza checklists estándar para las inspecciones. Se registra todas las inspecciones.
3%	No se cuenta con PETS específico. Los riesgos asociados con la tarea se comunican a todas las personas pertinentes. El mantenimiento se programa y se realiza de conformidad con lo planeado. No son registradas las inspecciones formalmente. El control está básicamente compuesto por EPP's

Plano de la Red de Drenaje UM. El Porvenir

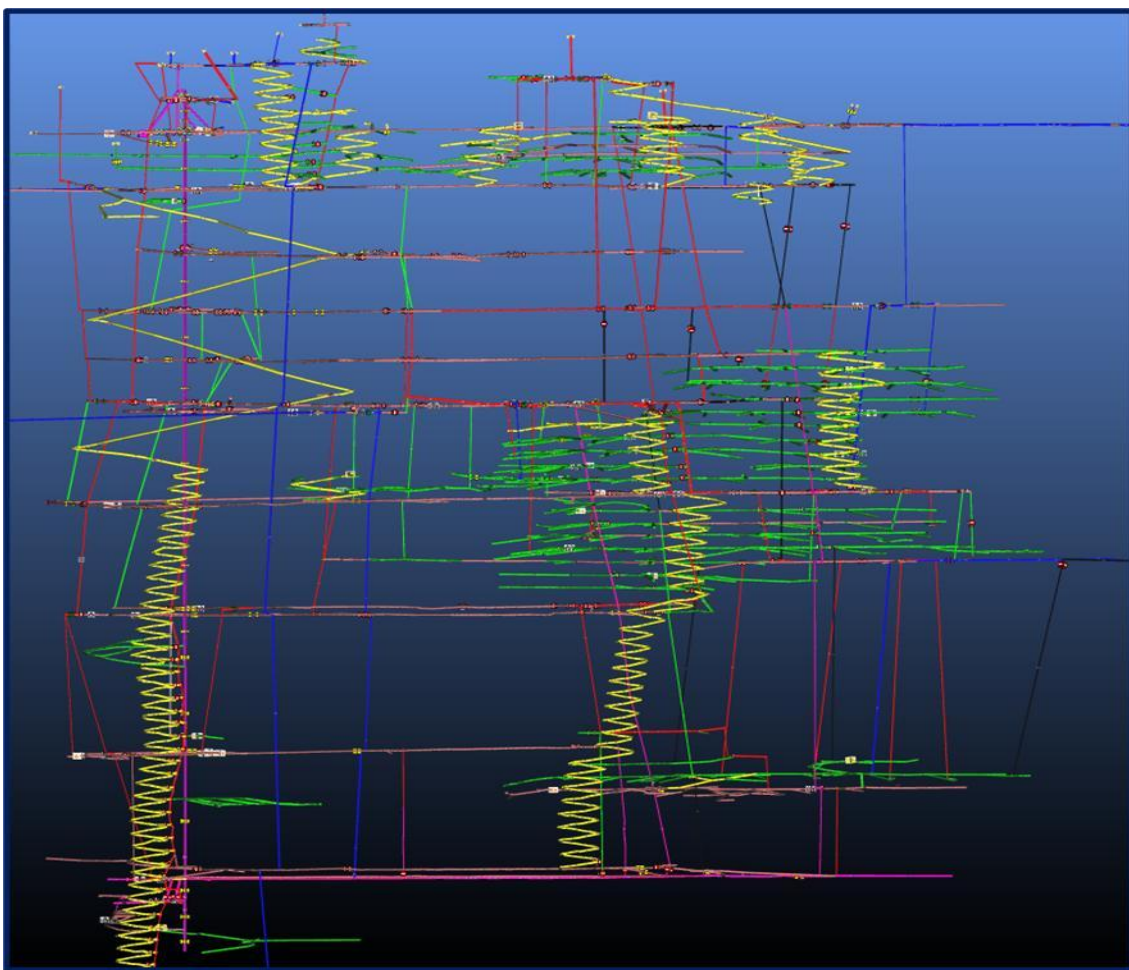


Foto 001: Bomba Mars



Foto 0021: Boca Mina San Carlos – UM. El Porvenir



Foto 0031: Vista Panorámica - UM. El Porvenir



MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources.						
Bach. TORRES CASTILLO, Edward Jeremy						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	IMENSIONE S	INDICADORE S	TIPO Y NIVEL DE INVEST.
GENERAL: ¿Es posible efectuar el cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources? Problemas específicos A. ¿La realización del cambio de Tuberías mejorara el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir? B. ¿Con la aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas se concertará el abastecimiento de la Unidad Minera El Porvenir?	GENERAL: Efectuar el cambio de Tuberías para Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir– Nexa Resources. Objetivos específicos A. Realizar el cambio de Tuberías para mejorar el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir. B. Aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas para concertar el abastecimiento en la Unidad Minera El Porvenir.	GENERAL Con el cambio de Tuberías se Estandarizará el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir –Nexa Resources. Hipótesis específicas A. Con el cambio de Tuberías mejorara el abastecimiento del Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir. B. La aplicación del Relleno Hidráulico mediante tuberías nuevas concertara el abastecimiento en la Unidad Minera El Porvenir.	INDEPENDIENTE X: Cambio de Tuberías en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir. DEPENDIENTE: Y: Estandarizar el Suministro de Relleno Hidráulico en la Zona Alta de la Unidad Minera El Porvenir.	Sistema de Relleno Hidraulico Sostenimiento Unidad Minera El Porvenir	Tipo de roca Plataforma de Perforacion Estabilidad del Macizo Rocoso Estandar de Relleno Resistencia Estabilidad	TIPO: Aplicada. NIVEL: Evaluativa.