

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**“CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA
CONSTRUCCION DE UN PIQUE FORMA CIRCULAR
CASO – ANDAYCHAGUA PIQUE ROBERTO LETTS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:
DANIEL MAMANI AVENDAÑO**

**ASESOR:
ING.TITO LUIS PALOMINO FLORES**

**Lima – Perú
2014**

AGRADECIMIENTO

AL gerente de proyectos de la Empresa, Mining Solutions S.A.C. Ing Rubén Vereau
por haberme dado la oportunidad de realizar el presente informe.

A los profesores de la Universidad Nacional de Ingeniería y mis colegas de la escuela
de Minas que me brindaron su valioso apoyo en mi formación profesional.

A mis compañeros de trabajo y el personal obrero.

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo en la culminación de mis estudios.

A mis padres políticos por su apoyo íntegro.

A mi esposa e hijos.

RESUMEN

En un yacimiento minero cuando se quiere profundizar una mina en plena operación o se quiere extraer mineral o desmonte; se quiere introducir materiales, maquinarias y el mismo personal, se recurre a la construcción de piques, y la utilización de sistema de izaje. Los factores que inducen para construcción de un pique son: la necesidad de extracción de mineral y la reducción de los costos de producción. Por ello es frecuente que ciertas minas, a medida que transcurren los años y ven que sus reservas minerales van quedando cada vez más profundas, se replanteen la sustitución de su sistema de extracción habitual por el de izado por piques.

La naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando para ello estudios de geología, hidrogeología, geotecnia y geomecánica que nos indique la calidad del macizo rocoso en el área destinada para el pique son las consideraciones para el diseño de un pique. La calidad del macizo rocoso, el material de fortificación, el tiempo de servicio y el destino final del pique a ser usado son criterios para elegir entre un pique circular y rectangular.

La sección del Pique queda determinada por los objetivos propios de cada proyecto y por el tipo de diseño de los transportadores que se adopte.

ABSTRACT

In a mine when you want to delve a mine in full operation is to extract ore or severe damage, you want to introduce materials, machinery and the same staff, we resort to the construction of shafts, and use of lifting system. The factors which induce a pique construction are: the need for extraction of ore and reducing production costs.

It is therefore common for certain mines, as the years go by and see their mineral reserves are left getting deeper, replacing your usual extraction system by lifting by piques rethink

The nature of the soil must be suitable for foundations, carrying out studies of geology, hydrogeology, geotechnical and geomechanics to tell us the quality of the rock mass in the area destined for the chop are the considerations for designing a pique. The quality of the rock mass, the field defense, length of service and final destination of pink to be used as criteria to choose between a circular and rectangular pique.

Pique's section is determined by the objectives of each project and the type of conveyor design is adopted.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO I – GENERALIDADES	
1.1 Tipos de Piques	12
1.1.1 Tipo de pique según su forma	13
1.1.2 Tipo de pique según el requerimiento de apoyo	14
1.1.3 Tipo de pique según método de excavación	14
1.2 Factores de diseño de Piques	14
1.2.1 Factor Económico	14
1.2.2 Factor Operacional	16
1.3 Diseño y Ubicación del Pique	17
CAPITULO II – CONSTRUCCIÓN DE PIQUES	
2.1 Consideraciones generales	20
2.1.1 Criterios de elección de un pique circular y rectangular	21

2.2	Parámetros de diseño del Pique	22
2.3	Excavación de piques	23
2.3.1	Perforación y Voladura en Piques	23
2.3.2	Revestimiento del Pique	25

CAPITULO III – CONSTRUCCIÓN DE UN PIQUE CIRCULAR

3.1	Construcción del collar del pique	27
3.2	Excavación del pique	33
3.2.1	Perforación	33
3.2.2	Voladura	35
3.2.3	Sostenimiento	35
3.2.4	Limpieza	36
3.2.5	Revestimiento	36
3.2.6	Montaje	37

CAPITULO IV – WINCHES DE IZAJE

4.1	Generalidades	39
4.2	Componentes del sistema de Izaje	39
4.2.1	Tambora	40
4.2.2	Motor	41
4.2.3	Sistema Preventivo de Control	42
4.2.4	Cables	43

4.2.5	Jaula, baldes o skips	46
4.2.6	Poleas	46
4.2.7	Castillo	48
4.3	Sistemas y Normas de seguridad de los Winches de Izaje	49
CONCLUSIONES		52
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	Dosificación de concreto para collar pique	31
TABLA 2.2	Características de la perforadora Sinkler	34

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1	Diseño collar de pique circular	28
FIGURA 3.2	Enfierradura y encofrado del collar de pique circular	29
FIGURA 3.3	Vigas del collar de pique circular	32
FIGURA 3.4	Diseño de malla de perforación para desquinche	34
FIGURA 3.5	Sostenimiento del pique	35
FIGURA 3.6	Revestimiento del pique	37
FIGURA 4.1	Componentes de un Winche de Izaje	40
FIGURA 4.2	Tambora del Winche	41
FIGURA 4.3	Motor del Winche	42
FIGURA 4.4	Cable de Acero	45
FIGURA 4.5	Atadura de Cables	46
FIGURA 4.6	Polea	47
FIGURA 4.7	Castillo del Pique R. Letts - Andaychagua. Volcán Cía. Minera	48

INTRODUCCIÓN

En toda obra MINERA existen variables a controlar que muchas veces se escapan de las miradas de los expertos, muchas veces por desconocimiento o por no querer innovar al respecto. La obra en sí misma es un ejemplo de variabilidad en el cual se pueden vislumbrar su carácter único y técnico. Con el pasar de los años se han perfeccionado las herramientas para poner en práctica la forma de planificar una obra de minería, es por eso que las técnicas modernas ponen énfasis en la operación, en el proceso y la tarea, todos aspectos que van desde un mayor grado de generalidad hasta lo más particular. Como ya se había dicho las obras de construcción en minería son un ejemplo de un producto único y técnico que puede ser visto como un flujo continuo.

Muchos son los métodos de optimizar una operación, un proceso o una tarea y por ende existen algunos métodos que no son ampliamente utilizados en el ámbito de la construcción. Para la construcción los planes de operaciones más

vistos, pueden ser las cartas de proceso y los diagramas de flujo, que en conjunción trabajan a la perfección en la hora de optimizar el uso de los recursos y sus respectivos planes.

El propósito de las estructuras de ingeniería influye en su diseño. Por ejemplo, las medidas de estabilización necesarios para una excavación dependerá de si se trata de ser una estructura permanente o temporal, hay diferentes restricciones a las perturbaciones causadas por la excavación.

Las consecuencias de la interacción entre las altas tensiones y la estructura de masa de roca pueden resultar en una considerable cantidad de desplazamiento de los bloques de roca individuales y la distorsión significativa de apoyo instalado.

Según la importancia del pique se debe escoger su porte, su diámetro, el método de profundización, el recubrimiento de las paredes del pique, la estructura del brocal, los enganches en los niveles, y la maquinaria de extracción

En la fase preparatoria de la explotación de un yacimiento minero, una de las formas de acceder a la profundización es por medio de un pique.

Para la ejecución de un pique se debe tomar decisiones importantes como la ubicación, tipo de pique, costo, etc.

Este trabajo consiste en tomar consideraciones relevantes para el diseño de un pique.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Tipos de Piques

Cuando se diseña un pique uno de los principales puntos a ser considerado es el propósito que estará en una de las siguientes categorías:

- Exploración
- Producción
- Servicio
- Ventilación
- Combinación de los nombrados

Pique de Exploración.- El propósito es identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego dependiendo de su dimensión y composición serán explotados en un proyecto minero.

Pique de Producción.- El propósito es aprovechar los recursos minerales extrayendo mediante sistemas de izaje por pique vertical o inclinado, utilizando recipientes, estructuras, instalaciones, aparatos de enrollamiento o de fricción,

maquinarias, cables de acero, energía, personal, normas de seguridad, entre otros.

Pique de Servicio.- El propósito es traslado de: materiales, maquinarias y personal; Utilizando Winches de servicio que cumplan con exigencias mínimas de seguridad. Así mismo el pique es aprovechado para las instalaciones de servicios de agua, aire comprimido, energía, relleno hidráulico o cementado, etc

Pique de Ventilación.- El propósito es dar circuito para la circulación del aire a través de las labores mineras, para ello es indispensable tener dos labores de acceso independientes: dos piques, dos socavones, un pique y un socavón, etc.

Luego de definir el propósito del pique, las consideraciones que deberán darse en el tipo de pique requerido son las siguientes:

1.1.1 Tipo de pique según su forma

Las formas más comunes conocidas son rectangulares, circulares y elípticas, están basadas en el tipo de revestimiento que llevaran.

La sección rectangular es la forma más empleada, sin embargo, ofrece las desventajas de dificultad en la formación de ángulos rectos y mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación.

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante; ya que ésta, se distribuye más uniformemente. Además los piques de sección circular poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica.

1.1.2 Tipo de pique según el requerimiento de apoyo

Este tipo es basado en el tipo de sostenimiento usado en la estructura del pique, el apoyo se aplica como una fuerza de reacción contra la superficie de la excavación e incluye prácticas como la madera, relleno de hormigón proyectado, malla de acero, sistemas de hormigón, hormigón armado y revestimientos.

1.1.3 Tipo de pique según método de excavación

Se presentan dos tipos: Tradicional y perforado a sección completa.

Tradicional: La profundización del pique se hace de manera habitual, perforación, voladura y evacuación de material, todo esto combinado con distintos métodos de sostenimiento de terrenos.

Perforado a sección completa: La profundización se lleva a cabo usando máquinas de perforación mecánica, las cuales lo hacen a sección completa. Este tipo de máquinas son las Shaft Boring y Raise Boring.

1.2 Factores de diseño de Piques

Los factores más importantes para el diseño de un pique son los económicos, operacionales y geológicas. El conjunto y cada uno por sí solo inciden en forma importante en el diseño del pique y están relacionados.

1.2.1 Factor Económico

Su incidencia se aprecia en los costos que tenga el desarrollo del pique, en la decisión de elegir una de las variantes que se presentan en la ubicación, diseño y método de profundización de un pique, el factor determinante es el económico, y

este a su vez está sujeto a otros factores de superficie, subterráneos, geológicos, operacionales y otros que se puedan presentar en el terreno o en la práctica.

Se considera ciertos parámetros a comparar para hacer la elección de una de las variantes presentadas, que están relacionadas con la sección, tipo y condiciones del terreno.

Los costos que se deben tener en cuenta para la comparación son los siguientes:

- Costos de Materiales
- Costos de Mano de Obra
- Costos de Maquinarias
- Costos de Energía

Costos considerados en la ubicación

Se dividen en dos costos que inciden en la elección del lugar de ubicación en particular.

Inversiones Básicas:

- Costos de pique
- Costo de labores transversales.
- Costos de instalaciones de superficie.
- Costos de carguio.

Costo de explotación:

- Costos de conservación de las labores.
- Costos de transporte por galerías transversales.
- Costos de extracción.
- Costos de desagüe

1.2.2 Factor Operacional

Las variables que deben considerarse para el diseño de un pique deben ser:

Método de profundización: de acuerdo al terreno a travesar, existencia del agua medios económicos disponibles y tiempo de plazo para terminar de profundizar el pique.

Elección del equipo y materiales: en función del método aplicado en la profundización.

Elección de personal: de acuerdo a la naturaleza y tipo de trabajo a realizar.

Abastecimiento: depende del lugar de ubicación, maquinaria empleada, materiales.

Mantenimiento: depende del personal a emplear, maquinaria a utilizar.

Otros: factores operacionales condiciones en el diseño y elección de un pique son:

- a. Profundidad
- b. Diámetro del pique
- c. Características geológicas de la zona

- d. Método de Profundización
- e. Elección de equipos y Materiales
- f. Elección del Personal
- g. Abastecimiento
- h. Mantenimiento

1.3 Diseño y Ubicación del Pique

Los pasos para el diseño son los siguientes:

- a. Propósito del pique
- b. Ubicación e inclinación
- c. Determinación del número de winches requeridos
- d. Determinación del tamaño del transporte y compartimiento
- e. Determinación de la forma exterior
- f. Determinar la estabilidad del terreno y sostenimiento temporal del terreno
- g. Determinar método de profundización del pique

INFORMACIÓN BÁSICA

Datos del pique

Profundidad total del pique

Profundidad hasta el primer nivel

Numero de niveles

Distancia entre niveles de producción

Profundidad hasta el nivel de carguío

Datos de producción

Extracción de mineral y estéril

Tiempo de extracción de mineral y estéril por turno y por día

Producción diaria de mineral y estéril

Servicios

Los servicios en el pique incluye conductos de aire, cables eléctricos y otros.

Ubicación del pique

Ubicación según Costos

El pique debe estar ubicado de modo que intersecte trabajos anteriores y reduciendo al mínimo el pilar de protección en caso de estar cercanías de una veta, como en el caso de un pique vertical central.

En el central o de producción, el diámetro se evalúa de modo que sea el mínimo requerido para la circulación de las jaulas o skips y para dar espacio a los conductos eléctricos, de aire comprimido, de agua, de ventilación, bombeo, relleno, y escalera de emergencia.

Ubicación según transporte

El eje del pique debe de estar ubicado lo más cerca posible a la planta concentradora y donde se realice el menor laboreo. (Próximo a carreteras de gran circulación)

En un pique de categoría Producción tener las siguientes consideraciones:

Roca Competente

Una labor minera debe presentar seguridad en todos sus aspectos, un pique es una labor minera que debe contar con una roca competente por ejemplo una caliza masiva de grano fino y dura.

Ausencia de Alteración

El pique debe de estar ubicado lo más cerca posible hacia el lugar donde exista la mayor cantidad de reserva, pero con poca alteración y alejadas de las zonas de fallas.

Buena Accesibilidad

Debe ubicarse cerca de rampas principales y atravesar todos los niveles principales

Escasez de Agua

En la profundización del pique debe haber poca presencia de agua para ejecutar las estaciones, tolvas, pockets, etc.

CAPITULO II

CONSTRUCCIÓN DE PIQUES

2.1 Consideraciones generales

Los piques son labores permanentes que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con el objetivo de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. Los factores que inducen para la construcción de pique son:

- Necesidad de extracción de mineral.
- Reducción de los costos de producción.

Una vez que ya se determinó que es necesaria y viable la construcción de un pique, las consideraciones para el diseño del pique son:

- Análisis de costo en relación a otros piques.
- La naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando para ello estudios de geología, hidrogeología, geotecnia y

geomecánica que nos indique la calidad del macizo rocoso en el área destinado para el pique.

2.1.1 Criterios de elección de un pique circular y rectangular

Los piques de minas por lo general son de forma rectangular y circular, pero hay piques elípticos que son raros. Los criterios a considerar son:

- La calidad del macizo rocoso.
- El tiempo de servicio y el destino final del pique.
- El material de fortificación a ser usado.

Dada su importancia, debe escogerse adecuadamente su ubicación, su diámetro, el método de profundización, el recubrimiento de las paredes.

La capacidad del pozo se diseña pensando en posibles ampliaciones de la producción posterior.

Las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar a partir de la ubicación de los compartimientos, teniendo en cuenta los espacios a dejar entre dichos compartimientos y entre la fortificación.

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante ya que ésta, se distribuye más uniformemente.

2.2 Parámetros de diseño del Pique

- ✓ Producción mensual proyectada
- ✓ Producción diaria proyectada
- ✓ Izaje de personal
- ✓ Peso específico del mineral in situ
- ✓ Peso específico del mineral roto a izarse
- ✓ Peso específico del estéril a izarse
- ✓ Factor de utilización neta del pique
- ✓ Angulo de reposo del desmonte
- ✓ Tipo de PH del agua del pique
- ✓ Cantidad de agua de filtración estimada
- ✓ Inclinación del pique
- ✓ Niveles de izaje
- ✓ Ubicación del eje vertical del pique
- ✓ Echaderos de mineral y desmonte
- ✓ Capacidad del bolsillo de mineral
- ✓ Capacidad del bolsillo de desmonte
- ✓ Capacidad de la tolva de mineral en el castillo
- ✓ Capacidad de la tolva de desmonte en el castillo
- ✓ Castillo
- ✓ Calidad promedio de la roca en la zona del pique
- ✓ Horas netas de izaje programado

2.3 Excavación de piques

2.3.1 Perforación y Voladura en Piques

Los métodos de ejecución de pozos y piques pueden dividirse en tres grupos:

- Método de banqueo
- Método en espiral
- Métodos de sección completa

Método de banqueo

Este método es adecuado para pozos de sección rectangular o cuadrada.

Consiste en perforar en cada avance la mitad del piso.

Primero el que se encuentra a una mayor altura, dejando al otra mitad como cara libre o para el bombeo de agua, de ser el caso.

El método es en gradines rectos o pequeños bancos, donde la perforación suele ser manual, con martillos neumáticos.

Método de Espiral:

Consiste en excavar el fondo del pozo en forma de un espiral, cuya altura de paso dependerá del diámetro del pozo y el tipo de terreno a fragmentar.

Dentro de cada corte se vuela una sección del espiral con un ángulo lo suficientemente grande, como para que el tiempo que exige realizar un corte completo, coincida con un múltiplo entero del tiempo de trabajo disponible.

Los taladros en cada radio se perforan paralelos y con la misma longitud, ya que siempre existirá una cara libre en cada posición descendente.

Ventajas del Método Espiral:

- Alto rendimiento y bajo costo.
- No se requiere perforistas de gran experiencia.
- Son sencillos los esquemas de perforación y voladura.

Método de Sección Completa

Los métodos de sección completa se utilizan con mucha frecuencia en la excavación de pozos y piques tanto de sección rectangular como circular.

En forma similar a lo que sucede en túneles y galerías es necesario crear inicialmente una cara libre.

Los tipos de voladura empleados son: con cuele en "V", cónico, paralelo y con barreno de expansión.

Los cueles en "V" se aplican a los pozos con sección rectangular. El ángulo de inclinación de los taladros debe estar entre 50° y 75° y deben estar en la dirección de las discontinuidades a fin de aprovecharlas en el arranque.

Los cueles cónicos son los más empleados en los pozos y piques circulares debido a que se puede mecanizar la perforación de los taladros y por otro

Lado el menor consumo de explosivos con respecto al cuele de taladros paralelos.

El cuele de taladros paralelos trabaja de forma semejante a como lo hacen en las galerías o túneles, presentando ventaja adicional de una mayor sencillez en la perforación.

2.3.1 Revestimiento del Pique

El revestimiento del pique cumple las misiones de servir de soporte a los equipos y sostener las paredes. En los piques modernos de sección circular o elíptica el revestimiento se hace de hormigón armado con un espesor mínimo de 20 cm, aunque en piques de sección rectangular perforados en rocas competentes puede usarse revestimiento de madera.

Las ventajas del hormigón son que puede conseguirse resistencias altas hasta 50 Mpa y que puede impermeabilizarse para presiones hidrostáticas no demasiado elevadas de los niveles freáticos.

El tipo de revestimiento depende principalmente de lo siguiente:

- condiciones hidrogeológicas
- Función de eje
- previsto vida útil de eje
- la forma y la profundidad del eje
- fácil obtención de materiales de construcción y
- El costo de la construcción

Propiedades geotécnicas y condiciones hidrológicas pueden afectar significativamente decidir revestimiento eje. Por otro lado, la actividad química como la corrosividad del agua también puede ser un factor importante. Dado que los ejes modernos a menudo han de funcionamiento automático aparatos de

elevación sensible a la humedad, que deben estar secos. Ejes principales están generalmente previstos para toda la vida útil de la mina, por lo que se construyen de acuerdo a las reparaciones mínimas y tiempos de mantenimiento.

Hay dos tipos de apoyo para el eje:

- Ayudas temporales y
- Apoyo permanente.

Si la eliminación del revestimiento temporal produce problemas de seguridad, el hormigón se puede verter sobre soporte temporal. Uno de los tipos más populares de revestimiento temporal son anillos de acero.

Existen diferentes tipos de sistemas de revestimiento permanentes a lo largo del eje con el diseño y la configuración del medio ambiente como formaciones rocosas.

Mientras hormigón proyectado es generalmente suficiente en rocas fuertes, una combinación de pernos de roca con malla y hormigón proyectado se puede aplicar en zonas fracturadas. Revestimientos permanentes se pueden enumerar de la siguiente manera:

- Madera
- ladrillo o bloques de hormigón
- monolítica de hormigón
- hormigón armado
- Shotcrete, diversos sistemas (por ejemplo, con una malla) y
- Los pernos de anclaje.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DE UN PIQUE DE CIRCULAR

3.1 Construcción del collar del pique

La construcción de los collares en un afloramiento rocoso superficial o sobrecarga es relativamente sencilla. Sin embargo, los collares de la construcción puede ser una tarea importante para sobrecargas del suelo teniendo profundas y en particular el agua.

El collar es la porción superior del pique que actúa como una barrera protectora para evitar que el agua y el suelo de entrar en el pique. Por lo general se extienden desde la superficie del suelo hacia abajo al lecho de roca sólida, que está anclada en el collar. También proporcionan un soporte rígido alrededor del pique para protegerlo de las condiciones de carga externos causados tanto por el castillo, que se construye en la parte superior del pique, y esfuerzos horizontales resultantes de las estructuras cercanas.

Antes de realizar la perforación y voladura se realiza la remoción de la capa de tierras (Top Soil) con equipo excavadora y volquetes.

Para la perforación de roca en el collar del pique se utiliza máquinas perforadoras; las dimensiones del collar del pique son 7.0 metros x 7.5 metros por la profundidad de 1.20 metros, con un malla de perforación cuadrada.

La limpieza se realiza utilizando máquina excavadora.

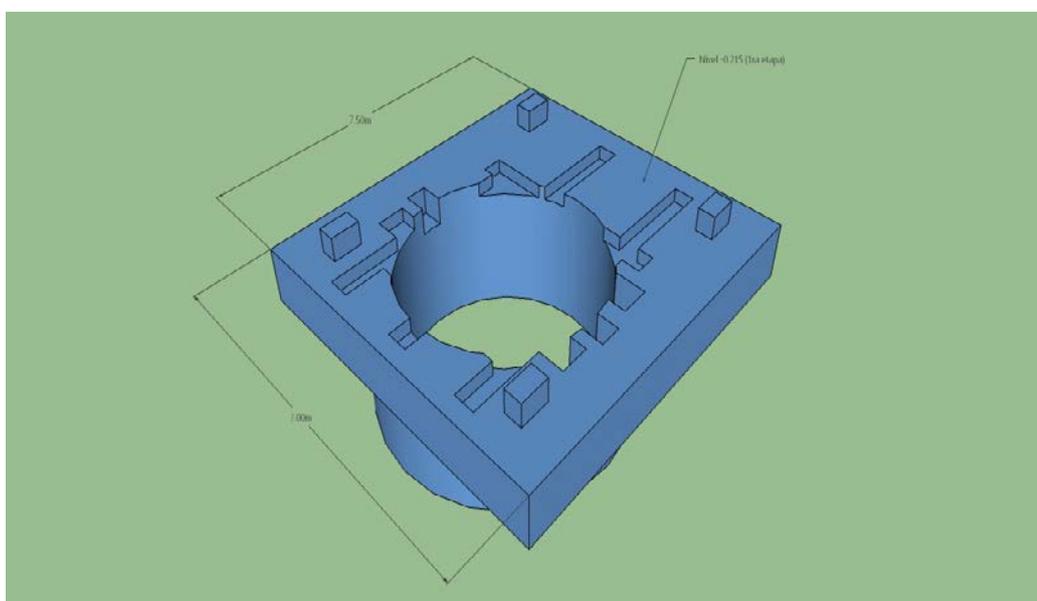


Figura 3.1 Diseño collar de pique circular

Enfierradura y encofrado

La Enfierradura del collar se hace de acuerdo al diseño utilizando fierro corrugado de $\frac{3}{4}$ " estándar y madera triplay de 19 mm para el encofrado y listones de 3"; 4" de distintas longitudes. Para el anclaje del collar de utilizan fierros de 1-1/4 pulgadas, y se instalan las tuberías diseñadas para el proyecto, tuberías de

servicio de agua, aire, tuberías para cables eléctricos, los pernos para las bases para el castillo metálico y los diseños para las vigas del collar.



Figura 3.2 Enfierradura y encofrado del collar de pique circular

Vaciado de concreto en collar

El vaciado de concreto en el collar se realiza en dos fases: la primera fase de 1.0 metros de altura desde la base, donde se instalan los pernos de anclaje de acuerdo

al diseño; y la segunda fase de 0.21 metros donde se instalan todos los detalles de la segunda loza

Se instalan las formas metálicas, los cuales son las que dan forma al pique desde su inicio, siempre con el control topográfico de cada uno de los puntos del proyecto.

El concreto tiene una resistencia de 300 Kg/cm²

Antes de vaciar el concreto se deberá verificar los insertos, pases, ductos, mallas a tierra, o cualquier otro embebido que debería dejarse antes.

El acabado de las bases de concreto visibles será de tipo cara vista con bordes achaflanados a 45°.

El concreto se pre mezclará adecuadamente de acuerdo a las normas vigentes y considerando la dosificación prediseñada, los aditivos, plastificantes para mantener la homogeneidad de la mezcla en el punto de vaciado, temperatura de aplicación y otros recomendados para la zona de cimentación.

Todos los pernos serán colocados usando plantillas fijadas firmemente para evitar desviaciones los que se dejarán hasta que se llene y fragüe el concreto.

En general, todos los procedimientos de construcción en concreto, deberán efectuarse de acuerdo a las normas y códigos aplicables y actualizados como: el código de construcción uniforme, reglamento nacional de construcción, reglamento ACI-318-89, normas para concreto armado e-060 o similares que garanticen una ejecución eficiente y segura de los trabajos.

Tabla N° 01: Dosificación de concreto para collar pique.

DOSIFICACION DEL CONCRETO		
INSUMOS	f'c=210kg/cm²	f'c=300kg/cm²
	PESOS SECOS	PESOS SECOS
CEMENTO ANDINO TIPO I	383.00 kg	400.00 kg
AGREGADO FINO	709.00 kg	858.00 kg
AGREGADO GRUESO 3/4"	1140.00 kg	1026.00 kg
VISCOCRETE 3330	3.00 l	3.00 l
AGUA DE DISEÑO	110.00 l	144.00 l
FIBRA METALICA	20.00 kg	20.00 kg
SLUMP o ASENTAMIENTO	5" A 7"	5" A 7"
REISTENCIA A COMPRESION A 28 DIAS	210 Kg/cm ²	300 Kg/cm ²

Vigas del collar

Todos los perfiles estructurales serán de acero tipo ASTM-A572 G50, las planchas, ángulos y canales pueden ser de acero astm.A36.sic.

Todas las uniones empernadas serán con pernos estructurales de 3/4"Ø astm-a325 con sus respectivas tuercas hexagonales según ASTM-A563 y arandelas planas según ASTM-F436. Sic.

El torque de los pernos de las estructuras será de: 300 Lb

Todas las partes estructurales se fabricarán y ensamblarán de acuerdo al manual AISC-edición actualizada o similar. El pre-ensamblado se efectuara totalmente en los talleres del fabricante antes de ser entregado

Tratamiento superficial para las estructuras de acero:

- arenado al metal blanco según la norma SSPC-SP5.
- imprimante anticorrosivo de zinc epoxico de 3 mils (75 μ)
- acabado epoxico de 3 mils (75 μ)



Figura 3.3 Vigas del collar de pique circular

3.2 Excavación del pique

3.2.1 Perforación

La presión de aire requerida para cinco maquina perforadoras neumáticas Sinker trabajando en paralelo es de 120 PSI, para lo cual se debe contar con una maquina compresora de aire específico para el proyecto.

En la chimenea piloto se coloca un tapón metálico en forma hexagonal, el cual sirve de plataforma para la perforación, este tapón metálico se va retirando de la chimenea piloto en cada uno de los trabajos de voladura se instala con apoyo de un tecele de 3 Ton instalado en el galloway con el cual se retira el tapón metálico en cada operación que se realiza.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PERFORADORAS SINKER

- Alto índice de penetración
- Manijas a resorte para amortiguar la vibración
- Controles de operación convenientes
- Regulación automática de la presión de agua
- Válvula de agua de acero inoxidable operada por aire
- Lubricación positiva y soplado delantero
- Las piezas son intercambiables con los modelos CANUN 260B de perforadoras de columna, de martillo "stoper" y de cantera

Tabla N° 02. Características de la perforadora Sinker

ESPECIFICACIONES	IMPERIAL	METRICO
Diámetro del cilindro	3,125"	79,4mm
Recorrido del pistón	2,875"	73,25mm
Recorrido efectivo del pistón	2,625"	66,7mm
Frecuencia de impacto	2250,0gpm	2250,0gpm
Longitud de la perforadora	27,0"	686,0mm
Peso de la perforadora	70,55lbs	32,0kg
Consumo de aire (90 psi)	170,0 pies cúbicos por minuto	4,9 metros cúbicos
Tamaño de la barrena (estándar)	7/8" x 4 1/4"	22mm x 108mm

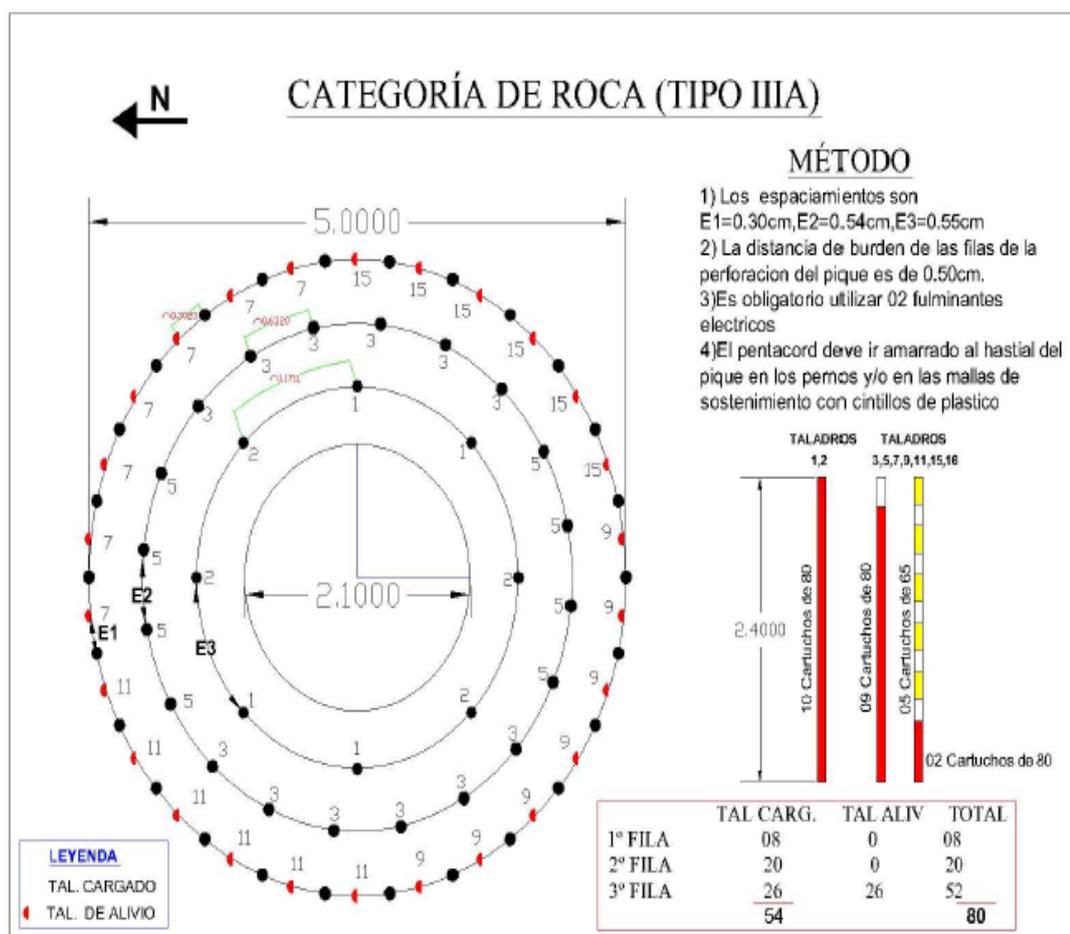


Figura 3.4 Diseño de malla de perforación para desquince

3.2.2 Voladura

La operación de voladura se realiza los primeros treinta metros con voladura no eléctrica utilizando faneles de periodo largo y cordón detonante 5P y explosivos dinamitas de potencia 65% y 80% ; a partir de los 30 metros de profundidad se utiliza voladura eléctrica utilizando un explosor desde superficie , usando emulsiones de 1000 y 3000 , famecorte

3.2.3 Sostenimiento

El sostenimiento se realiza con pernos helicoidales de 19 mm con lechada de cemento, con una malla específica para cada tipo de roca que se encuentra en toda la longitud del pique, y malla electro soldada cuando el terreno así lo requiera, de acuerdo a la evaluación geomécanica de la roca en la longitud del pique.



Figura 3.5 Sostenimiento del pique

3.2.4 Limpieza

Lo primeros 30 metros de avance de excavación, la limpieza se realiza en forma manual hacia la chimenea piloto del material sobrante después del disparo, luego de los 30 metros se tiene como plataforma de trabajo al galloway y equipo cryderman el cual va realizar limpieza del collar del pique del material remanente hacia el piloto y posteriormente se realiza el lavado de la plataforma de perforación.

3.2.5 Revestimiento

En el revestimiento del pique se realiza utilizando formas metálicas de 5.0 metros de altura diseñadas para el proyecto, con concreto de resistencia 300 Kg/cm², teniendo como plataforma de trabajo el galloway; que se instala cuando se tiene un avance de excavación de 30 metros de profundidad.

El espesor del revestimiento fue calculado para el proyecto con un espesor de 30 centímetros.

Actividades:

a. PROCESO CONSTRUCTIVO DE INSTALACION DE ENCOFRADO METALICO

1. Habilitación de todas las partes del encofrado en el collar del pique.
2. Instalación de soportes en el Galloway, para sentar la base del encofrado.
3. Descenso de la base del encofrado metálico (zapatas).
4. Realizar el empalme de los tirantes.



Figura 3.5 Revestimiento del pique

3.2.6 Montaje

Las estructuras metálicas para el proyecto fueron diseñadas para tener un span de 5.0 metros en su instalación, esta estructuras se instalan luego después de haber realizado el revestimiento del pique

Estas estructuras tiene una altura de 5.0 metros las cuales se instalan una a una, con la supervisión en su instalación y el control topográfico de cada una de las estructuras

Actividades:

1. Habilitación de estructuras en el collar del pique.
2. Instalación de tuberías de servicio, tuberías para vaciar concreto.
3. Instalación de brackets (soportes de vigas).
4. Instalación de viga central.
5. Instalación de divisores del skip.
6. Instalación de divisores de la jaula de transporte, viga y soporte para descanso y escaleras.
7. Instalación de piso para descanso.
8. Instalación de 4 guías de skip.
9. Instalación de 4 paneles de seguridad en la viga central.
10. Instalación de guías para la jaula de transporte del personal.
11. Instalación de paneles de seguridad al lado del descanso.
12. Torqueo de los pernos de las estructuras a 300 Libras.
13. Bajar la silla para poder dejar la cruceta un set arriba y pueda bajar solamente el balde.

CAPITULO IV

WINCHES DE IZAJE

4.1 Generalidades

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina. En las minas importantes del Perú, se utiliza el Winche como maquinaria principal de transporte vertical

4.2 Componentes del sistema de Izaje

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un Winche de izaje tiene los siguientes componentes:

- Tambora (una o dos)
- Motor
- Sistema de seguridad
- Cables
- Jaula, baldes o skips

- Poleas

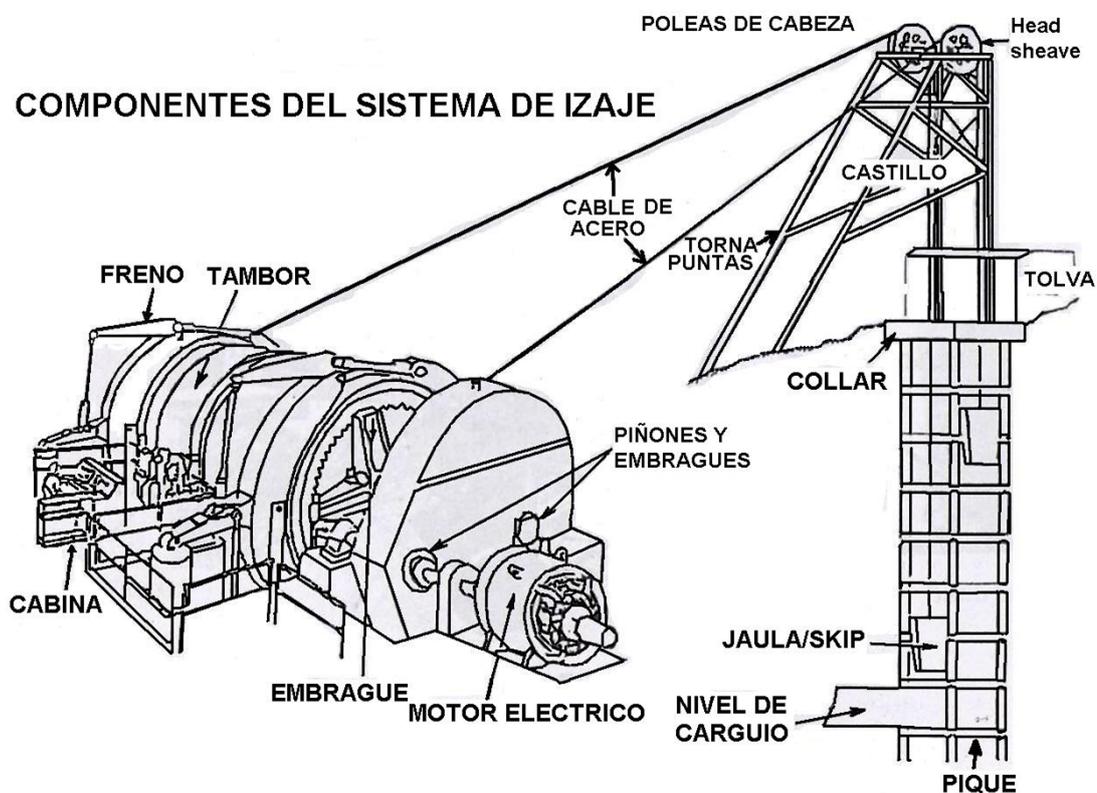


Figura 4.1 Componentes de un Winche de Izaje

4.2.1 Tambora

Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.



Figura 4.2 Tambora del Winche

4.2.2 Motor

Es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje. Las características del motor se elige de acuerdo al requerimiento y la capacidad de la carga que se quiere izar y a las dimensiones y modelo del pique.



Figura 4.3 Motor del Winche

4.2.3 Sistema Preventivo de Control

Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el Lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.

Palancas de control

Son los dispositivos de control y manejo del Winche.

Estos deben ser manipulados sólo por el operador o maquinista autorizado.

4.2.4 Cables

Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los skip o las jaulas. Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso.

TIPOS DE CABLES:

De acuerdo a su torcido pueden ser:

- a. **Regular:** Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.
- b. **Tipo Lang:** Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo).

Los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismo.

ESTRUCTURA DE LOS CABLES:

Los cables se componen de:

- a. Núcleo o alma;
- b. Torones.

Núcleo o alma:

El alma del cable sirve como soporte a los torones que están enrollados a su alrededor.

El alma se fabrica de diversos materiales, dependiendo del trabajo al cual se va a destinar el cable, siendo lo más usual el de alambre de acero o el alma de torón que está formado, como su nombre lo indica, por un torón igual a los demás que componen el cable; hay alma de fibra que puede ser de fibras vegetales o fibras sintéticas.

El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable está sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy elevadas que ocasionen que el alma de fibra se dañe con el calor. También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10%, dependiendo de la construcción del cable.

Torones o Cordones:

Un cable está formado por un conjunto de torones o enrollados.

Cada torón, está formado por un conjunto de hilos.

La mayoría de hilos utilizados en la construcción de cables son redondos y de diámetros comprendidos corrientemente entre 2 y 3 mm.

El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable está sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy elevadas que ocasionen que el alma de fibra se dañe con el calor. También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10%, dependiendo de la construcción del cable.

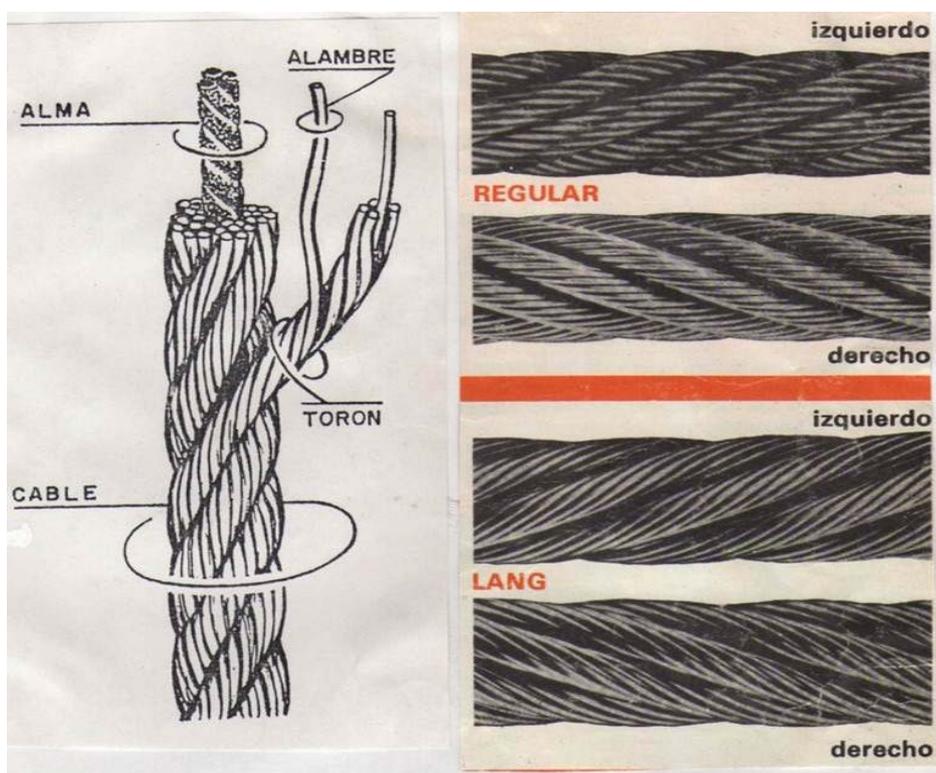


Figura 4.4 Cable de Acero

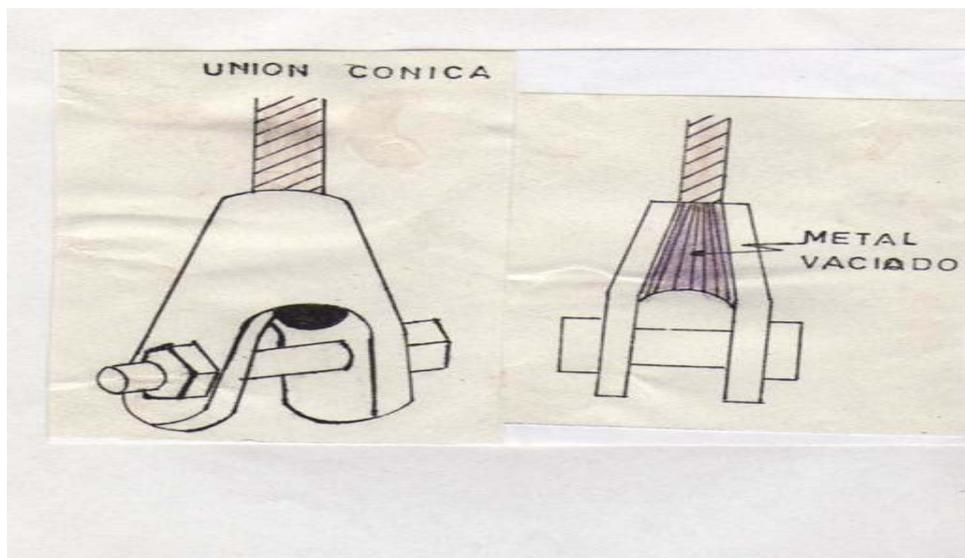


Figura 4.5 Atadura de Cables

4.2.5 Jaula, baldes o skips

Es uno de los componentes esenciales del sistema de izaje; las jaulas, baldes y skips, cumplen la función de transportar en su interior al personal y/o mineral según los requerimientos de producción, respetando las condiciones establecidas en el reglamento de seguridad minera.

4.2.6 Poleas

Es una rueda acanalada que gira alrededor de un eje central por el que pasa el cable en cuyos extremos se encuentra la jaula o skip (resistencia) y en la otra el winche o tambora (potencia).

Las poleas se pueden construir de 3 formas:

1. Por fundición
2. Por acero moldeado
3. Por construcción soldada.

Polea de izaje minero 72”

III. Componentes del Sistema de Izaje

Las poleas soldadas son menos pesadas y las más resistentes y son las más empleadas en la construcción de piques.

La polea de izaje debe ser hecha y mantenida para acomodar adecuadamente el cable.

El diámetro de la polea está establecido por reglas de seguridad para piques.



Figura 4.6 Polea

4.2.7 Castillo

Es la cúspide de la estructura del pique donde se encuentra la polea que dirige el movimiento del cable.

Es una estructura vertical que se levanta por encima del collar del pique.

De la cúspide de la torre o del castillo baja una estructura inclinada que sirve de sostén a toda la torre y contrarresta la tensión de los cables.

III. Componentes del Sistema de Izaje

La torre vertical y la estructura inclinada son las partes fundamentales del castillo y soportan en su cima la caseta de las poleas. La estructura del castillo puede ser de madera o de acero y se debe construir respetando el reglamento de seguridad existente.

Hay una escalera de servicio que sube a lo largo del pique.



Figura 4.7 Castillo del Pique R. Letts - Andaychagua. Volcán Cía. Minera.

4.3 Sistemas y Normas de seguridad de los Winches de Izaje

La construcción, operación y mantenimiento de todos los equipos y accesorios deben estar de acuerdo a las normas técnicas establecidas por los fabricantes.

Cada equipo de izaje y accesorios debe tener claramente indicado la capacidad máxima y una tabla de ángulos de izaje; la misma que debe ser pegada en un lugar adecuado y fácilmente visible para el operador.

La inspección de equipos, componentes y accesorios, es esencial para asegurar que el sistema de izaje se encuentre en buenas condiciones de operación y funcionamiento.

Los titulares serán responsables del mantenimiento, así como de las inspecciones periódicas a la que deben estar sujetos los sistemas de izaje.

Las inspecciones al sistema de izaje, deben ser realizadas por personal competente, a fin de mantenerlos en condiciones seguras de trabajo; y mostrar en lugar visible, la constancia de dichas inspecciones.

El supervisor responsable del área de trabajo, es quien autoriza el uso del equipo de izaje sólo al personal calificado y certificado por terceros.

La capacitación, entrenamiento y certificación al personal, únicamente lo debe hacer una empresa de servicios de entrenamiento y capacitación, calificada y certificada, en armonía con la modificación del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

Para asegurar el uso correcto del sistema de izaje, se requiere la capacitación del personal.

Cualquier trabajo con movimientos de carga en altura, debe señalizarse en los niveles inferiores con avisos o barreras advirtiendo la probabilidad de caídas de objetos.

Durante las operaciones de izaje con winches, sólo debe usarse señales estándares; ya sea de sonido, de iluminación o micrófono-intercomunicador.

Al comenzar el levante, la persona responsable de las señales o Timbrero, debe estar adecuadamente identificada y coordinar con el Winchero cualquier tipo de movimiento.

La única excepción a la regla, es una **“señal de emergencia”** para detener la marcha; esta señal, puede ser ejecutada por otra persona que no sea el señalero o Timbrero.

Debe brindarse acceso seguro, libre, ordenado y limpio a las estaciones de izaje.

Los equipos de izaje motorizados deben estar provistos de interruptores-límites de Seguridad, tanto para la acción de traslado como de levante máximo; así como Limitadores de velocidad, ruptura de cable (leonas), etc.

En el caso de tambores de enrollado de cables, se debe asegurar que, permanezcan en el tambor por lo menos tres vueltas del referido cable.

El pique (infraestructura principal del Winche), debe estar ubicado según diseño y Planos; y debe tener acceso con los niveles principales para el transporte de personal, herramientas, materiales, explosivos, mineral y desmonte.

El Winche jalará uno o dos jaulas de transporte de personal, pero cuando se trate de acarreo del mineral, nunca se debe transportar personal. Las horas de izaje de mineral o desmonte, deben ser independientes de las horas de izaje de personal.

La operación del Winche requiere de alta responsabilidad y mucha personalidad en la coordinación y el cumplimiento de las órdenes. La comunicación entre el Timbrero y el Winchero debe ser clara y precisa, en cumplimiento del ESTANDAR, PROCEDIMIENTO Y PRÁCTICAS del Sistema de Izaje

Diariamente o cuando el sistema ha dejado de funcionar por una hora o más, se debe hacer un chequeo general denominado **“Prueba en Vacío”**; y verificar el funcionamiento del tablero de control, las luces que indiquen algún desperfecto en el sistema de izaje; y fundamentalmente asegurarse de que el Pique y las Guías, estén libres de obstrucciones, presencia de cuerpos extraños y otros motivos que induzcan a un posible accidente.

Se debe respetar el manual de funciones, el código de señales y el código de colores establecido.

CONCLUSIONES

1. Los fundamentos que favorecen la elección de un pique forma circular son:
 - ✓ Evitar la construcción de ángulos que es costosa y lenta.
 - ✓ Tiene costos menores de revestimiento.
 - ✓ El revestimiento toma la forma ideal para obtener máxima resistencia, asemejándose a la de un cilindro cerrado.
 - ✓ La presión se reparte uniformemente por todo el perímetro.
 - ✓ Las ventajas crecen a medida que aumenta el diámetro del pique.
2. La forma circular ofrece una mejor resistencia a las deformaciones por presión lateral.
3. En formaciones inestables el pique de forma circular es adaptable para una variedad de materiales de revestimiento.
4. En terreno malo la forma del pique estaría condicionada a circular o elíptica, donde se dimensionará el espesor de revestimiento.
5. Para la ejecución de un pique circular se debe considerar todos los parámetros en el diseño según propósito de la obra.
6. El diámetro del pique está sujeto a variables particulares para cada proyecto, no hay un diámetro económico.
7. El costo de acarreo mediante rampas es más costoso que por sistema de izaje.

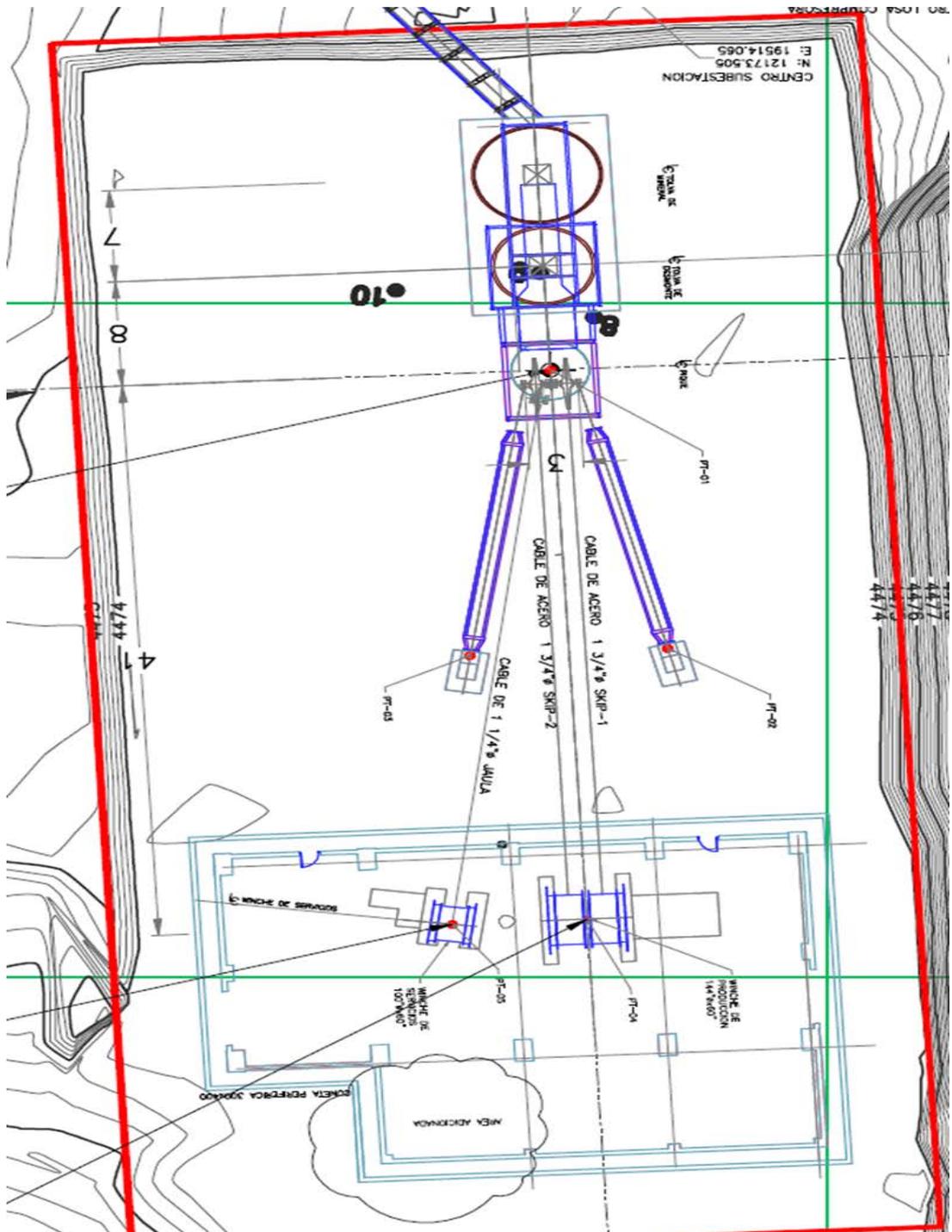
RECOMENDACIONES

1. El pique construido para el transporte de carga o personal debe: Ser diseñado en base a estudios geológicos, geomecánicos e hidrológicos, ser sostenido con materiales no degradables que soporten el esfuerzo producido
2. Para el uso de equipos y accesorios de izaje se debe tener en cuenta lo siguiente: Construcción, operación y mantenimiento de acuerdo a normas técnicas de fabricantes, tener sus compartimientos debidamente separados por un barrera sólida y resistente
3. El collar y las estaciones del pique deben tener puertas que cierren su acceso.
4. Cuando exista una parada de varias horas, como en el caso de cambio de guardia, la jaula debe ser bajada y subida vacía todo el trayecto antes de transportar personal o carga.
5. Los cables de izaje utilizado en piques mineros deberán ser inspeccionados en toda su longitud, utilizando equipos electromagnéticos, a intervalos que no exceden los 6 meses.

BIBLIOGRAFIA

1. SCHAUM – Mc GRAW. Profundización de Piques. Edit. Omega. Edición 1975, Barcelona- España.
2. JOHN R. CHADWIK. Shaft Boring Possible and Practical Special Report, Shaft and Shaft Sinking.1983, Worl Mining.
3. Manual de Requisitos que rigen Publicado por el Ministerio de Trabajo. La operación de minas Toronto - Canadá.
4. VALDIVIA LAZO ALBERTO G. Tesis: Construcción de Piques en Minería 1991, Lima- Perú.
5. IBAÑES AGÜERO FELIX H. Tesis: Criterio técnico para la ejecución del pique Nº 2 en la mina Teresita 1983. Lima- Perú.
6. www.convencionminera.com/perumin30/encuentro.../ernesto_zelaya.pdf
7. Página web: [http://es.scribd.com/doc/99770371/DISEÑO-DE-PIQUE- MINERO](http://es.scribd.com/doc/99770371/DISEÑO-DE-PIQUE-MINERO)

ANEXOS



Plano de la ubicación en planta del Proyecto pique Roberto Letts.

Fuente: TOPOGRAFIA -MISOL

Descripción	Pique Jacob Timmers		Pique Roberto Letta	
	USD (x 1000)	%	USD (x 1000)	%
Ingeniería	450	3.4%	930	4.5%
Ingeniería Conceptual	20	0.2%	30	0.1%
Plan de Ejecución	30	0.2%	30	0.1%
Estudio de Selección de Equipos	-	0.0%	50	0.2%
Trade Off de la Excavación	-	0.0%	90	0.4%
Ingeniería Básica y de Detalle	300	2.3%	400	2.0%
Ingeniería de Profundización	50	0.4%	80	0.4%
Estudios (Geomecánicos, Suelos, Hidrogeológicos, etc)	50	0.4%	250	1.2%
Logística	7,850	59.0%	11,800	57.7%
Winches Principales	3,600	27.1%	5,300	25.9%
Equipos de Profundización	700	5.3%	900	4.4%
Estructuras Metálicas	1,500	11.3%	2,500	12.2%
Equipos Eléctricos	500	3.8%	600	2.9%
Equipos Loading Pocket	400	3.0%	600	2.9%
Equipos Spill Pocket	-	0.0%	100	0.5%
Suministros	1,150	8.6%	1,800	8.8%
Construcción	3,800	28.6%	5,620	27.5%
Obras Preliminares	250	1.9%	400	2.0%
Collar	20	0.2%	20	0.1%
Profundización Manual	60	0.5%	-	0.0%
Castillo Metálico	320	2.4%	400	2.0%
Casa de Winches	150	1.1%	200	1.0%
Excavación Ciega	2,500	18.8%	1,300	6.4%
Chimenea Piloto (RB)	-	0.0%	700	3.4%
Desquinche	-	0.0%	1,900	9.3%
Loading Pocket	300	2.3%	400	2.0%
Commissioning	200	1.5%	300	1.5%
Gastos de Administración y Supervisión	1,200	9.0%	2,100	10.3%

PRESUPUESTO DE PROYECTOS

Fuente: www.convencionminera.com/perumin30/encuentro.../ernesto_zelaya.pdf