

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TRABAJO PROFESIONAL



**“CONSTRUCCION DEL CRUCERO CX-532 NW EN EL NIVEL
1890, AREA ISHIHUINCA Y AREA CORDOVA, EMPRESA
INVERSIONES MINERAS DEL SUR S.A”**

PRESENTADO POR EL:

Bach. CARLOS JAVIER MARTINEZ MENESES

PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO DE MINAS

AYACUCHO – JULIO


2014

“CONSTRUCCIÓN DEL CRUCERO CX-532 NW EN EL NIVEL 1890, ÁREA ISHIHUINCA Y ÁREA CÓRDOVA, EMPRESA INVERSIONES MINERAS DEL SUR S.A.”

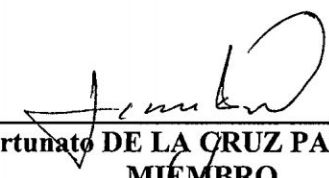
RECOMENDADO : 04 DE AGOSTO DEL 2014


APROBADO : 22 DE AGOSTO DEL 2014


MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO
PRESIDENTE



Ing. Grover RUBINA SALAZAR
MIEMBRO


Mg. Ing. Andres PORTUGAL PAZ
MIEMBRO


Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
MIEMBRO

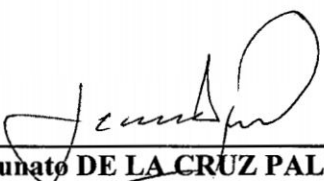

Ing. Floro N. YANGALI GUERRA
SECRETARIO DOCENTE


Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 22 de agosto 2014, en la Sustentación de Trabajo Profesional presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Carlos Javier MARTÍNEZ MENESES, con la Tesis Titulado “CONSTRUCCIÓN DEL CRUCERO CX-532 NW EN EL NIVEL 1890, ÁREA ISHIHUINCA Y ÁREA CÓRDOVA, EMPRESA INVERSIONES MINERAS DEL SUR S.A.”, fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.


MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO
PRESIDENTE


Ing. Grover RUBINA SALAZAR
MIEMBRO


Mg. Ing. Andrés PORTUGAL PAZ
MIEMBRO


Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
MIEMBRO


Ing. Florentino YANGALI GUERRA
SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo

Durante mi formación profesional.

A mi esposa e hijos

Con todo cariño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Empresa Inversiones Minera del Sur S.A por haberme brindado la oportunidad de trabajar en su Unidad Minera Córdova y a los Profesores de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniera de Minas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por sus sabias enseñanzas.

INTRODUCCION

La explotación de yacimientos auríferos en los últimos años ha cobrado gran importancia en nuestro país como consecuencia de la subida del precio del oro en el mercado de metales. Las minas que actualmente se hallan en explotación han ampliado su producción o están explotando yacimientos de baja ley, que es rentable.

La Empresa IMINSUR S.A en la zona explota tres zonas conocidas como áreas, Hundida, Córdova e Ishihuinca, estando en agotamiento esta última. En el área de Córdova se tiene varias vetas que vienen siendo explotadas y el esquizado mediante piques auxiliares de poca capacidad que limita la producción y para dar solución a este problema se tiene definido el proyecto de construcción del crucero SX-532 NW en el nivel 1890, que es el nivel más bajo, por donde se puede transportar el mineral hasta la zona de Ishihuinca donde se tiene el pique principal en operación. Este crucero en el futuro permitirá explotar las otras vetas del área de Córdova y disminuirá el costo de transporte de mineral.

RESUMEN

El presente Trabajo Profesional, está referido a un proyecto de construcción del Crucero CX-532 NW en el Nivel 1890 que servirá para transportar mineral mediante locomotora y carros mineros de la zona de Córdova hasta la zona de Ishihuinca, donde se aprovechara el Pique Principal para el izaje de mineral. El crucero tendrá una longitud de 750 m. y estará entre las vetas Honda y San Andrés, para tal efecto el trabajo se ha dividido en 5 capítulos que se detalla a continuación:

El capítulo I.- Aspectos Generales. Contiene acápite referidos a ubicación geográfica, accesibilidad de la mina, clima, fisiografía, antecedentes, recursos organización, etc.

El capítulo II.- Geología trata de la geología regional, estructural, local y económica, su génesis, mineralización, las reservas minerales que tiene actualmente la Veta Honda.

El capítulo III.- Proyecto de Construcción del Crucero CX-532 NW en el Nivel 1890, describe los aspectos geomecánicos del macizo rocoso donde se construirá, sus propiedades físicas y mecánicas de la roca, clasificación, tipo de roca, los posibles esfuerzos inducidos y el tiempo de autosoporte.

El capítulo IV.- Diseño y Construcción del Crucero CX-532 NW, constituye el eje central del trabajo, en este capítulo se detalla el diseño del crucero las etapas

de construcción como son: perforación, voladura, limpieza, ventilación sostenimiento, drenaje, maquinaria y mano de obra.

El capítulo VI: Evaluación Económica – Financiera, aquí se hace una evaluación económica financiera del proyecto de construcción del crucero CX-532 NW y en base a los indicadores económicos analizados se demuestra que la construcción del crucero se justifica económicamente.

CONTENIDO:

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCION

RESUMEN

PAG.

CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES	1
1.1.-UBICACIÓN Y ACCESO	1
.2.-CLIMA Y TOPOGRAFIA	2
.3.- HISTORIA DEL YACIMIENTO	2
.4.- RECURSOS	3
.5.-METODOLOGIA	4
.6.- OBJETIVOS	5
.7.- ORGANIZACIÓN	5
CAPITULO II.- GEOLOGIA	6
.1.- GEOLOGIA REGIONAL	6
.1.1.- ESTRATIGRAFIA	6
.1.2.- COMPLEJO BASAL	12
.1.3.- ROCAS IGNEAS	13
.2.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	15
.3.- GEOLOGIA LOCAL	17
.4.- GEOLOGIA ECONOMICA	18
4.1.- GENESIS Y TIPO DE YACIMIENTO	18

2.4.2.- MINERALIZACION Y ZONEAMIENTO	19
2.4.3.- CONTROLES DE MINERALIZACION	20
2.4.4.-ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	21
2.4.5.- RESERVAS MINERALES	22
2.4.5.1.- CRITERIOS DE CUBICACION	22
2.4.5.2.- CLASIFICACION DE RESERVAS	24
2.4.5.3.- CALCULO DE LEYES Y TONELAJE	24
2.4.5.4.- INVENTARIO DE RESERVAS	25
CAPITULO III.- PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL CRUCERO	
CX-532 NW EN EL NIVEL 1890	28
1.- JUSTIFICACION	28
2.- UBICACIÓN	29
3.- EVALUACION GEOMECANICA EN LA ZONA DEL CRUCERO	29
3.1.- CARACTERISTICAS DE LA MASA ROCOSA	29
3.2.- ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DEL MACISO ROCOSO	31
4.- SISTEMAS DE EVALUACION GEOMECANICO	31
4.1.- RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION).....	31
4.2.- CLASIFICACION DE BIENIAWSKI (RMR).....	32
4.3.-SISTEMA Q (NGI)	34
4.4.- DETERMINACION DE LA ABERTURA Y TIEMPO MAXIMO DE AUTOSOPORTE	36
4.5.- ESFUERZO ALREDEDOR DEL CRUCERO CX-532 NW	39

CAPITULO IV.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL CRUCERO	43
4.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL CRUCERO CX-532 NW..	43
4.2.- EXCAVACION	44
4.2.1.- PERFORACION – VOLADURA	44
4.2.2.- VENTILACION	54
4.2.3.- LIMPLIEZA	56
4.2.4.- SOSTENIMIENTO DEL CRUCERO	56
4.2.5.- CONTROLES	58
4.2.6.- ILUMINACION	58
4.2.7.- DRENAJE	58
4.3.- EQUIPO Y MAQUINARIA	58
4.4.- MANO DE OBRA	59
4.5.- SEGURIDAD OPERACIONAL	59
CAPITULO V.- EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA	61
5.1.-VALOR DEL MINERAL	61
5.2.-VALOR DE LA PRODUCCION	64
5.3.- VIDA DE LA MINA	64
5.4.- DEPRECIACION	64
5.5.- COSTO DE OPERACIÓN Y PRODUCCION.....	64
5.6.- INVERSIONES	65
5.7.- CRONOGRAMA DE INVERSIONES	65
5.8.-FINANCIAMIENTO	65

5.9.- ESTADOS FINANCIEROS	66
5.10.- VALOR ACTUAL (VAN)	66
5.11.- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	67
5.12.- PERIODO DE RETORNO	67
5.13.- RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA	72

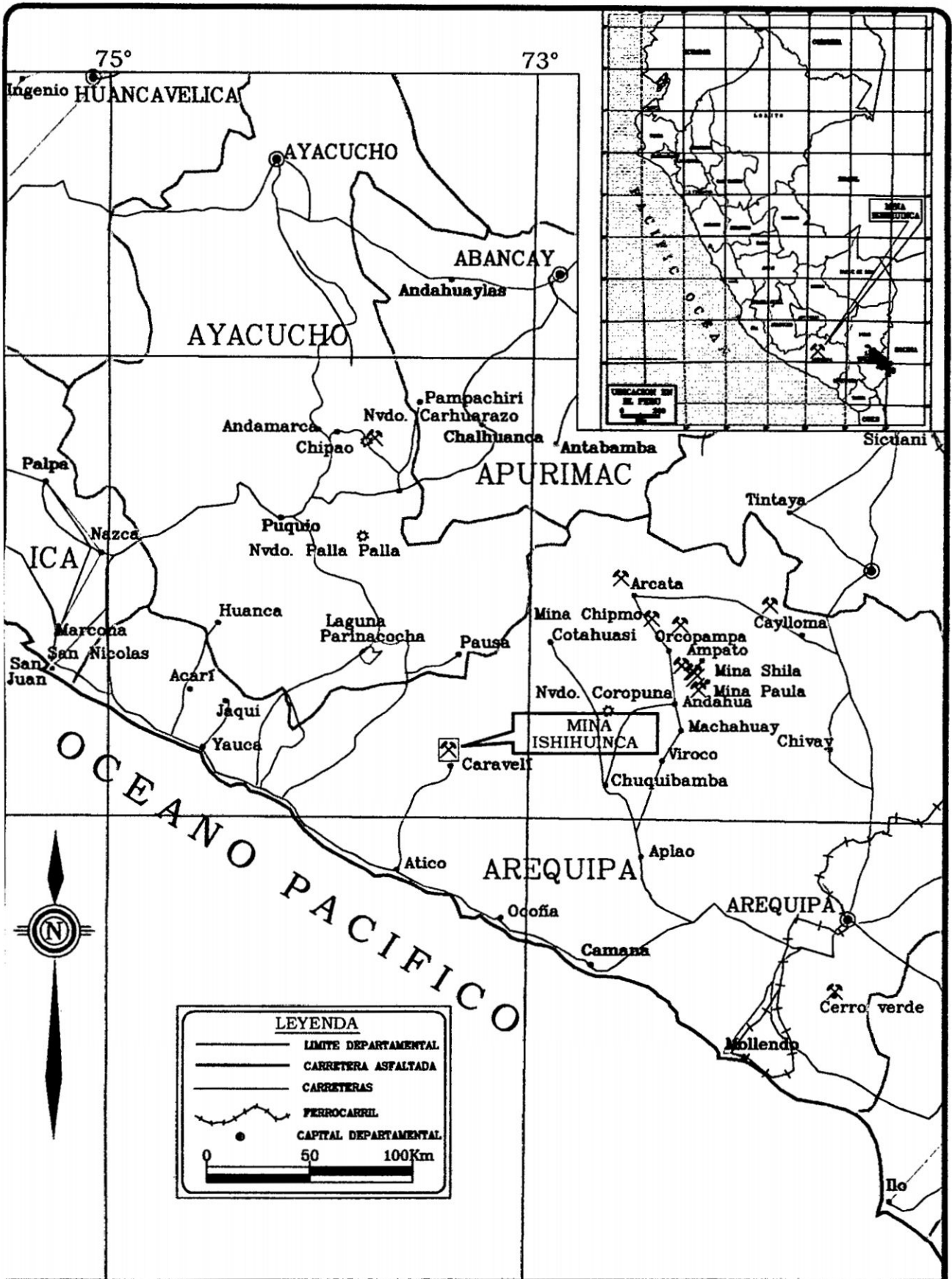
CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.- UBICACIÓN Y ACCESO.

La Mina Córdova, se encuentra ubicado dentro de la franja aurífera Acari-Caraveli-Ocoña en el sur de Perú. Políticamente la mina está ubicada en el Distrito y Provincia de Caraveli, Departamento de Arequipa, a una altitud de 2,000 m.s.n.m. El centro poblado de Caraveli está a 6 Km. de la mina a una altitud de 1,700 m.s.n.m. La mina es accesible desde Lima por la carretera panamericana sur conforme al siguiente detalle (ver plano N° 1):

RUTA	TIPO CARRETERA	DISTANCIA KM.	TIEMPO HORAS
Lima- Atico	Asfaltado	700	8
Atico – Caravelí	Afirmado	77	2
Caravelí – Mina	Trocha	6	0.25
Total		783	10.25



LEYENDA

- LIMITE DEPARTAMENTAL
- CARRETERA ASFALTADA
- CARRETERAS
- FERROCARRIL
- CAPITAL DEPARTAMENTAL

0 50 100Km

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL ESCUELA FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS COMPANIA MINERA INMINSUR S.A. UEA CARAVELI			
PLANO	LEADOR	UBICACION	LAMINA
	CARLOS J. MARTINEZ MENESES	CARAVELI	I
UBICACION	ING. TOMAS JARA	INDICADA	
REVISADO	ING. ABAD YABAR C.	FECHA ENERO 2014 ESCALA	

También se puede llegar a la mina por vía aérea desde la ciudad de Lima hasta Caravelí en vuelo de dos horas. En la localidad de Caravelí existe una pista de aterrizaje para avionetas.

1.2.- CLIMA Y TOPOGRAFIA.

El clima es cálido y seco durante todo el año, con lluvias esporádicas entre los meses de enero a marzo; la temperatura llega a 30° C en los días calurosos y baja en las noches hasta alcanzar los 6° C.

El relieve es moderado y presenta aspecto típico de la llanura costanera, con suaves elevaciones dentro de un fondo desértico. Al norte de Caraveli, se extiende la cordillera occidental conformada por una serie de cadenas montañosas con dirección NO-SE y alturas que van desde los 2,500 m.s.n.m. hasta los 5,000 m.s.n.m.

1.3.- HISTORIA DEL YACIMIENTO.

En el área de Ishihuinca existen indicios de que las minas fueron trabajadas desde la época de la colonia, mediante labores cortas, como rajás, medias barretas y pequeños piques.

En octubre de 1931, el área fue denunciada por el Sr. José Leanderas. En 1933 la propiedad pasó el control de la Compañía Minera Alpacay S.A., que trabajaba unas minas en la provincia de Condesuyos (Arequipa).

En el año 1945, al quedar los derechos mineros de libre disponibilidad, el área fue denunciada por la Sra. Anita Fernandini Clotet de Naranjo, con los derechos denominados "Ishihuinca" (antes Sunihuilca).

El 18 de febrero de 1980, los derechos mineros de Ishihuinca fueron concesionados por la Sra. Fernandini a la Empresa Inversiones Mineras del Sur S.A. (IMINSUR), empresa que pertenece al Grupo Buenaventura S.A compañía que dio comienzo a los trabajos mineros de desarrollo y explotación en 1981.

En marzo de 1982, IMINSUR S.A. comenzó a tratar el mineral en una Planta de 50 TM/día, empleando únicamente el método de cianuración directa. A partir de esta fecha se ha venido incrementando hasta llegar a una producción actual de 120/ TM/día y con una Planta implementada con tres métodos de recuperación: separación gravimétrica, flotación y cianuración.

La Empresa Inversiones Mineras del Sur S.A. paga como regalía el 7% del valor neto del mineral a la sucesión de Anita Fernandini de Naranjo, de acuerdo al contrato de sesión firmado por ambas partes y que se encuentra vigente hasta el año 2,015.

1.4.- RECURSOS.

El área de la mina y sus alrededores es desértica. El agua aflora en la cabecera del valle de Caraveli, agua subterránea que es aprovechado principalmente para fines agrícolas.

Para la operación minera, el agua se capta por bombeo en dos pozos subterráneos de 35 mts. De profundidad, ubicados a 1,000 mts. De la Planta y a corta distancia del eje del valle. Se ha constatado que la napa freática se encuentra a 14 metros de profundidad. A partir de aquí el agua se transporta en tanques cisternas hasta los reservorios de la mina, ubicados en el nivel 2060.

La energía eléctrica es generada por un grupo de 3000 Kw. Para la operación de la mina y un grupo de 650 Kw para la operación de la Planta de Tratamiento. El pueblo de Caraveli dispone de un grupo de 50 Kw. y una minicentral hidroeléctrica de 200 Kw, que solo abastecen el consumo industrial y doméstico de Caraveli.

En la zona no existe producción de madera para usos mineros, por lo que este material se lleva desde Huancayo y Huaraz. Afortunadamente, los requerimientos de las labores subterráneas no son tan altos, debido a la naturaleza consistente de la roca encajonante y de las estructuras mineralizadas.

Debido a la proximidad de la operación minera al centro poblado de Caraveli, la Empresa no está obligada a construir viviendas para sus trabajadores. El personal reside en el pueblo, la Empresa proporciona la movilidad para el transporte diario a la mina, distante a 25 minutos de Caravelí.

1.5.- METODOLOGIA.

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis, se ha realizado trabajos de campo y gabinete que consistieron en lo siguiente:

- a.- Trabajo de campo: levantamiento, geológico y geotécnico de área donde se construirá el crucero C X-532 NWI.
- b.- Trabajo de gabinete: análisis de datos, cálculos, confección de planos, diseño del crucero y redacción del trabajo profesional.

1.6.- OBJETIVOS.

OBJETIVOS GENERALES:

- a.- Constituir un aporte en la tecnología en la construcción de labores subterráneas como es el crucero dentro del sistema convencional de minado.
- b.- Servir de modelo en la técnica de construir cruceros siguiendo toda una secuencia a fin de cumplir con los plazos establecidos por la empresa.

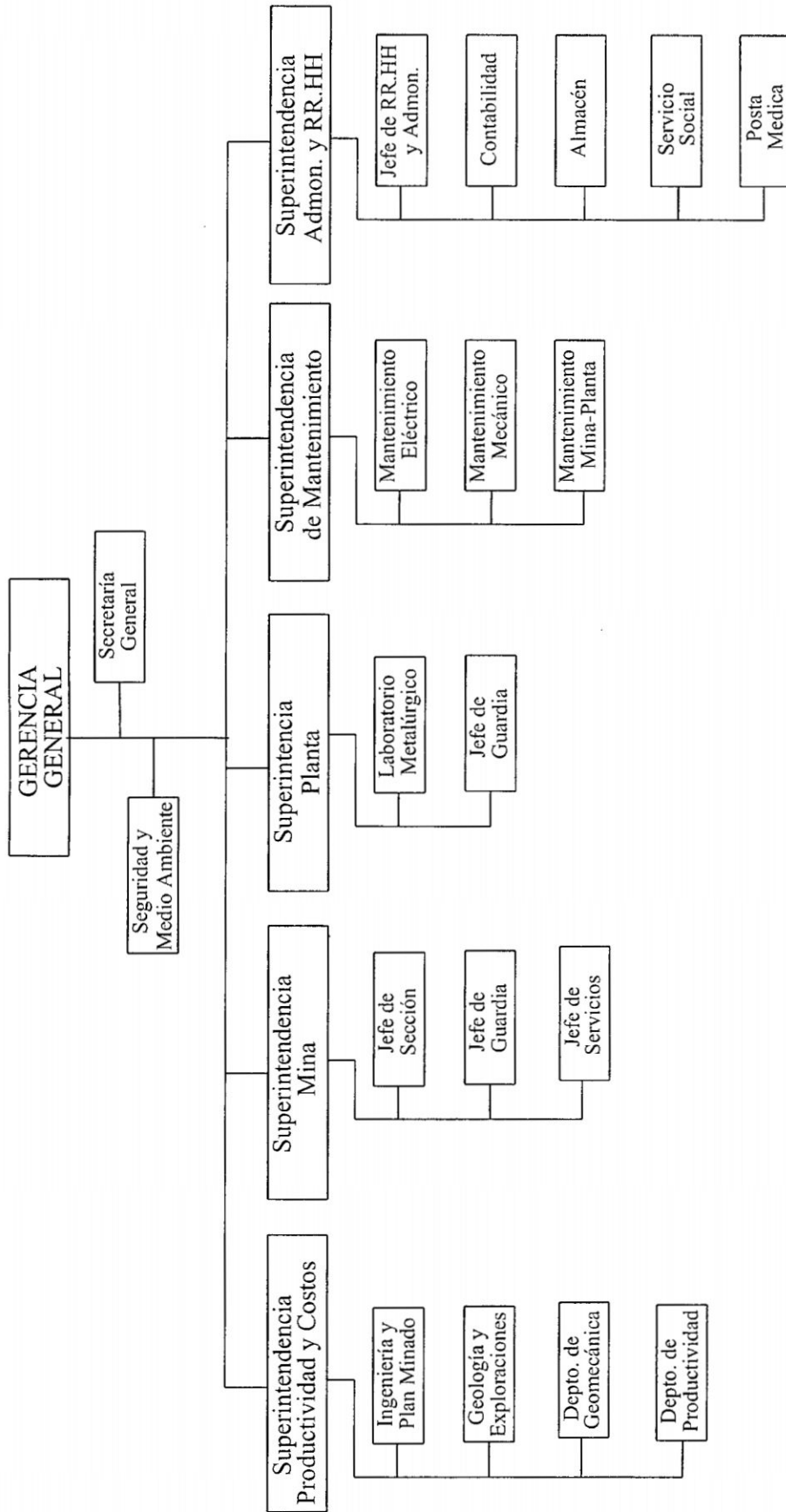
OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a).- Poder explotar las reservas minerales ubicadas encima del Nivel 1890 del área de Córdova que comprenden las vetas Honda, Elsa, Prolongación Córdova y Eliana, que reemplazarán a las reservas de mineral que vienen agotándose en la Mina Ishihuinca.
- b).-Servir al suscrito, como tema de tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de Minas.

1.7.- ORGANIZACIÓN.-

La Mina Córdova es otra unidad de la Empresa IMINSUR S.A, está organizada bajo los lineamientos de una administración moderna, a fin de lograr la eficiencia en las operaciones, el cual se puede apreciar en el organigrama mostrado en la lámina N° 1

ORGANIGRAMA MINA CORDOVA



CAPITULO II

GEOLOGÍA

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.

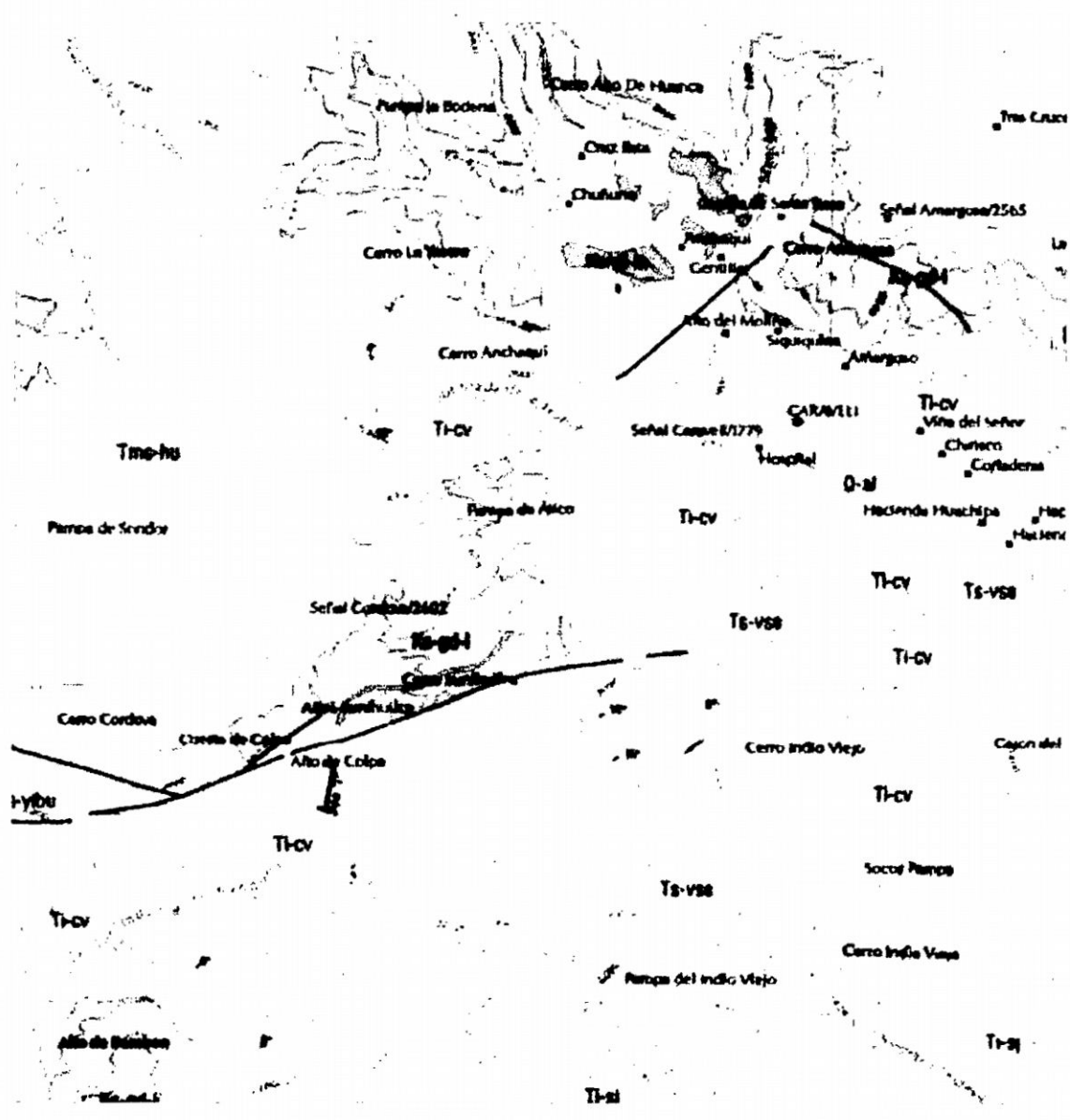
En la región de Caravelí, afloran rocas de edad desde el proterozoico hasta el cuaternario reciente como puede apreciarse en el plano N° 2 y cuya descripción es como sigue.

2.1.1.- ESTRATIGRAFIA.-

Las unidades estratigráficas importantes y presentes en la región son las siguientes (ver lámina N° 2):

a.- FORMACIÓN HUAYLILLAS.

Por Wilson y García (1962). Litológicamente: consiste de tobas y brechas piroclásticas blanco-rosadas, intercaladas con algunos horizontes de lava. Mayormente se le observa cubriendo a la Formación Caravelí y yace directamente sobre el plutón Incahuasi. Mineralógicamente, constituidas en

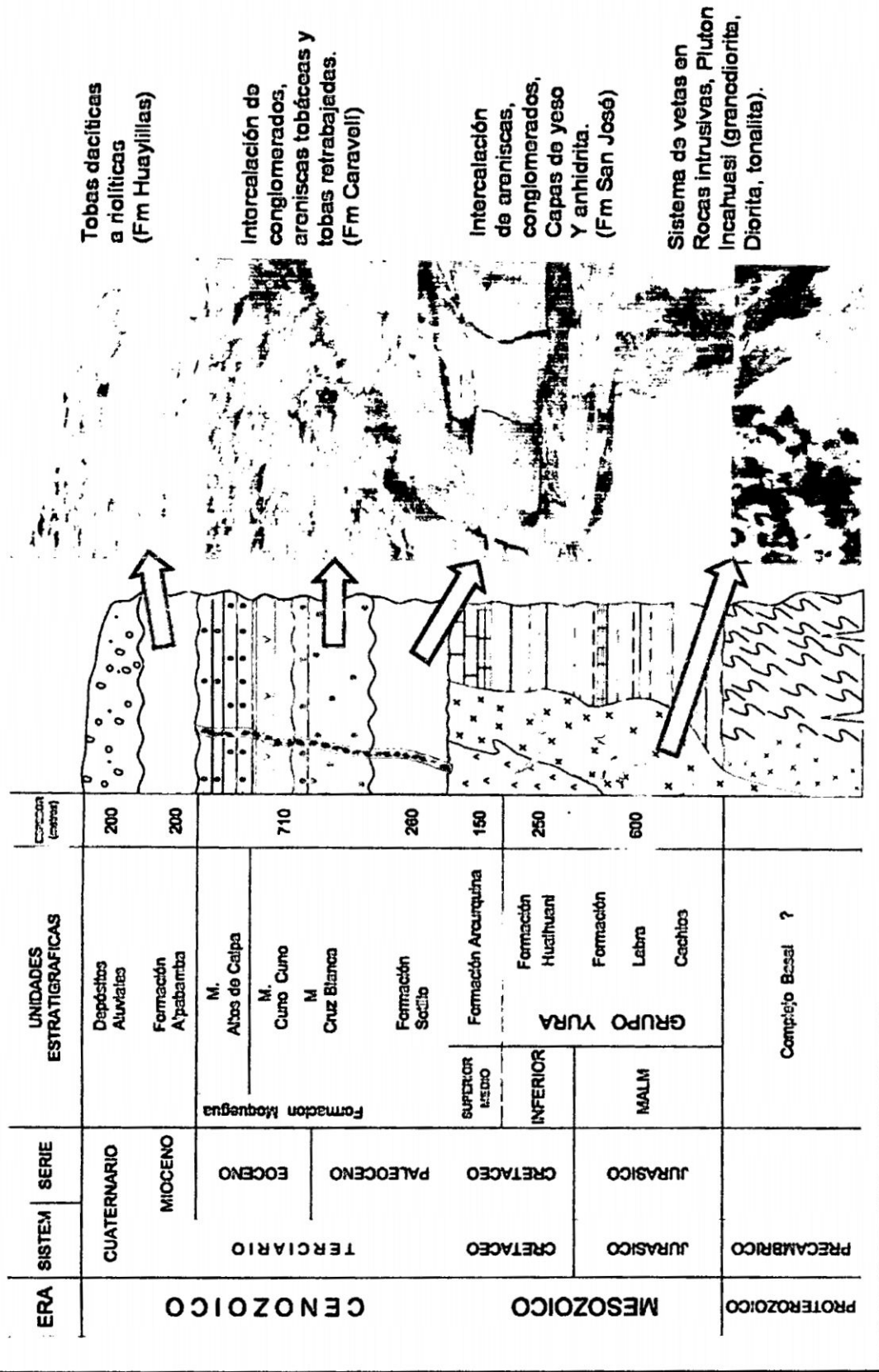


LEYENDA

- Qr-al Depósito Aluvial
- Ts-vse Volcánico Sencca
- Tm-hu Formación Huaylillas
- Ti-cv Formación Caravelí
- Ti-sj Formación San José
- Ks-gd-l Superunidad incahuasi
- Ks-gd-mz-li Linga

UNSCH		
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL		
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS		
GEOLOGIA REGIONAL		
MINA CORDOVA		
GEOL: Ingemmet	ESCALA: 1/50,000	PLANO N°
FECHA: Enero 2014		1

COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL



Tobas dacíticas a riolíticas (Fm Huayllillas)

Intercalación de conglomerados, areniscas tobáceas y tobas retrabajadas. (Fm Caraveil)

Intercalación de areniscas, conglomerados, Capas de yeso y anhidrita. (Fm San José)

Sistema de vetas en Rocas intrusivas, Pluton Incahuasi (granodiorita, Diorita, tonalita).

mayor proporción por feldespatos y biotitas que se presenta en laminillas y cristales de hornblenda. Estos minerales se encuentran mayormente alterados, también tiene cuarzo en los cristales oscuros y corroídos, el grosor de la Formación varía de 100 m a 400 m.

Edad: data del Mioceno superior. Se correlaciona con tobas y derrames lávicos que afloran al Sur del Perú y en Ayacucho del centro del Perú.

b.- FORMACIÓN CARAVELÍ.

Se ha reconocido ampliamente en las áreas de Ishihuinca y Córdova. Se trata primordialmente de conglomerados que aparecen discordantemente sobre las unidades del Batolito de la Costa y bajo la Formación Huaylillas, de matriz normalmente arcillosa, arenosa, hasta tobácea y con materiales cementantes como el yeso, calcita, hematina y limonita, siendo los dos primeros mayoritarios.

Comprende miembros como: Miembro Altos de Calpa, constituido por conglomerados heterogéneos, areniscas y piroclásticos. Miembro Cuno, compuesto por lutitas tobáceas, limonitas. Miembro Cruz Blanca compuesto por conglomerados y areniscas.

Edad y correlación de la Formación Caravelí, está basado en su posición estratigráfica. Yace con discordancia erosional sobre la Formación San José considerado como del Paleoceno, en ciertos lugares yacen sobre las rocas del Batolito de la Costa.

c.- FORMACIÓN SAN JOSÉ.

Litológicamente, es una secuencia de areniscas, lutitas y arcillas finamente estratificadas y cruzadas por abundantes venillas de yeso e intercaladas con niveles de conglomerados; en su tercio superior existen abundantes capas de evaporitas.

Depósitos en cuencas lagunares de baja profundidad y son de color rojizo mayormente aflora en el Cerro San José al SE del pueblo de Caravelí. Infrayacen rocas de la Formación Caravelí, con discordancia erosional y cubierta por la Formación Camaná.

Edad: fines del Cretáceo superior y principios del terciario, asignado al Paleoceno. Correlación, con la Formación Sotillo de Arequipa; Formación Seraj y Querque de región Huanta; Formación Jahuay de Omate. Igualmente mencionamos las otras formaciones de acuerdo a la columna estratigráfica del cuadrángulo de Caravelí:

d.- GRUPO BARROSO.

Litológicamente constituida por capas estratificadas de 1 m a 5 m de grosor de naturaleza andesítica y traquiandesítica, con textura porfirítica con abundantes fenocristales de feldespatos, hornblenda, biotitas, vidrio volcánico; distribuidos con cierta orientación dentro de una pasta afanítica.

En roca fresca la coloración es gris oscuro con tonalidades violáceas, rojizas, verdosas y marrones.

e.- VOLCÁNICO SENCCA.

Litológicamente: está constituido por tobas y brechas tobáceas de naturaleza mayormente dacítica a riolítica. Macroscópicamente se observa a simple vista, feldespatos, cuarzo, laminillas de biotitas y vidrio volcánico, tiene una coloración blanca a rosado, alternado por intemperismo a gris amarillento o rojizo.

Esta Formación se presenta en bancos compactos formando cornisas verticales o en forma de depósitos de la pilli, que se intercalan con arena gruesa y tobas; en el margen del río Ocoña se presenta con igual característica cubriendo discordantemente a rocas intrusivas, hipabisales y sedimentarias a rocas de diferentes edades.

Edad: ha sido asignada al Plioceno Medio Superior. Correlación: datación radiométrica en el Sur es de 4.3 y 2.0 millones de años.

f.- FORMACIÓN CAMANA.

Litológicamente: constituida por una gruesa secuencia de areniscas calcáreas de grano medio a grueso con niveles de conglomerados fino y abundante material piroclástico que se torna más arenosa y semi terrestre hacia el NE de la cuenca, su base la constituye un potente banco compacto de color blanco a amarillento - rosado, de grosor de 20 a 40 metros. La formación Camaná está cubierta discordante y directamente por la Formación Huaylillas. Edad: rango del Oligoceno a Mioceno. Se correlaciona con depósitos de la misma edad del NW del Perú como son Marcona, Heath y Montera.

g.- FORMACIÓN PARACAS.

Litológicamente: está integrado por areniscas de grano fino hasta conglomerados con cemento calcáreo, ínterestratificadas con lutitas, areniscas tobáceas, areniscas arcillosas, arcillas tobáceas, calcarenitas, margas, etc. Se intercalan dentro de esta secuencia, niveles delgados de diatomeas y estratos tobáceas con grosores centimétricos hasta más de 2 m. El color de la formación varía de gris claro a gris blanquecinos la parte superior color blanco a amarillento en la parte inferior.

Edad: por gran parte de fósiles se sitúa en el Eoceno superior. Se correlaciona con el grupo Talara y la Formación Verdum del NE peruano.

h.- FORMACIÓN ARCURQUINA.

Litológicamente: secuencia de calizas grises oscuras producto final de una de las principales transgresiones del mesozoico.

Afloran en Huanca Huanca y Cotahuasi. Su contacto inferior es concordante y gradacional con la Formación Murco y en la parte superior discordante con los volcánicos Tacaza, al sur de San José en Ushua.

Edad, es de rango Albiano - Cenomaniano del Cretáceo Inferior y la correlación es con la Formación Ferrobamba del Cuzco, Apurímac, Ayacucho; Moho en Puno; Chulec y Pariatambo al norte y centro del Perú.

i.- GRUPO YURA.

Litológicamente, la parte superior de esta unidad está constituida por una predominación de areniscas y lutitas haciéndose más pelítica en su parte inferior.

Los grupos son una secuencia de rocas sedimentarias con características litológicas y facies muy peculiares, de extensión regional y que generalmente incluye varias formaciones geológicas, que son: Formación Hualhuani, Formación Labra y Cachios.

j.- FORMACIÓN HUALHUANI.

En Ishihuinca tan solo se presenta la Formación Hualhuani. Formación constituida por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarzosas de color blanco y blanco azulinos, compactas en bancos que varían desde 50 cm hasta 3 m de grosor.

En la parte inferior presenta niveles delgados de lutitas negras con ciertos niveles con estratificación cruzada.

Constituida por una monótona de cuarcita y areniscas cuarzosas de color blanco y blanco azulinos, compactas en bancos que varían desde 50 cm. Hasta 3 m. de grosor.

En la parte inferior presenta niveles delgados de lutitas negras con ciertos niveles con estratificación cruzada. Afloran en los márgenes de los ríos Huanca Huanca y Cotahuasi. Las cuarcitas de la formación Hualhuani yacen

normalmente sobre la Formación Labra e infrayacen a la formación Murco con suave discordancia erosional.

Dentro de esta formación se tiene el complejo Bella Unión, constituidas por una serie de pequeños cuerpos que afloran a lo largo con ejes cuyo rumbo es N 30° a 40° W. Petrográficamente su composición varía de una andesita afanítica a dacita porfirítica.

Edad de emplazamiento: se basan a relaciones estratigráficas. Este complejo esta entre el Cretáceo medio a superior.

Afloran en los márgenes de los ríos Huanca Huanca y Cotahuasi. Las cuarcitas de la Formación Hualhuani yacen normalmente sobre la Formación Labra e infrayacen a la Formación Murco con suave discordancia erosional.

2.1.2.- COMPLEJO BASAL.

Son rocas antiguas Precambrianas que han sufrido metamorfismo de alto grado y sobre las cuales yacen las rocas más modernas. Para el caso particular de la geología de la mina, consiste de rocas metamórficas grises, granitos potásicos, diques de composición básica a intermedia, cuerpos tubulares de pegmatitas granófiro y Gneis.

En Caravelí en los Cerros Ahuiny y Tororuno se presentan anfibolitas asociadas a diques de pegmatitas. Edad y correlación: métodos Rb/Sr 600 a 2000 M.A.C.

2.1.3.- ROCAS ÍGNEAS.

Está conformado por centenares de plutones individuales que constituyen un gran complejo ígneo que ha dado origen a las superunidades Incahuasi, Linga y Tiabaya. El cuerpo principal está constituido por una asociación de diorita, graniodorita, monzonita y tonalita, cubierta por formaciones terciarias e intruídas por rocas hipabisales del complejo Bella Unión.

La estructura ígnea tiene sus manifestaciones como grandes cuerpos intrusivos de los siguientes tipos, en orden decreciente en edad.

AGRUPACIONES PLUTÓNICAS DE BATOLITO DE LA COSTA:

Constituidos por las siguientes unidades litológicas:

a.- Rocas ígneas Super Unidad Incahuasi. Las rocas ígneas mayormente plutónicas que se mencionan aquí, son rocas favorables a la mineralización aurífera, que corresponden a la superunidad Incahuasi, exceptuado los diques que también se mencionan por ser de naturaleza intrusiva, y son:

1. Diorita: Diorita con cuarzo.
2. Tonalita: Granodiorita.
3. Granodiorita.
4. Granito.
5. Diques porfídicos.
6. Adamelita, pegmatitas, granófidios, meláfiros, granito lamprófidios, doleritas.

7. Diques oscuros Andesitas, dacitas, basaltos, meláfiro, lamprófidos, doleritas.

Las tres últimas se presentan como filones y las dos primeras están ampliamente distribuidas por las áreas de Ishihuinca y Córdova, dentro de las cuales se encuentra el yacimiento.

b.- Rocas Ígneas Superunidad Tiabaya (fuera del área)

c.- Roca Ígneas Superunidad Linga (fuera de las áreas mapeadas).

d.- Complejo Bella Unión (fuera de las áreas mapeadas).

ROCAS VOLCÁNICAS:

Formación Caravelí: Tobas ínter estratificadas con las calizas descritas anteriormente.

Formación Huayfillas: Volcánicas de tipo explosivo (tobas, ignimbritas).

DEPÓSITO FLUVIO ALUVIALES.

Los depósitos Fluvio Aluviales son depósitos de cenizas volcánicas, conos de escombros, aluviales y fluviales (arenas y gravas), etc. originados por la meteorización y erosión actual y que cubre, no solo grandes planicies, sino laderas, quebradas y grandes valles y son los más extensos en el área estudiada. La potencia de estos depósitos puede superar los 40 m. en las cercanías de los Cerros Sunihuinca y los Cerros de Córdova, pero debe ser mucho más potente hacia Caravelí.

En la Región existen varios yacimientos auríferos en explotación que, por pertenecer a la misma Edad y Formación de las rocas de la mina Ishihuinca, posee similares características geológicas que permiten relacionar esos yacimientos con los de Ishihuinca con fines de evaluación del potencial de este último.

El cuadro regional de la Falla Calpa, la cual alcanza los linderos del basamento cristalino, infiere una profundización en las estructuras. La manifestación más clara de la Falla Calpa, es una gran zona de cizallamiento con fracturas poco espaciadas en Ishihuinca y más distantes entre sí en Córdova.

Las vetas como relleno de mineral en fallas sinistralas ENE – WSW y N45°E, parecen tener su origen en la Falla Regional Calpa, tal es el caso de la veta Elsa (N48°E), que probablemente es un ramal de la gran falla.

2.2.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

a).- Comportamiento estructural regional:

Las rocas del cuadrángulo de Caraveli han sufrido efectos tectónicos desde periodos pre-precámbricos que han originado zonas de deformación con características propias, cuyas orientaciones estructurales sigue la tendencia general andina.

Esta zona son:

- Zona del macizo Pre-cámbrico
- Zona del batolito de la costa
- Zona de la depresión de Caraveli

- Zona de Plegamientos y fallamientos
- Zona poco deformada

El Macizo Pre-cámbrico, está conformado por rocas metamórficas que afloran el noreste de la hoja de Caraveli y que han pertenecido al basamento de la cadena costanera del sur del Perú. Este Macizo se encuentra emplazado entre rocas ígneas del batolito costanero.

El batolito de la costa está constituido por cientos de plutones emplazados en fallas y fracturas pre-existentes que siguen el patrón estructural andino.

La depresión de Caraveli, está constituido por inmensas llanuras costaneras de bajo relieve y suaves ondulaciones ubicadas a 1,500 m.s.n.m. limitadas al este por la cordillera accidental y al oeste por la cordillera de la costa. Litológicamente constituida por depósitos del terciario-cuaternario, modificada por ciclos erosivos que han dejado como remanente los cerros denominados: Indio Viejo, Córdova, Ancha Qui, Sunihuilca y otros.

Los plegamientos que se observan en la zona son suaves, de poca extensión, debido a fenómenos tectónicos de baja intensidad. Los mayores efectos de compresión se han producido en la región del flanco occidental de la cordillera de los andes.

El sistema de fallas, está constituido por fallas regionales con rumbo generalizado E-W y NW-SE, que parece ser un patrón estructural en la formación de estructuras menores que han servido como canales y receptáculos para la mineralización aurífera.

Dentro de estas estructuras tenemos la falla Calpa, que es una estructura regional kilométrica, inversa, que ha organizado fallamientos menores de

dirección E-W y NW, tal es el caso de la veta principal (N45° E) que parece ser un ramal de la gran falla.

b).-Comportamiento estructural local:

Localmente el yacimiento de Ishihuinca está constituido por filones y fracturas de tensión que parece tener su origen en la falla regional Calpa. Estas estructuras están formadas por sistemas de rumbos E-NE - y NW, dentro de las rocas plutónicas de la super unidad Incahuasi, con buzamientos de 60°-80° al N.

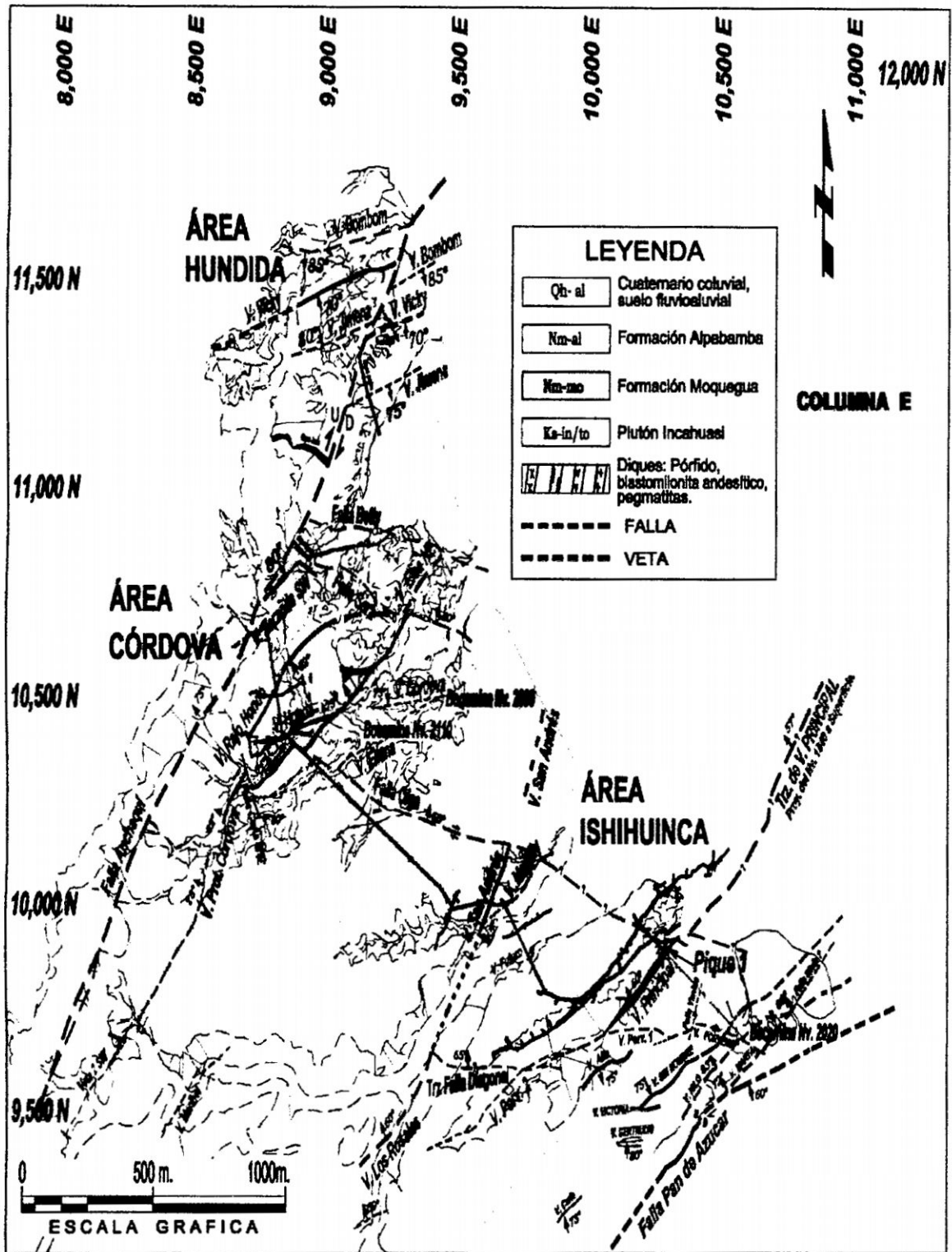
Observaciones de campo, principalmente de espejos de falla, muestran que estas fracturas tuvieron inicialmente un movimiento sinextral, seguido posteriormente por un movimiento de fallamiento normal al norte. Las estructuras E-NE parece ser las de mayor longitud y han servido de control para las estructuras NW.

2.3.- GEOLOGIA LOCAL.

El área de Córdova y donde se encuentra la Veta Honda, se encuentra ubicado dentro de la Superunidad Incahuasi que es un batolito granodiorítico favorable para la mineralización aurífera por estar ligado a una intensa de formación sintectónica y presentar una diferencia magmática muy marcada (ver plano N° 3 y N° 4).

La veta está relacionado con los episodios tectónicos-magmáticos, así tenemos:

LANO GEOLÓGICO DE ÁREAS ISHIHUINCA-CÓRDOVA-HUNDIDA



U.N.S.C.H. FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS GEOLOGIA Y CIVIL ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE ING. DE MINAS		
GEOLOGA LOCAL Y.N.A. CORDOVA		
DISEÑO: C. Martínez M.	ESCALA: 1:5000	PLANO N°
	FECHA: ENERO 2014	03

- a) La formación de estructuras que guían el emplazamiento de las rocas ígneas superunidad Incahuasi.
- b) La Inyección Incahuasi:
 - b.1) Blastomilonitas - filonitas por comprensión NW - SE
 - b.2) Inyección de diques porfídicos.
 - b.3) Conclusión de la solidificación, enfriamiento.
- c) Activación de fallamientos sinextrales profunda ENE - WSW, NE - SW y sus respectivas fracturas tensionales.
- d) Inyección del pegmatitas en el sistema sinextral y fracturas tanto tensionales como de enfriamiento.
- e) Reactivación del fallamiento sinextral profundo, produce reapertura de fracturas y nuevas fracturas.
Inyección de diques melanocrático, con distensión NNE - SSW.
- f) Reactivación del fallamiento sinextral y formación de nuevas y dislocación de las anteriores.
Relleno Hidrotermal.
- g) Reactivación sinextral y fallamiento gravitacional. Con esta reactivación la mineralización muchas veces ha sido desplazada y/o moderadamente brechada.

2.4.- GEOLOGIA ECONOMICA.

2.4.1 GENESIS Y TIPO DE YACIMIENTO.

En base al ensamblaje mineralógico, las texturas y la secuencia paragenética, indica que el yacimiento de Ishihuinca ha sido originado

por relleno de fracturas o vetas con soluciones hidrotermales de silicio, pirita y chalcopirita con presencia de oro. Estas soluciones mineralizantes están genéticamente relacionadas al gran cuerpo intrusivo del Batolito costanero, cuya edad se admite entre 95 y 60 millones de años, éste cuerpo intrusivo de diorita granodiorita pertenece a la Súper Unidad Incahuasi.

2.4.2.- MINERALIZACIÓN Y ZONEAMIENTO.

La mineralización del yacimiento de la Veta Honda está relacionada directamente, a los minerales primarios organizados por las emanaciones magmáticas y soluciones hidrotermales como pirita (S_2Fe), cuarzo (SiO_2), chalcopirita (S_2CuFe) y arsenopirita ($SAsFe$), con menores cantidades de esfalerita (SZn) y galena (SPb).

El oro, se presenta en estado libre dentro de pirita, cuarzo fino y chalcopirita.

La mineralización supergenética se presenta en la zona de oxidación especialmente los sulfuros secundarios como ilminita, digenita, calcosita y bornita.

Las vetas que contienen a las soluciones mineralizantes cortan a las rocas plutónicas del batolito de la costa, pertenecientes a la Super Unidad Incahuasi, cubiertas posteriormente por las rocas sedimentarias terciarias.

El zoneamiento típico del yacimiento, es una capa superficial de óxidos de aproximadamente 30 m. de altura con limonitas, hematitas, carbonatos y cuarzo con oro libre y valores que alcanzan hasta 15 gr. de Au/TM. Luego se presenta una zona intermedia de enriquecimiento supergenético de 15 a 20 m.

de altura, con ligero aumento de valores de oro y la presencia de minerales, como bornita y digenita. La zona profunda corresponde a sulfuros primarios, donde actualmente se encuentran las labores de explotación.

2.4.3.- CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.

El principal control de la mineralización es estructural representado por la falla regional Calpa, que ha dado origen al sistema de vetas y fracturas de tensión del yacimiento de Elsa, con rumbo E-NE y NW. Los buzamientos varían de 60°-80° al N en las principales vetas y buzamientos similares al SE en vetas menores.

Dentro de estas zonas de tensión, es posible observar una caja techo bien definida y fracturas tensionales al piso, que han permitido el relleno de mineral aurífero, lo que ha facilitado la formación de importantes bolsonadas, como el de la veta principal que tiene potencias hasta de 10 metros.

El control litológico está dado por las rocas granodioríticas-tonalitas de la Super Unidad Incahuasi que contiene a las vetas y que pertenecen al batolito de la costa.

La alteración filica es la alteración más importante, ligada a la mineralización económica y está representada por cuarzo y cericita.

Dentro de las alteraciones Supergenias ligadas también a la mineralización económica, están las hematitas y limonitas acompañadas de cuarzo, óxidos y carbonatos de cobre y que se caracterizan por prestar una coloración amarillo-rojizo en los afloramientos.

2.4.4.- ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.

Veta Elsa.

Es la principal estructura mineralizada, tiene un rumbo de N 30° E y un buzamiento de 60°NW, tiene una potencia que varía entre 0.30 m. hasta 1.10 m. con minerales de calcopirita, pirita y cuarzo. El oro se halla dentro de la pirita, chalcopirita y en el cuarzo. En afloramiento ha sido reconocido en una longitud de 350 m. y se encuentra emplazado sobre la Superunidad Incahuasi constituido por tonalita y granodiorita y en su extremo norte es cortado por la falla Sara.

Esta veta se encuentra en preparación en el nivel 1900, debiendo entrar en explotación a fin de poder reemplazar a las reservas de la Mina Ishihuinca que se halla en agotamiento.

Veta Norte.

La veta Norte tiene una dirección N50°E y 60° NW de buzamiento y se halla al norte de la Veta Elsa.

La mineralización se presenta en cuarzo en bandas, con venas y venillas de Pirita – Chalcopirita y silicificación principalmente al piso de la veta, donde es común la salida de estructuras silicificadas de buzamiento contrario, como una especie de Links. Esta veta vienen siendo explotada encontrándose las labores en el nivel 1950 y posiblemente la mineralización profundice hasta el nivel 1700.

Veta Honda.

Es una estructura mineralizada importante en la zona de Córdova, tiene un rumbo de N 40° E y un buzamiento de 63°NW, tiene una potencia que varía entre 0.20 m. hasta 0.90 m. con minerales de chalcopirita, pirita y cuarzo. El oro se halla en estos minerales alcanzando los 15 gr/TM. En afloramiento ha sido reconocido en una longitud de 520 m. y más adelante debe juntarse con la Veta Elsa y también se encuentra emplazado sobre la granodiorita y tonalita de la Supe unidad Incahuasi. Esta veta actualmente se halla en explotación.

Veta San Andrés.

La veta Norte tiene una dirección N70°E y 71° NW de buzamiento y se halla en el área de Ishihuinca.

La veta tiene una potencia que varía entre 0.15 a 0.80 m. y la mineralización está conformado por calcopirita, pirita y cuarzo que son auríferas por el contenido de oro está entre 9 a 14 gr./TM. Esta veta viene siendo explotada encontrándose las labores en el nivel 1890 cuyo mineral explotado es izado por el pique principal de Ishihuinca.

2.4.5 RESERVAS MINERALES.

2.4.5.1.- CRITERIOS DE CUBICACIÓN.

a).- Ley de corte (cut-off):

Mineral económico = total gastos (Minado + Des. + Planta + Adm. + Finan.).

Costo total = 165 \$/TM

Recuperación metalúrgica = 80 %

Cotización del oro, promedio año 2013 = 1,300 \$/Oz

$$\text{Ley de corte} = \frac{\text{Costos}}{P \times R \times F \times \text{Pu}}$$

Donde:

Costo = Costo geológico + costo operacional + coto empresarial + otros

P = Producción

R = recuperación metalúrgica

F = factor de liquidez del mineral % (deducciones, maquilas, penalidades, seguros, fletes y otros) = 80%.

Pu = Precio unitario de venta de mineral

$$\text{Ley de corte} = \frac{165}{1 \times 0.80 \times 0.80 \times 1,300} = 0.16 \text{ oz}$$

$$= 4.92 \text{ gr de Au}$$

b).-Factor de dilución.

Se ha considerado prudente considerar el 5% como factor de dilución.

c).-Peso específico.

Para mineral de sulfuros 2.8 TM/m³ y para mineral de óxidos 2.6 TM/m³.

d).- Dimensionamiento de los blocks.

Longitud : 40 m.

Altura : 40 m.

Profundidad : 1/5 Long. expuesta

2.4.5.2.- CLASIFICACIÓN DE RESERVAS.

Por el grado de certeza, el mineral ha sido clasificado como probado y probable, según la confianza y seguridad de su explotación.

Por su accesibilidad, se ha considerado Accesible las zonas actuales de trabajo y Eventualmente Accesible, las zonas que requieren trabajos previos para su explotación.

2.4.5.3.- CALCULO DE LEYES Y TONELAJE.

La ley media de un bloque de mineral, se ha calculado a partir de las leyes medias de las labores expuestas que lo limitan. Los niveles inferior y superior, son generalmente limitados por galerías y hacia los costados por chimeneas.

Para calcular la ley media de una cara de un bloque limitado por una galería, se utilizó la formula siguiente:

$$\text{Ley Media (L)} = \frac{\text{Suma (Ley X Potencia)}}{\text{Suma de Potencias}}$$

El cálculo de la ley media de un bloque que tiene varias caras muestreadas, se realizó con la formula siguiente:

$$\text{Ley Media} = \frac{\text{Suma (Longitud X Ancho X Ley)}}{\text{Suma (Longitud X Ancho)}}$$

Los volúmenes fueron determinados, multiplicando las áreas de los bloques por los anchos de minado; las áreas se calcularon según las formas de los bloques y en plano de vetas, mientras que los anchos de veta y de minado se midieron perpendicularmente a este plano.

El tonelaje es considerado en toneladas métricas secas y se obtiene de multiplicar el volumen por el peso específico.

La ley media general de los bloques de mineral, se determina multiplicando la ley de cada bloque por su tonelaje y dividiendo; luego se suman estos productos y esta cantidad se divide entre la suma de los tonelajes.

2.4.5.4.- INVENTARIO DE RESERVAS.

De acuerdo a la cubicación de reservas realizado por el Departamento de Geología de IMINSUR S.A. al 31 de diciembre de 2013, existen en la veta Honda un total de 49,711 TMS de reservas probado-probables, económicamente explotables con un promedio de 12.92 gr. de Au/TM. conforme se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 2.4.5.4 A
RESERVAS DE MINERALES VETA HONDA
31 DE DICIEMBRE DEL 2013
CATEGORIA: PROBADO

BLOCK	POTENCIA m.	TONELAJE TMS	LEY Gr. Au/TM
1-C	0.62	2,450	15.55
2-C	0.82	3,148	12.30
3-C	0.55	1,520	16.82
4-C	0.73	1,735	10.25
5-C	0.94	1,690	11.70
6-C	0.86	1,889	13.40
7-C	0.65	2,721	15.28
8-C	0.57	2,356	12.84
9-C	0.97	2,134	10.22
10-C	0.83	1,587	9.87
11-C	0.74	1,844	12.70
12-C	0.85	2,472	12.45
13-C	0.69	2,826	14.81
14-C	0.95	3,156	13.16
TOTAL		31,528	
PROMEDIO	0.77		13.07

CUADRO N° 2.4.5.4B
RESERVAS MINERALES VETA HONDA
31 DE DICIEMBRE DEL 2013
CATEGORIA: PROBABLE

BLOCK	POTENCIA m.	TONELAJE TMS	LEY Gr. Au/TM
1-P	0.60	1,750	15.10
2-P	0.79	2,266	11.70
3-P	0.52	1,120	16.35
4-P	0.71	1,214	9.91
5-P	0.90	1,183	11.30
7-P	0.84	1,341	14.58
8-P	0.61	1,904	12.25
10-P	0.55	1,720	9.42
11-P	0.92	1,536	13.10
12-P	0.80	1,110	13.26
13-P	0.70	1,309	14.05

14-P	0.81	1,730	12.24
TOTAL		18,183	
PROMEDIO	0.73		12.66

CUADRO Nº 2.4.5.4C
RESUMEN RESERVAS MINERAL VETA HONDA
31 DE DICIEMBRE DEL 2013

CATEGORIA	POTENCIA Mts.	TONELAJE TMS	LEY GR. AU/TM
Probado	0.77	31,528	13.07
Probable	0.73	18,183	12.66
TOTAL		49,711	
PROMEDIO			12.92

CAPITULO III
PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL CRUCERO CX-532 NW
EN EL NIVEL 1890

3.1.- JUSTIFICACION.

Las operaciones en las de Ishihuinca y Córdova se han profundizado y en área de Córdova se tiene varias estructuras mineralizadas que actualmente se hallan en explotación como son: Veta Elena Norte, Prolongación Córdova, Veta Honda y Veta Rajo Honda, cuya producción encima del nivel 2020 es izado mediante pique, como el área de Córdova de acuerdo a los sondajes diamantinos realizados el mineral profundiza hasta el nivel 1700, pero se tiene proyectado explotar mineral entre los niveles, 1960, 1890, es necesario construir un crucero en el nivel 1890 entre la Veta Honda y la veta San Andrés del área de Ishihuinca, a fin de transportar con locomotora y carros en mineral hasta el pique principal, además este crucero en el futuro debe prolongarse hasta el área Hundida.

3.2.- UBICACIÓN.

El crucero CX-532 NW, se ubicará en el Nivel 1890, entre las vetas San Andrés (Area Ishihuinca) y Veta Honda (Area Córdova), distante 750 m. (ver plano N° 5).

3.3.- EVALUACION GEOMECANICA DE LA ZONA DEL CRUCERO CX-532 NW.

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MASA ROCOSA.

3.3.1.1.- ASPECTOS LITOLÓGICOS:

La roca circundante al área del crucero está compuesta por granodiorita de grano medio compuesto principalmente por cuarzo, plagioclasa, piroxeno, biotita, ortosa, presentando la roca un de color rosado. Esta roca presenta algunas fracturas, sin embargo es compacta.

3.3.1.2.- ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS Y MECANICAS DEL MACIZO ROCOSO EN EL AREA DEL CRUCERO CX-532 NW.

A.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

La roca existente en el área del crucero, a fin de conocer las propiedades físicas se sometieron a ensayos de laboratorio de mecánica de rocas, cuyo resultado es:

RESULTADOS ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS			
MUESTRA	DENSIDAD gr/cm³	ABSORCIÓN %	POROSIDAD %
Granodiorita	2.63	1.15	1.36

B.- CARACTERÍSTICAS MECANICAS.

B1.- Resistencia a la compresión simple.

La resistencia a la compresión simple de la roca ha sido hallada en laboratorio de mecánica de rocas de la PUCP, cuyos resultados son los mostrados a continuación:

UBICACIÓN Muestra	Resistencia Compresión Uniaxial σ_c (Kg/cm ²)	Resistencia Tracción σ_t (Kg/cm ²)
Granodiorita	2,150	193.50

B2.- CONSTANTES ELASTICAS.

COEFICIENTE DE POISSON (μ)

Es el radio de contracción transversal a expansión longitudinal de un material sometido a esfuerzos de tensión, o sea, es una medida de su fragilidad. Cuanto menor el radio de Poisson, mayor la propensión a rotura.

MÓDULO DE YOUNG O DE ELASTICIDAD (E)

Es una medida de la resistencia elástica o de la habilidad de una roca para resistir la deformación. Cuanto mayor el módulo de Young mayor dificultad para romperse.

ROCA	MODULO DE YOUNG (E) Kg/cm ² x 10 ⁵	COEFICIENTE DE POISSON U
Granodiorita	7.5	0.25

B3.- ÁNGULO FRICCIÓN INTERNA DE LA ROCA.-

Para determinar cohesión y el ángulo de fricción interna se sometió a la roca a ensayo de corte directo por ser el método que representa a discontinuidades que existen en la naturaleza, en este caso es el macizo rocoso donde se construirá el crucero C- 532 NW:

ROCA	COHESION Kg/cm ²	ANGULO DE FRICCIÓN Grados
Granodiorita	2.30	31

3.4.-SISTEMAS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICO.

3.4.1.- RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION).

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD la calidad de la roca desde el punto de vista en la ingeniería:

Cuadro N° 4.3.1 DESIGNACION DE LA CALIDAD DE ROCA (RQD)

RQD	CALIDAD DE ROCA
< 25%	Muy mala
25 - 50%	Malá
50 - 75%	Regular
75 - 90%	Buena

90 - 100%	Muy buena
-----------	-----------

La RQD, se define como el porcentaje de núcleos que se recuperan en piezas enteras de 100 mm o más, del largo total del barreno.

En nuestro caso por no disponerse de sondaje diamantino, el RQD se calculó a partir del número de juntas por unidad de volumen, al cual se le adiciona el número de juntas por metro para cada familia de juntas. La fórmula utilizada es $RQD = 115 - 3.3 J_v$, donde:

J_v = número de juntas por m^3

En el área del crucero Cx-532 NW, se ha encontrado 11 juntas/ m^3 .

$$RQD = 115 - 3.3 (12)$$

$RQD = 75.4 \%$, que de acuerdo a la tabla es una roca buena.

3.4.2.- CLASIFICACION DE BIENIAWSKI (RMR).

Esta clasificación se basa en el índice RMR (Rock Mass Rating) desarrollado en Sudáfrica por Bieniawski (1973) que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia compresiva de la roca.
- Índice de calidad de la roca.
- Espaciamiento de juntas.
- Condición de juntas.
- Presencia de agua.
- Corrección por orientación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma en cada caso nos da el índice de calidad RMR que varía de 0 a 100.

Los objetivos de esta clasificación son:

- Determinar y/o estimar la calidad del macizo rocoso.
- Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.
- Se clasifican las rocas en cinco categorías en cada categoría se estiman los valores y luego se definen los factores que intervienen en la clasificación. En la tabla Geomecánica se detallan los tipos de roca, características y resistencia de la roca.

CUADRO N° 3.4.2 A
VALORES FINALES DE LA CLASIFICACION (B IENIAWSKI)

RMR SUMA DE LOS PUNTAJES DE LAS TABLAS	CALIFICACION DEL MACIZO ROCOSO	CLASE
81 – 100	Muy bueno	I
61 – 80	Bueno	II
41 -60	Regular	III
21 – 40	Malo	IV
0 -20	Muy malo	V

CUADRO N° 3.4.2B : VALORACION DEL MACIZO, SEGÚN EL RMR:

PARAMETRO	DESCRIPCION	EL VALOR	LA VALUACION
1	RQD (75.4%)	15	
2	Resistencia a la compresión simple (Gc =2,150 Kg/cm ²)	12	
3	Espaciamiento de discontinuidades 400 mm.	10	
4	Condición de las discontinuidades: rugosa, apertura < 1 mm.	20	
5	Condiciones de agua subterránea (seco)	15	
6	Corrección por orientación de discontinuidades: favorable	-2	
	TOTAL:		70

El valor 70 conforme a la clasificación de Bieniawski, según la tabla 3.4.2 A corresponde a una roca de clase II, Bueno.

3.4.3.- SISTEMA Q (NGI)

Este sistema ha sido propuesto por el Instituto Geotécnico de Noruega indica la calidad de la masa rocosa, basado en la observación de cientos de casos típicos de estabilidad de excavaciones subterráneas.

Para obtener el valor numérico de este índice "Q" se plantea la siguiente ecuación:

$$\text{Donde: } Q = \frac{RQD}{J_n} + \frac{J_r}{J_a} + \frac{J_w}{SRF}$$

RQD: Representa una medida del fracturamiento de la roca propuesta por Deere.

J_n : Representa el índice numérico del sistema de fisuras.

J_r : Representa el índice numérico del grado de rugosidad de las fisuras.

J_a : Representa el índice numérico de alteración de las fisuras.

J_w : Representa la reducción del agua en las fisuras.

SRF: Representa el índice del factor de reducción por esfuerzos.

De la combinación de estos parámetros se considera que índice Q que representa la calidad del macizo rocoso, es función de tres condiciones.

- Tamaño de los bloques (RQD/Jn)
- Resistencia al esfuerzo cortante entre bloques (Jr/Ja)
- Esfuerzos actuantes (Jw/SRF)

La clasificación de las rocas de acuerdo al sistema de clasificación NGI, índice de calidad del túnel Q es:

Cuadro N° 3.4.3.

Clasificación de la roca según NGI

Q	CLASIFICACIÓN
0.001 - 0.01	Excepcionalmente mala
0.01 - 0.1	Extremadamente mala
0.1 - 1.0	Muy mala
1.0 - 4.0	Mala
4.0 - 10	Regular
10 - 40	Buena
40 - 100	Muy buena
100 - 400	Extremadamente buena
400 - 1,000	Excepcionalmente buena

Para la cuantificación del "Q", existe una tabla del índice NGI

EJEMPLO:

De acuerdo al mapeo realizado en un tramo de 10 m. en el área del crucero se encontró las siguientes características:

- 12 discontinuidades/m³ => Jv = 12
- 03 familias de fisuras => Jn = 9
- Las paredes de las fisuras son onduladas y rugosas => Jr = 3
- Las fracturas son ligeramente alteradas => Ja = 2
- No se tiene presencia de agua en el área del crucero l => Jw = 1.0
- Se nota puntos esfuerzos pequeños en la roca por lo que se le asigna a SRF = 2.5

$$\text{El RQD} = 115 - 3.3 \times 12 = 75.4$$

Reemplazando en la fórmula:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} + \frac{J_r}{J_a} + \frac{J_w}{SRF}$$

$$Q = \frac{75.4}{9} + \frac{3}{2} + \frac{1}{2.5} = 10.28$$

De acuerdo a la tabla anterior el valor de Q = 10.28 corresponde a una roca buena.

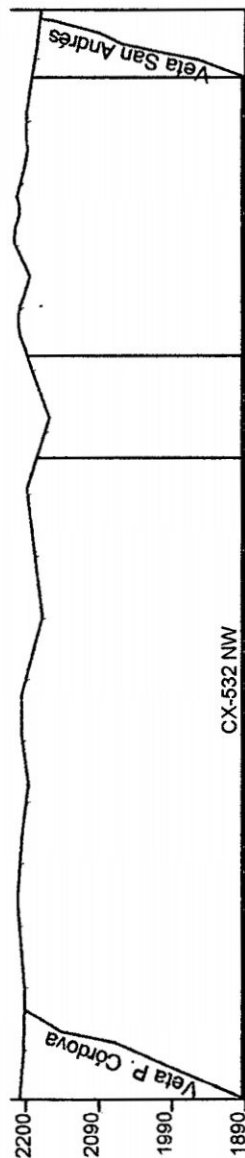
La evaluación geomecánica en el tramo donde se construirá el crucero CX-532 NW, se detalla en el plano N° 6.

3.4.4.- DETERMINACION DE LA MAXIMA ABERTURA Y EL TIEMPO DE AUTO SOSTENIMIENTO.

a.- Determinación del máximo tamaño de la excavación sin sostenimiento:

LEYENDA

□ Granodiorita



DISTANCIA (Metros)	440	70	240
RMR	70	60	67
CLASIFICACION GEOMECANICA	10.28	6	11
CLASE	II	III	II
DISTANCIA ACUM. (mts.)	440	510	750
SECCION	2.10 X 2.10	2.10 X 2.10	2.10 X 2.10
GRADIENTE	5x1000	5x1000	5x1000

U.N.S.C.H
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE ING. DE MINAS

SECCION GEOMECANICO
CRUCERO CX-532 NW

DISEÑO: C. Martínez M.	ESCALA: 1/5000	PLANO N° 04
	FECHA: Junio 2014	

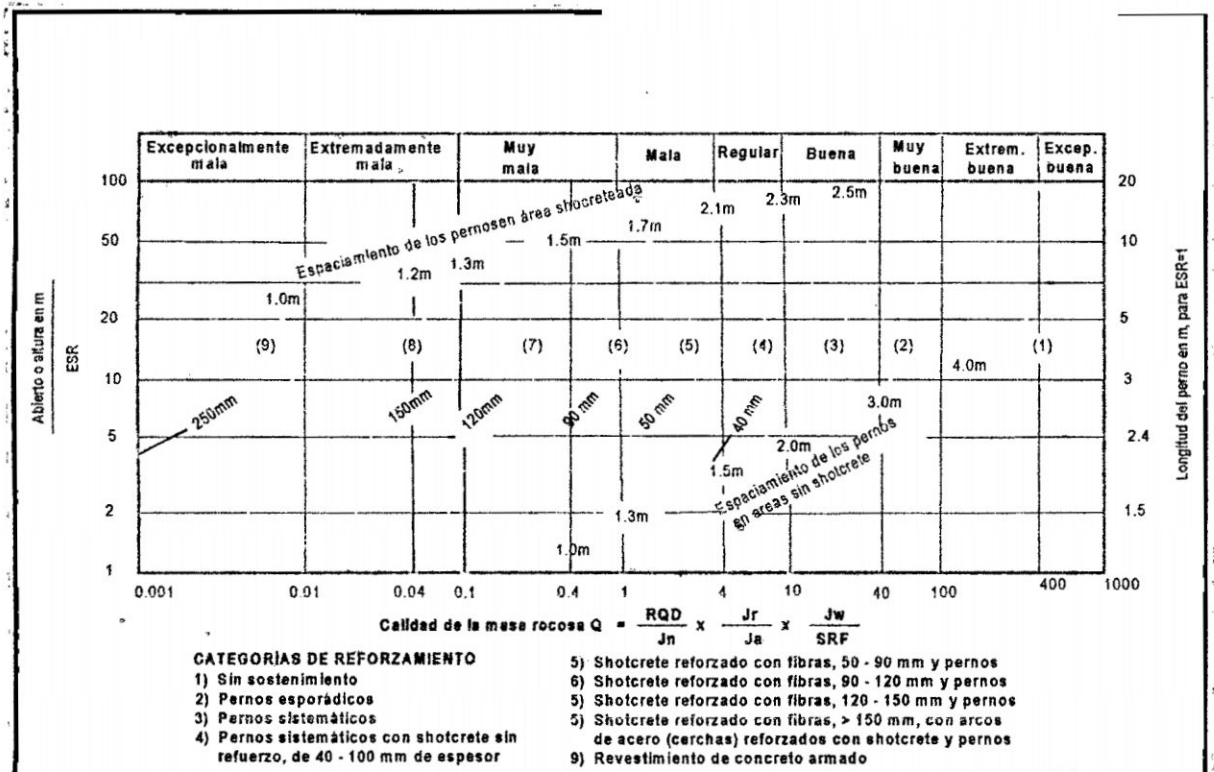
$$\text{Span} = 2 \times \text{ERS} \times Q^0$$

Reemplazando en la fórmula:

$$= 2 \times 4 \times 10:28^0$$

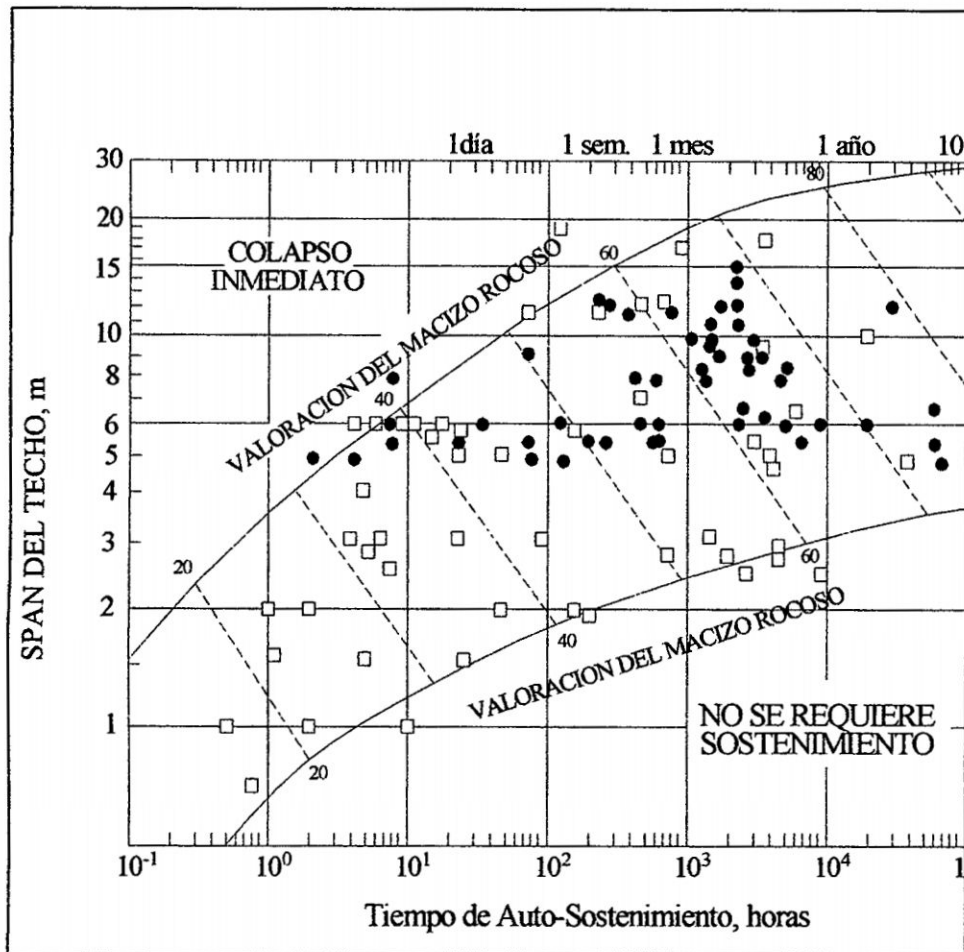
$$= 120:32 \text{ m}$$

b.- Tiempo de autosostenimiento:



De acuerdo a la aplicación del Sistema de clasificación del macizo rocoso RMR IV conforme al mapeo geomecánico realizado en el área del crucero, se tiene sostenimiento con pernos ocasionales en la roca tipo II y pernos sistemáticos en la roca tipo III (regular) lo cual es posible encontrar en la parte central del crucero.

Ábaco para estimar el tiempo de sostenimiento:



VALOR DE Q	ESR	MAX. ABERT. Metros	RMR	TIEMPO DE AUTOSOPORTE	
				HORAS	DIAS
10.28	4	20	70	1,585	66
6	4	16	60	251	10

RESUMEN DE LA CLASIFICACION GEOMECANICA CX-532 NW:

TRAMO	UBICACIÓN	ROCA	RQD	RMR	Q	TIPO ROCA	OBSERVA.
Km.0+000-0+440	Entrada	Granodiorita	70	70	10.28	II	Roca buena
Km.0+440-0+510	Central	Granodiorita	58	60	6	III	Roca regular
Km. 0+510-0+750	Salida	Granodiorita	65	67	10	II	Roca buena

LONGITUDES DE EXCAVACION POR TIPO DE ROCA Y SOSTENIMIENTO

TRAMO	LONGITUD Metros	TIPO DE ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Km. 0+ 000 a 0+440	440	II	Pernos mecánicos puntuales
Km. 0+ 440 a 0+510	70	III	Pernos mecánicos sistemáticos
Km. 0+510 a 0+750	240	II	Pernos mecánicos puntuales

3.4.5.- ESFUERZOS ALREDEDOR DEL CRUCERO CX-532 NW.

El esfuerzo máximo vertical a producirse en el techo del crucero está dado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

Donde: γ = densidad de la roca, Kg/m³

h = altura de la sobrecarga, metros

Para nuestro caso $\gamma = 2.63 \text{ Kg/m}^3$.

Superficie Cota 2200 - Niv 1890 = 310 m.

$$\sigma_v = 2,630 \text{ Kg/m}^3 \times 310 \text{ m.}$$

$$\sigma_v = 81.53 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo horizontal es 1/3 del esfuerzo vertical, por lo que $\sigma_h = 27.18 \text{ Kg/cm}^2$.

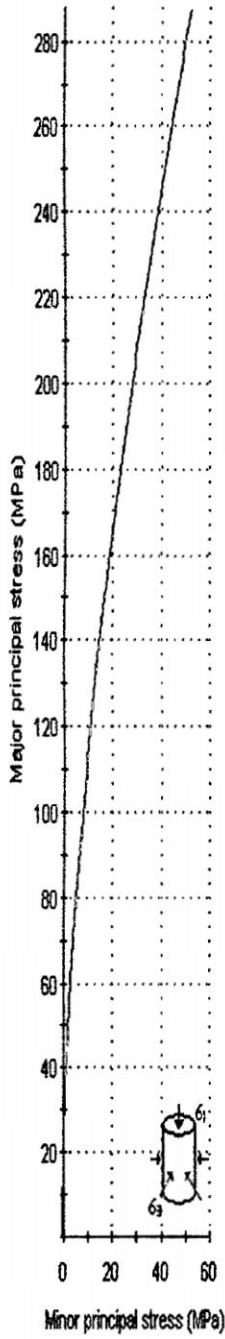
Por otro lado considerando los aspectos geomecánicos en el área del crucero se ha evaluado al macizo rocoso mediante el programa Roclab, cuyo resultado se muestra en las páginas siguientes.

Los datos suministrados al programa fueron:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5 \Rightarrow \text{RMR} = 68 \text{ promedio roca II} \Rightarrow \text{GSI} = 68 - 5 = 63$$

$$\sigma_c = 210 \text{ MPa} \quad m_i = 29 \text{ (granodiorita)} \quad D = 0.5$$

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 210 MPa

GSI = 63 $m_i = 29$ Disturbance factor = 0.5

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 4.980$ $s = 0.0072$ $a = 0.502$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 14.816 MPa friction angle = 39.86 deg

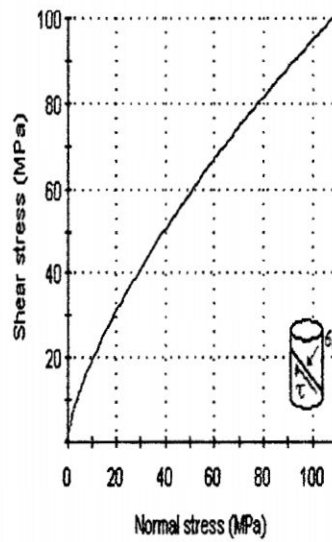
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.304 MPa

uniaxial compressive strength = 17.622 MPa

global strength = 63.341 MPa

modulus of deformation = 15851.17 MPa



El macizo rocoso según el criterio de rotura de Hoek y Brown da una cohesión de 14.82 MPa, un ángulo de fricción de $\phi = 39.86^\circ$ y una resistencia global de 63.34 MPa (646.07 Kg/cm²), valores que le dan una buena resistencia al macizo rocoso y por lo tanto un grado de estabilidad alta, lo cual significa que no se tenga problemas de sostenimiento a más del uso de pernos de anclaje puntuales, especialmente en la bóveda del crucero.

CAPITULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL TUNEL.

4.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL CRUCERO CX-532 NW.

A.- Sección:

El ancho de abertura del diseño del crucero es de 2.10 m. los hastiales tienen una altura de 1.05 m y la bóveda 1.05 m. de radio.

En resumen:

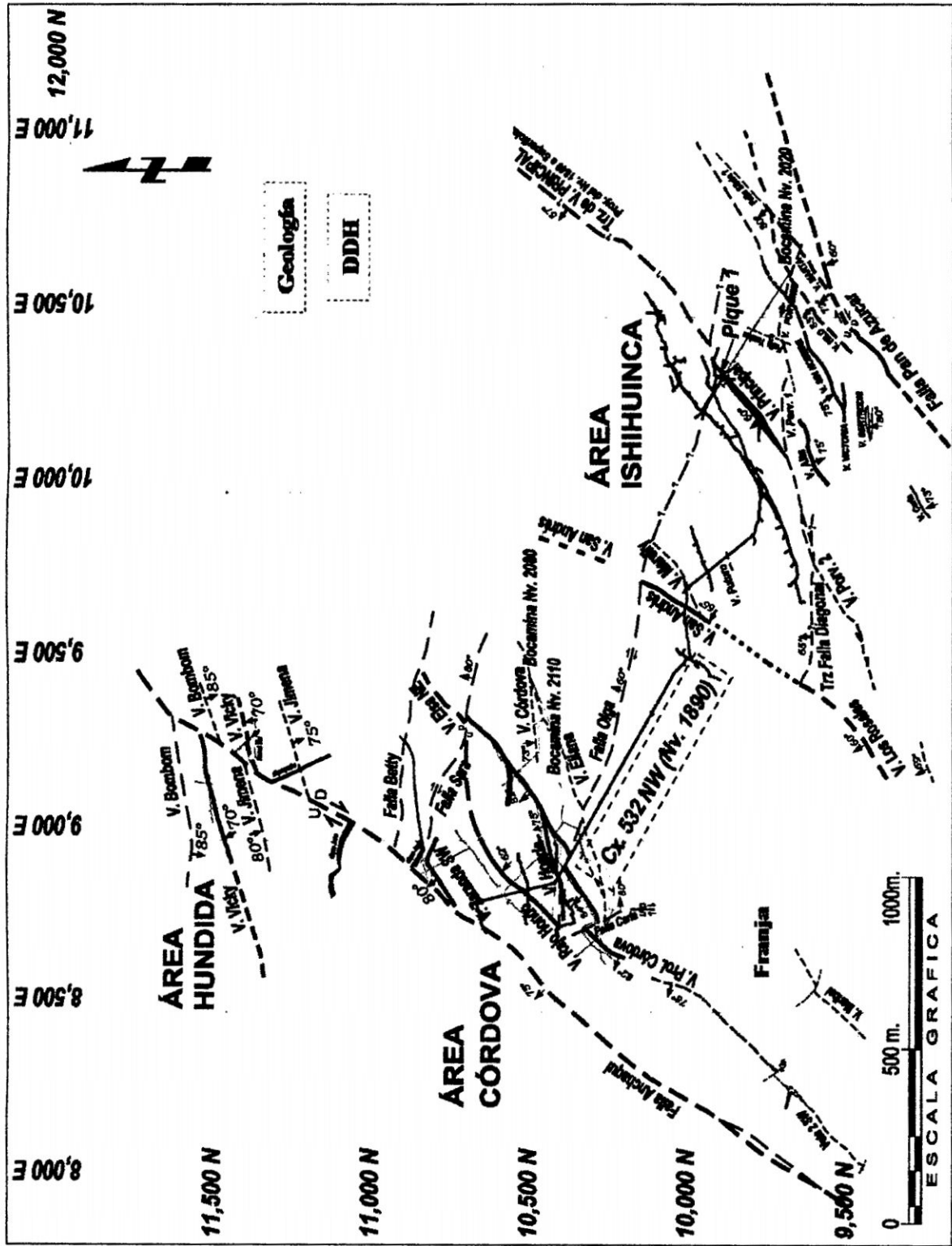
SECCION: ROCA TIPO I y II	DIMENSIONES
Ancho de base	2.10 m.
Altura de hastial	1.05 m.
Radio de Bóveda	1.05 m.

La gradiente del crucero es igual a 5 x 1,000 en razón de que por esta labor transitará locomotora y carros mineros.

B.- Longitud del crucero:

La longitud del crucero CX- 532 NW es de 750 m. y unirá las vetas Veta San Andrés y la Veta Elsa y Veta Prolongación Córdoba (Ver plano N°4).

PLANO GENERAL DE LAS ÁREAS ISHIHUINCA-CÓRDOVA



SECCIÓN LONGITUDINAL CX. 532 NW NIVEL 1890

N

AREA DE HUNDIDA
Ti-cv

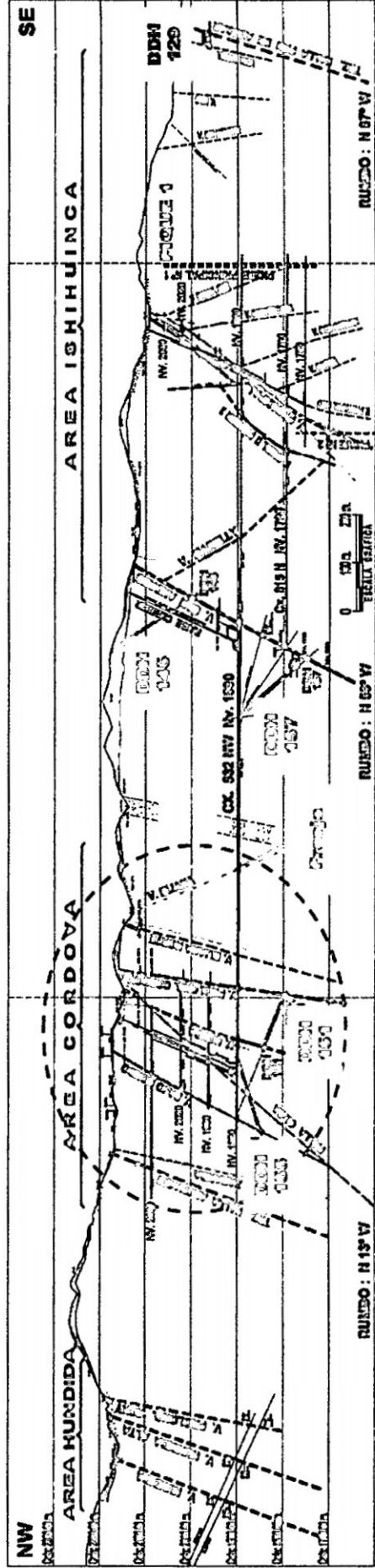
Kg-gd/tcdi

Q-al

AREA DE CORDOVA
Ti-hu

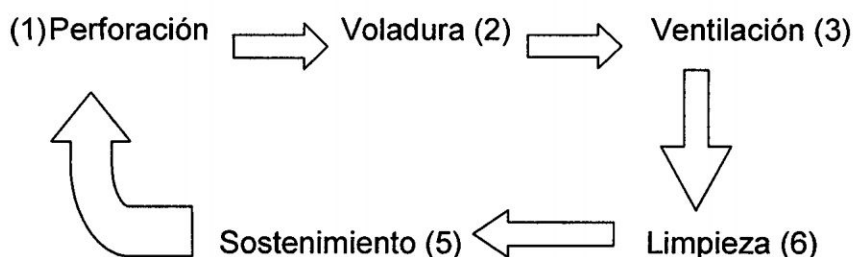
S

AREA DE ISHIHUINCA



4.2.- EXCAVACION DEL CRUCERO.

De acuerdo a la sección de diseño y los tipos de roca, el crucero será excavado a sección completa y comprenderá las siguientes etapas:



4.2.1.- PEFORACION – VOLADURA.-

De acuerdo a la sección de diseño y los tipos de rocas, el túnel será excavado a sección completa, con barrenos de 6 pies de longitud y diámetro de 39 mm. Utilizándose perforadoras neumáticas del tipo Jack – Leg

a.- DISEÑO MALLA DE PERFORACION DEL CRUCERO.

En lo que se refiere al diseño de la malla de perforación a utilizarse para el crucero, esta es de acuerdo al tipo de roca que se halle en la zona a excavar.

Para el caso de la roca tipo I, se tiene el siguiente cálculo:

1.- TIPO DE ROCA.

- Roca, granodiorita.
- Dureza: Dura.
- Frecuencia sísmica: 3,900 m/seg.

- Roca no homogénea.
- Humedad: roca seca.
- Fracturas, presenta en longitudinal y transversal al eje.
- Resistencia, a la compresión simple 2,150 Kg/cm². (promedio)

2.- EXPLOSIVO:

- Tipo de explosivo = dinamita semexa 65%
- Dimensiones cartucho = 7/8" x 7"
- Potencia relativa (trauss) = 72%
- Poder rompedor (brisance) = 19 mm.
- Velocidad de denotación = 4,000 m/seg.
- Resistencia al agua = excelente.
- Categoría de humos = 1ra.
- Volumen normal de gases = 880 Lt/kilo.
- Presión de detonación = 148 kilobar.
- Peso = 0.08 Kg/cart.
- Densidad : 1.09
- Energía calorífica : 1,400 cal/gr.
- Longitud : 178 mm.
- Diámetro : 22 mm.

b.- DISEÑO DE BURDEN.

Para el diseño del Burden se eligió el método postulado por EXSA, por ser compatible a la condiciones de excavación, para lo cual se considera un Burden practico.

$$B = 1.5\emptyset$$

Desembocadura.....(a)

Si la desviación del taladro es entre 0.5% a 1.0%

$$B = 1.7\emptyset$$

Desembocadura..... (b)

Donde:

B = Burden

\emptyset = Diámetro del taladro vacío (41 mm.)

F = Factor de ajuste en la desviación angular máxima.

$$F = a.H$$

$$B = F.\emptyset$$

Donde:

a = Desviación angular en mm. /m.

B = Desviaciones el collar o empaque en mm.

En la práctica es muy difícil calcular "F" con exactitud, llegando solo estimar valores probables para a, B.

Por tanto, de (b), se tiene

$$B = 1.7 \times 39 \text{ mm.}$$

$$B = 66.3 \text{ mm.}$$

c.- DISEÑO DEL NÚMERO DE TALADROS.

Depende:

- Del tipo de roca a volar.
- Del grado de confinamiento del frontón.
- Del grado de fragmentación que se desea obtener.
- De la sección del Túnel.

Luego:

El número de taladros varía según la calidad de roca, sistema de disparo o clase de explosivos a utilizar, etc.

$$N = \frac{P}{E} + KS$$

..... (d)

N = Numero de barrenos en una voladura (Pega)

P = El perímetro de la sección (mts.)

$$P = \sqrt{S \times 4}$$

E: Distancia entre los taladros periféricos de la sección en m²

0.5: para roca dura

0.6: para roca semidura

0.7: para roca blanda

K: coeficiente de roca

2: para roca dura

1.5: para roca semidura

1: para roca blanda

La dimensión de la sección, se estimará por el método SIMSA:

$$S = \frac{2}{3}AB + \frac{B}{18A} \left(\frac{B^2}{3} + 4A^2 \right)$$

donde:

S = Área de la sección del Túnel (m²)

A = Ancho del Túnel (m) = 2.10 m

B = Altura del Túnel (m) = 2.10 m

Reemplazando datos, se tiene:

$$S = \frac{2}{3} \times 2.10 \times 2.10 + \frac{2.10}{18 \times 2.10} \left(\frac{2.10^2}{3} + 4 \times 2.10^2 \right)$$

$$S = 4.00 \text{ m}^2$$

La dimensión del perímetro de la sección es:

$$P = \sqrt{4} \times 4$$

$$P = 8 \text{ m.}$$

Número de taladros:

$$E = 0.50 \text{ (roca dura)}$$

$$K = 2.0 \text{ (roca dura)}$$

$$S = 4.00 \text{ m}^2$$

$$P = 8.00 \text{ m}$$

Reemplazando, se tiene:

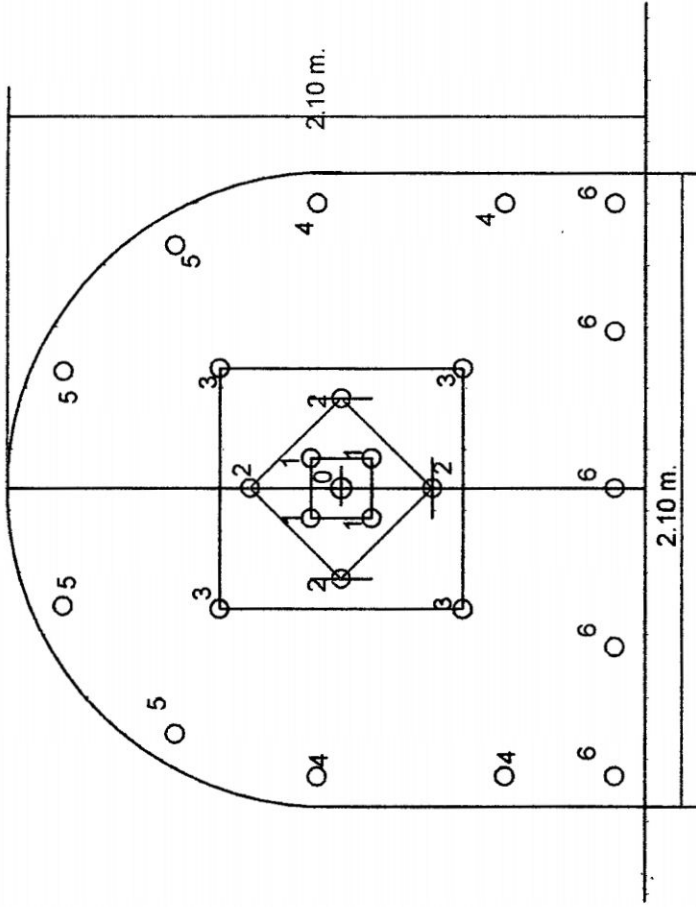
$$N = \frac{8.00}{0.50} + 2 \times 4$$

$$N = 24 \text{ taladros}$$

Para un corte quemado se considera un taladro de alivio (ver lámina N° 3)

d.- DISEÑO DE CARGA EXPLOSIVA.

MALLA DE PERFORACION PARA ROCA I



TALADRO	CANTIDAD
0 Alivio	1
1 Corte	4
2 Primera ayuda	4
3 Segunda ayuda	4
4 Cuadradores	4
5 Alizas	4
6 Arrastres	4
Total	25

Calculando el esfuerzo tensional del frente de voladura, para una sección igual a 4.00 m^2 , a partir de las propiedades mecánicas de las rocas, donde la resistencia a la compresión simple es de $2,150 \text{ Kg/cm}^2$, conforme al resultado obtenido de prueba uniaxial y la resistencia a la tracción es 193.50 Kg/cm^2 .

$$\sigma_c = 21\sigma_t + 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{\sigma_c - 280}{21}$$

$$21$$

$$\sigma_t = \frac{2,150 - 280}{21} = 89.05 \text{ Kg/cm}^2$$

E_t = Esfuerzo necesario para el frente de voladura. Expresando el esfuerzo testimonial en energía necesaria para arrancar el frente de excavación tenemos:

$$W = F \times E \qquad F = \sigma_t \times A$$

$$W = \sigma_t \times A \times E$$

$$W = \sigma_t \times V$$

Donde:

W = Trabajo expresado en calorías.

σ_t = Esfuerzo Tensional.

V = Volumen en cm^3

En el crucero CX-542 NW, se tiene:

S = 4.00 m^2

L = 1.80 m , profundidad del taladro

$$\sigma_t = 89.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V = 4.00 \times 1.80 = 7.20 \text{ m}^3$$

$$V = 7'200,000 \text{ cm}^3.$$

Reemplazando en (h)

$$W = 89.050 \text{ Kg/cm}^2 \times 7'200,000 \text{ cm}^3$$

$$W = 641'160,000 \text{ Kg/cm}$$

$$W = 6'411,600 \text{ Kg- m} \times 2.345 \text{ cal/ Kg- m}$$

$$W = 15'035,202 \text{ calorías.}$$

El número de cartuchos necesarios para arrancar el frontón de voladura está dado por el tipo de explosivo a usar:

Para el diseño de voladura se considerará un explosivo tipo SEMEXA de 65% x 7/8" x 7" que genera una energía calorífica de 1,400 cal/gr y un cartucho de 80 gr. genera = 80 gr. x 1,400 cal/gr = 112,000 calorías.

Luego:

$$N^{\circ} \text{ de cartuchos} = \frac{15'035,202 \text{ calorías}}{112,000 \text{ calorías}}$$

$$N^{\circ} \text{ de cartucho} = 134.24 \text{ cartuchos}$$

Factor de seguridad = 22%

$N^{\circ} \text{ de cartucho} = 134.24 \times 1.22 = 164 \text{ cartuchos}$ que se traduce en 13.10 Kg, de explosivos.

e.- DISTRIBUCION DE EXPLOSIVOS POR TALADROS.

1). -Para taladros de Corte en función al ángulo de rotura.

Donde:
$$q = \frac{\left[0.55 \times \left(A - \frac{D}{2} \right) \right]}{\sqrt{(\text{sen} \alpha)^3}} \dots\dots\dots (i)$$

q = Concentración de carga en Kg/m

A = Distancia entre centro de taladros, no necesario el Burden

α = $\frac{1}{2}$ de ángulo de contricción o rotura.

2α = Angulo de rotura.

D = Diámetro del taladro vacío.

H = Profundidad del taladro.

Por lo tanto:

$$D = 0.039 \text{ m.}$$

$$B = 0.066 \text{ m.}$$

$$A = 0.0905 \text{ m.}$$

$$\text{Sen} \alpha = 0.0205 / (0.0905)$$

$$\text{Sen} \alpha = 0.22651$$

Luego en (i), se tiene:

$$q = 0.3622 \text{ Kg/m}$$

Además de ello se sabe que la Longitud de perforación efectiva es $H = 1.70 \text{ m}$, esto considerando un barreno de 6 pies de longitud y una eficiencia de perforación al 94 % (este parámetro dependerá bastante de la pericia del perforista y el ayudante perforista).

Entonces la longitud de carga por taladro será:

$$\text{Longitud Cartucho/taladro} = H - \text{Taco}$$

Donde:

$$T = 1 \times B \dots\dots\dots (j)$$

$$T = 1 \times 0.066$$

$$T = 0.066$$

Luego:

$$\text{Longitud Cart./tald.} = 1.70 - 0.066$$

$$\text{Longitud Cart./tald} = 1.63 \text{ m.}$$

Entonces, la carga por taladro de Cuele será:

$$q_c = 0.3622 \text{ Kg/m.} \times 1.63 \text{ m.}$$

$$q_c = 0.5904 \text{ Kg/taladro}$$

Expresando en número de cartuchos para el cuele tenemos:

$$N^\circ \text{ cart./tal. } C = (H - 10\varnothing)/L \dots\dots\dots (K)$$

Donde:

H = 1.70 m. longitud del taladro.

\varnothing = 22 mm. diámetro de cartucho.

L = 178 mm. longitud de cartucho.

Remplazando en (k)

$$C = \frac{(1700 - 10 \times 22)}{178} = 8.31$$

N° Cart./taladro en corte = 8.31 => 8 cartuchos.

2).- Para taladros de ayuda:

Considerado el 90% del número de cartuchos calculados para el cuele tenemos:

$$N^\circ \text{ cart./taladro ayuda} = 0.9 \times 8.31 = 7.48 = 7 \text{ cartuchos.}$$

3).- Para taladros cuadradores:

Considerado el 80% del número de cartuchos de corte.

$$N^\circ \text{ cart./taladro. Cuad} = 0.8 \times 8.31 = 6.65 \Rightarrow 7 \text{ cartuchos.}$$

4).- Para taladros Corona o alzas:

Considerado el 70% de numero de cartuchos del Cuele.

Nº cart/taladro. Con.= $0.7 \times 8.31 = 5.82 \Rightarrow 6$ cartuchos.

5).- Para taladros de arrastre:

Considerado el 90% de cartuchos del corte.

Nº cart/taladro Al.= $0.9 \times 8.31 = 7.48 \Rightarrow 7$ cartuchos.

CUADRO DE DISTRIBUCION DE EXPLOSIVOS:

PARA ROCA DURA		Nº Cart/Tal. 65%x7/8"x7"	Nº Taladros	Total Nº de Cartuchos
Nomenclatura	Nº Fase			
Alivio			1	
Corte	1R	8	4	32
Primera Ayuda	2R	7	4	28
Segunda Ayuda	3R	7	4	28
Cuadradores	4R	6	4	24
Alzas	5R	6	4	24
Arrastres	6R	7	4	28
Total			25	164

Factor de carga:

Volumen de roca volada = $4.00 \text{ m}^2 \times 1.70 \text{ m.} = 6.80 \text{ m}^3$

Factor de carga = $\frac{164 \text{ cart.} \times 0.080 \text{ Kg.}}{6.80 \text{ m}^3} = 1.92 \text{ Kg/m}^3$

Otros Accesorios de voladura

- Cordón detonante 3G = 8 m.
- Mecha de seguridad con fulminante = 7 pies
- Dispositivo FANEL = 24 unid.

4.2.2.- VENTILACION.

Para la ventilación del crucero se ha de establecer una corriente continua de aire fresco, sin contenido de gases nocivos. Como quiera que la ventilación por difusión natural no será suficiente, se deberá suministrar, instalar y mantener el equipo de aireación adecuado con todos los suplementos necesarios: ventiladores, tuberías, válvulas, manómetros, instrumentos de medición, etc., que permita evacuar rápidamente los gases tóxicos.

La cantidad mínima de aire depende del número de personas que trabajan en el respectivo turno y del tipo de máquinas y aparatos que funcionan simultáneamente en el interior del túnel, especialmente con motores de combustión.

Después de las voladuras, se observará el tiempo de espera necesario para evacuar los gases nocivos antes de entrar al frente de los trabajos el cual no deberá ser menor de 30 minutos; si los instrumentos apropiados indicaran la existencia de gases nocivos, se paralizarán inmediatamente los trabajos hasta que se hayan reducido al nivel permisible.

Luego de realizado la voladura, los gases y polvo producidos serán limpiados mediante ventiladoras de 25 HP, instalados en serie, los cuales proporcionaran un caudal de aire de 10,000 CFM y que se conducirán a través de mangas de ventilación de 16" de diámetro.

La cantidad mínima de aire será de acuerdo a la cantidad de personal y equipo que trabajará por turno.

$$\text{Personal: } 6 \text{ personas} \times 5 \text{ m}^3/\text{min} \times 1.7 = 51 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\text{Dilución de gases y polvo } 30\% = \underline{15 \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$\text{Total} = 56 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$= 1,977 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Ventiladora comercial = caudal = 10,000 CFM

Potencia = 25 HP

4.2.3.- LIMPIEZA.

Considerando la sección del crucero y el espacio libre para el ducto de ventilación, para la limpieza del material roto se tendrá una pala mecánica marca EIMCO, modelo 12B, que cargará directamente a los carros mineros U35 y que serán remolcados por una locomotora a batería de 2 ton.

4.2.4.- SOSTENIMIENTO.

a.- DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO DEL CRUCERO.

El tramo de roca sobre el cual se construirá el crucero CX-532 NW, es de Tipo I que no requiere sostenimiento; sin embargo puede presentarse durante la construcción zonas con presencia de algunas fracturas y cuñas en la bóveda, los que serán sostenidas por pernos de roca de anclaje puntual. la longitud del perno se calculara con la siguiente formula:

$$L=1.40 + (0.15 \times W).$$

Donde :W = ancho de la labor

$$W = 2.10\text{m}$$

$$L = 2.10 + (0.15 \times 2.10) = 1.75\text{m}$$

$$\text{El espaciamento } E = \frac{L}{1.20} \quad (\text{bieniaowski})$$

$$= \frac{1.75}{1.20} = 1.46 \text{ m} = 1.50 \text{ m.}$$

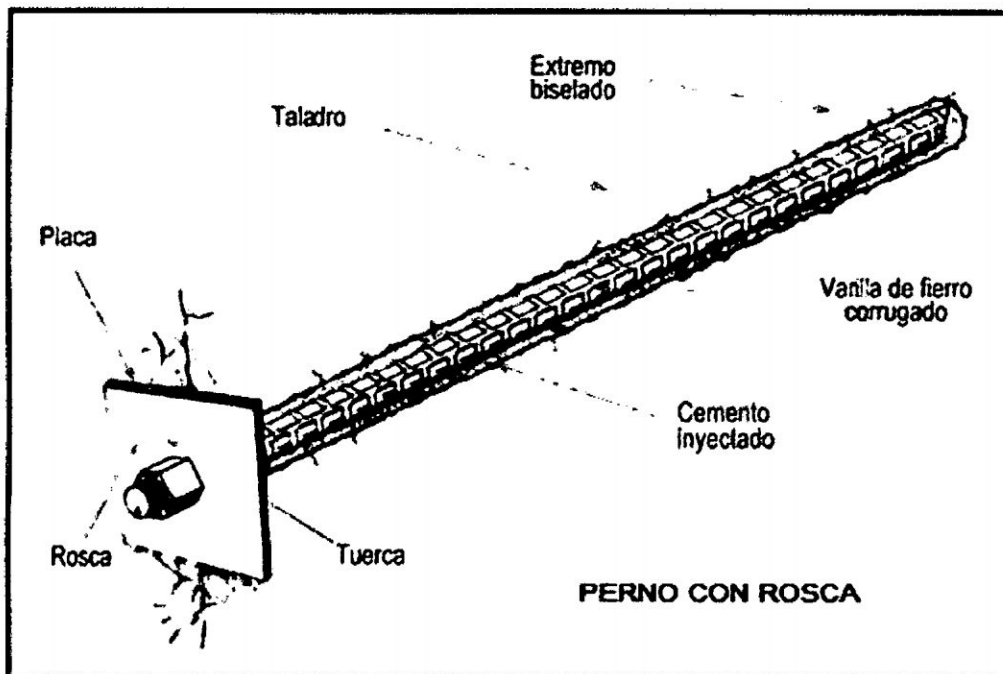
$$E = 1.50 \text{ m.}$$

Para el caso de la roca II el espaciamento se reducirá a 1.2 m hacia la bóveda Y en la roca tipo III reducir a un 1.0m. el espaciamento.

b.- SOSTENIMIENTO CON PERNOS DE ANCLAJE.-

El perno de roca a utilizarse en el sostenimiento de zonas inestables puntuales, se realizará mediante pernos mecánicos de roca de cabeza expansiva, de las características siguientes:

Largo del perno	= variable (1.20 m.-1.80 m.)
Diámetro de la barra	= 16 mm
Calidad del acero	= 70 KP/mm ²
Límite elástico	= 14 ton.
Ultima carga	= 18 ton.
Diámetro recomendado del barreno	= 38 a 40 mm



4.2.5.- CONTROLES.

En la etapa de excavación los controles a realizarse serán los siguientes:

- Control topográfico: comprenderá control de la dirección de excavación en base al eje del túnel y el control de la gradiente.
- Control de la línea de excavación del túnel, debiendo excavarse hasta la línea A y no sobrepasarse de la línea B, para evitar la sobrexcaación.
- Control geológico: mapeo cada metro, para determinar las características geomecánicas y clasificar el tipo de roca para fines de sostenimiento y pago.

4.2.6.- ILUMINACION.

El crucero será dotado de alumbrado eléctrico, que proporcione una visibilidad suficiente al personal durante los trabajos de excavación, la misma que dotado de sistema de protección y control para evitar cortocircuitos y caídas excesivas de tensión.

4.2.7.- DRENAJE.

Dada las características del macizo rocoso por donde atravesará el crucero no se tendrá afluencia de agua.

4.3.- EQUIPO Y MAQUINARIA.

El equipo a emplearse en la excavación del crucero CX-532 NW serán los siguientes:

Perforadora: Tipo: Jack Leg, neumático.

Marca: Atlas Copco,

Cargador: pala mecánica

Marca: Eimco, modelo 12 B

Ventiladores: eléctrico de 25 HP.

Compresora neumática: 240 HP de 700 CFM

Grupo electrógeno de 460 HP, 300 HP

4.4.- MANO DE OBRA.

La mano de obra requerida para la excavación por turno será:

Ocupación	Cantidad
Perforista Oficial	1
Ayudante perforista	1
Operador pala	1
Operario	1
Peón	1
Capatáz	1
Total =	6

4.5.- SEGURIDAD OPERACIONAL.-

En razón de que la construcción por la modalidad de contrata, la empresa contratista asumirá la plena responsabilidad respecto a la máxima seguridad de los trabajos y resistencia de todas las obras relacionadas con el crucero incluyendo las secciones excavadas. El contratista se obliga a emplear personal idóneo, teniendo en cuenta los riesgos inherentes a este tipo de trabajo.

El Contratista tiene la obligación de observar en la forma debida todas las normas técnicas referentes a la construcción del crucero e igualmente todas las medidas preventivas contra accidentes. El Contratista indemnizará a la Entidad Contratante por todos los daños que pudieran derivarse de la inobservancia de estas normas.

El Contratista deberá proveer los medios de protección adecuados para su personal, como son cascos, botas, guantes, impermeables. Será obligación del Contratista tener un control estricto de la entrada y salida del personal al lugar de las obras, a fin de que en todo momento se disponga de documentación escrita sobre el número de personal que se halla en la zona de trabajo.

CAPITULO IV
EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA

5.1.- VALOR DEL MINERAL.

A).-VALORIZACION DE LOS CONCENTRADOS GRAVIMETRICOS (JIGS)

<u>COTIZACIONES</u>	<u>ACTUAL</u>
Oro (US\$/OZ.) :	1,300.00
Cobre (US\$/Lb.) :	3.00

LEYES DE CONCENTRADO

Oro	gr/TM :	420.00
Arsénico	(%) :	0.10
Antimonio	(%) :	0.10
Humedad	(%) :	5.00

PAGOS

Oro	(US\$):	17,612.90
-----	---------	-----------

DEDUCCIONES Y PENALIDADES

Gastos refinación (4.0%)	704.59
--------------------------	--------

Maquila	1,050.00
Merma (0.7%)	1,232.34
Cargos Logísticos	396.26
Total deducciones	3,383.19
Valor neto concentrado (US\$/TM)	14,229.71
Ratio de concentración	142.86
Valor mineral de cabeza (US\$/TM)	99.61

B).-VALORIZACION DE LOS CONCENTRADOS DE COBRE-ORO

COTIZACIONES

Oro (US\$/OZ.) : 1,300

Cobre (US\$/Lb.) 3.00

LEYES DE CONCENTRADO

Oro (Gr / TM) : 200.00

Cobre (%) : 14.60

Arsénico (%) : 0.53

PAGOS

Oro (US\$) : 8,588

Cobre (US\$) : 965.61

TOTAL DE PAGOS: 9,553.6

DEDUCCIONES Y PENALIDADES

Gastos de Refinación (7.0%) 668.75

Maquila 306.00

Arsénico	(libre 0.3%)	28.66
Merma	(1.0%)	95.54
Total deducciones		1,098.95
Valor neto concentrado (US\$/TM)		8,454.66
Ratio de concentración		34.29
Valor mineral cabeza (US \$/TM)		246.56

C).- VALORIZACION DE LOS PRECIPITADOS DE CIANURACION.

COTIZACIONES:

Oro (US\$/OZ): 1,300

CONTENIDO FINO:

Precipitado de Oro (gr) 71,820

DEDUCCIONES

Gastos Refinación (1.5%) 1,077.30

Merma (2.5%) 1,768.57

Total deducciones 2,845.87

Producción Neta de Oro (gr) 68,974.13

Valor Neto Precipitados (US\$) 2'961,749.10

Producción Total (TMS) 15,000

Valor mineral de cabeza (US\$/TM) 54.85

RESUMEN DEL VALOR DEL MINERAL DE CABEZA:

Aporte de Concentrados Jigs	99.61
Aportes de Concentrados cobre-oro	246.56

Aporte de Precipitados de oro	<u>54.85</u>
Valor mineral de cabeza (US\$/TM)	401.02

5.2.- VALOR DE LA PRODUCCION.

Producción mensual = 6,000 TM x 401.02 \$/TM = \$ 2'406,120

5.3.- VIDA DE LA MINA.

Las reservas de mineral cubicadas al 31 de diciembre del 2013 entre probado y probable, correspondientes en la Zona de Córdova ascienden a un total de 49,711TM con 12.92 gr.Au/TM. El ritmo actual de producción en la Zona de Córdova es de 200 TMSD y de 6,000TMS/mes; por lo tanto la vida de la mina resulta:

$$\text{Vida Mina} = \frac{49,711 \text{ TM}}{6,000} = 8.28 = 8 \text{ meses}$$

5.4.- DEPRECIACION.

La Empresa Minera Inversiones del Sur S.A en base a los activos actuales que posee ha fijado una depreciación de 4.0 \$/TM. En consecuencia la depreciación anual resulta:

$$D = 3.70 \text{ $/TM} \times 146,042 \text{ TM} = \$ 540,355$$

5.5.- COSTO DE OPERACIÓN Y PRODUCCION.

Los costos de operación y producción actuales están dados por los rubros siguientes:

	US \$/TM
Exploraciones y desarrollos	7.30
Minado	48.00
Gastos Directos Mina	16.10
Beneficio	22.40
Gastos directos Planta	13.20
Gastos administrativos	10.50
Gastos de ventas	9.80
Gastos financieros	<u>12.7</u>
Total US \$/TM =	140.00

5.6.- INVERSIONES.

El costo de inversiones a realizarse tanto en la construcción del crucero CX-532 NW, resulta en US \$ 551,540 cuyo detalle se ve en el cuadro N° 6.6

5.7.- CRONOGRAMA DE INVERSIONES.

Para la construcción del crucero CX-532 NW se considera un tiempo total de 08 meses,

5.8.- FINANCIAMIENTO.

El capital requerido para el proyecto de construcción del crucero CX-532 NW será financiado por el Banco, con garantía de activos que posee la empresa a un interés del 15% anual y pagadero en cuotas fijas y durante 6 meses cuya amortización se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO 6.6
CUADRO DE AMORTIZACION

Meses	CAPITAL US \$	INTERES US \$	AMORTIZACION US\$	TOTAL US \$
1	551,694.00	6,896.18	91,949.00	98,845.18
2	459,745.00	5,746.81	91,949.00	97,695.81
3	367,796.00	4,597.45	91,949.00	96,546.45
4	275,847.00	3,448.08	91,949.00	95,397.08
5	183,898.00	2,298.73	91,949.00	94,247.73
6	91,949.00	1,149.36	91,949.00	93,098.36
TOTAL		24,136.61	551,694.00	

5.9.- ESTADOS FINANCIEROS.

A fin de poder realizar la evaluación económica del proyecto de construcción del crucero CX-532 NW, se ha elaborado los estados de ganancias y pérdidas como también el flujo de fondos, los cuales se detallan en el cuadro N° 5.9.

5.10.- VALOR ACTUAL (VAN).

Para hallar el valor actual del proyecto, se ha tomado los flujos netos del cuadro N° 6.8 y considerando una tasa de actualización del 30 %, el cálculo del VP es como sigue:

TRIMESTRE	FLUJO NETO	FACTOR ACTUALIZACION	FLUJO ACTUALIZADO
0	(551,694)	1.00000	(551,694)
1	1'149,928	0.98765	1'135,731
2	1'051,082	0.97546	1'025,289
3	1'052,232	0.96342	1'013,739
4	1'053,382	0.95152	1'002,319

**CUADRO N° 5.9
ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS**

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Producción de mineral		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	1.711	49.711
Valor de la producción \$		2.406.120	2.406.120	2.406.120	2.406.120	2.406.120	2.406.120	2.406.120	2.406.120	686.145	12.030.600
Costo de Producción \$		840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	239.540	4.200.000
UTILIDAD BRUTA		1.566.120	1.566.120	1.566.120	1.566.120	1.566.120	1.566.120	1.566.120	1.566.120	446.605	7.830.600
Depreciación de activos		22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	6.331	111.000
Reinversión (10%)		156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	44.661	783.060
Utilidad antes de impuestos:		1.387.308	1.387.308	1.387.308	1.387.308	1.387.308	1.387.308	1.387.308	1.387.308	395.614	6.936.540
Impuestos (30%)		416.192	416.192	416.192	416.192	416.192	416.192	416.192	416.192	118.684	2.080.962
UTILIDAD NETA		971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	276.930	4.855.578

FLUJO DE FONDOS

FUENTES:											
Utilidad neta		971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	971.116	276.930	4.855.578
Depreciación		22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	6.331	111.000
Reinversión		156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	156.612	44.661	783.060
Total fuentes:		1.149.928	1.149.928	1.149.928	1.149.928	1.149.928	1.149.928	1.149.928	1.149.928	327.921	5.749.638
USOS:											
Pago deuda			91.949	91.949	91.949	91.949	91.949	91.949	91.949		551.694
Intereses (15% anual)			6.896	5.747	4597	3.448	2.299	1.149			24.136
Inversión	551.694										
Total usos		0	98.845	97.696	96.546	95.397	94.248	93.098			575.830
FLUJO NETO		1.149.928	1.051.082	1.052.232	1.053.382	1.054.531	1.055.680	1.056.830	1.149.928	327.921	5.865.139

5	1'054,531	0.93977	991,024
6	1'055,680	0.92817	979,856
7	1'056,830	0.91672	968,813
8	1'149,928	0.90539	1'041,143
9	327,921	0.89422	293,234
		VAN	7'899,454

Como el VAN > 1 se ejecuta el proyecto.

5.11.- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) se empleo la fórmula de series, cuyo desarrollo es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 TIR = & \frac{-551,694}{(1+R)^0} + \frac{1'149,928}{(1+R)^1} + \frac{1'051,082}{(1+R)^2} + \frac{1'052,232}{(1+R)^3} + \frac{1'053,382}{(1+R)^4} \\
 & + \frac{5'026,407}{(1+R)^5} + \frac{5'031,579}{(1+R)^6} + \frac{2'116,250}{(1+R)^7} + \frac{1'149,928}{(1+R)^8} + \frac{327,921}{(1+R)^9}
 \end{aligned}$$

Dando valores a R y hasta que la expresión sea igual a cero, se obtiene una tasa interna de retorno de: TIR = 402.31 %, por lo que el proyecto es de alta rentabilidad.

5.12.- PERIODO DE RETORNO.

Mes	Flujo	F. Acumulado
1	1'149,928	1'149,928

$$\text{Flujo diario} = \frac{1'149,928}{30} = 38,331$$

$$\text{Días necesarios} = \frac{551,694}{38,331} = 14.39$$

La inversión se recuperará solamente en medio mes.

5.13.- RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA.

El monto a invertirse en la construcción del crucero CX-532 NW es mucho menor a las utilidades a generarse como producto de la venta de concentrados que la explotación de mineral generará dentro del tiempo que la construcción demorará.

La rentabilidad de la inversión es del 402 % y el tiempo de recuperación del capital es solamente de 14 días, indicadores económicos que justifican la construcción del crucero porque permitirá explotar las reservas de mineral cubicadas encima del nivel 1890 en la zona de Córdova donde existen varias vetas, cuyo mineral serán fácilmente transportadas a través del crucero y luego izadas por el pique principal de Ishihuinca.

CONCLUSIONES

1. En el área de la mina afloran rocas ígneas de la Superunidad Incahuasi, constituido principalmente por granodiorita, tonalita y monzonita y que han favorecido la mineralización aurífera.
2. La mineralización aurífera es de origen hidrotermal, cuyos fluidos han rellenado las fracturas preexistentes en roca formando vetas con potencias de 0.30 m. a 1.50 m. y de longitudes variables.
3. En la Veta Honda se tiene reservas cubicadas al 31 de diciembre del 2013, entre probado - probables que asciende a 49,711 TM con una ley de 12.92 gr.Au/TM.
4. El sistema de minado es convencional, siendo el método de explotación el Corte y Relleno ascendente convencional.
5. En el caso de vetas con potencias menores de 0.50 metros, se realiza el "circado", donde antes del disparo se coloca mantas y tablas para no perder los minerales finos de Oro.
6. La producción actual de la zona de Córdova, es de 200 TMS/día de mineral de cabeza., el cual es tratado en una planta de Beneficio situado a 5 Km. de la mina y cerca de la localidad de Caravelí.
7. En razón de que se mineral encima del nivel 1890 en la Zona de Córdova hay necesidad de extraer a un costo bajo para lo cual se debe construir el

crucero CX-532 NW, mediante el cual se transportará directamente hacia el pique principal de Ishihuinca.

8. El crucero, tendrá una sección de 2.10 x 2.10 m. y una longitud de 750 m. con gradiente de 5 x 1,000 a fin de que circulen locomotoras y carros mineros.
9. De acuerdo a la evaluación geomecánica realizada en el área del crucero se tiene roca tipo II Buena en una longitud de 680 metros y roca tipo III (regular) en una longitud de 70 m.
10. La construcción del crucero CX-532 requiere una inversión de US \$ 551,694, que será financiado por el banco a un interés del 15% anual y pagadero en 6 meses, con garantías que posee la empresa.
11. El proyecto de acuerdo a la evaluación económica-financiera es de alta rentabilidad, debido a que el monto de inversión es poco y las utilidades a generarse por la venta del mineral aurífero es alto.

RECOMENDACIONES

1. La construcción del crucero CX-532 NW debe realizarse de acuerdo al cronograma de actividades propuesto, a fin de cumplir con el programa de construcción.
2. Para la construcción del crucero debe contratarse empresa contratista especializada en este tipo de trabajos a fin de garantizar dicha construcción.
3. Durante los trabajos de excavación del crucero, se debe llevar un control topográfico y geomecánico, este último después de cada disparo.
4. Se debe practicar la malla de perforación y voladura consignada en el acápite 3 a fin de evitar posible daños en la roca adyacente y evitar la sobrexcautación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- DE LA SOTA PEREZ G. Diseño Geomecánico de los sistemas de refuerzo en roca. Lima 1999.
- 2- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO. Cuadrángulo Geológico de Caravelí.
- 3.- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Manual de evaluación Técnico económica de proyectos de inversión. Madrid 1967.
- 4- INMINSUR S.A. Cálculo de Reservas de la Mina Ishihuinca. Reporte interno. .Depto de Geología. Diciembre 2013.
- 5.-HOEK AND BROWN. Excavaciones subterráneas en roca. Editorial Mc Graw Hill. New York 1990.
- 6.- LÓPEZ JIMENO C. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Editorial Entorno Gráfico S.L. Madrid 1997.
- 7.- LOPEZ JIMENO C. Manual de evaluación y voladura de rocas. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid 1998.