

REPUBLICA DE CUBA

ISMN

TRABAJO DE DIPLOMA

PROYECCION DE LA EXTRACCION POR
DILUCION DEL YACIMIENTO SAL GEMA
DE PUNTA ALEGRE

AUTOR: INGRID GUERRA OLIVA

TUTORES: Ing. ALFREDO GRIMON

Ing. JOSE LUIS GONZALEZ V.

1984

"AÑO DEL XXV ANIVERSARIO DEL
TRIUNFO DE LA REVOLUCION"

	<u>Pág.</u>
Dedicatoria	-
Agradecimiento	-
Introducción	1
 <u>Capítulo I:</u> Información general sobre la zona del yacimiento.	
1.1. Situación geográfica del yacimiento	3
1.2. Vías de comunicación	3
1.3. Clima de la zona	4
1.4. Fuentes de abastecimiento de agua y energía eléctrica	4
1.5. Consumidores de la producción minera	5
 <u>Capítulo II:</u> Características geológicas del yacimiento	
2.1. Descripción geológica del yacimiento	6
2.2. Estratigrafía, litología, magmatismo-vulcanismo y tectónica	6
2.3. Valor del grado de exploración	9
2.4. Volumen de los trabajos realizados	10
2.5. Método de cálculo de las reservas según categorías y reservas industriales	11
2.6. Propiedades físico-mecánicas y químicas del mineral y las rocas encajantes	13
2.7. Condiciones hidrogeológicas	13
2.8. Composición cualitativa del mineral, cumplimiento de las exigencias requeridas	14
 <u>Capítulo III:</u> Breve reseña del método de minado tradicional y de los procesos de extracción de sal por disolución.	
3.1. Método de minado tradicional	16
3.2. Proceso de extracción de sal por disolución	16
 <u>Capítulo IV:</u> Evaluación del método de minado posible a emplear	
4. Método de minado tradicional, organización del trabajo	19
4.1. Cálculo de productividades	19
4.2. Tipo de excavación de apertura y su perfil	20
4.3. Equipos a emplear	20
4.4. Capacidad de una vía en un sentido para la Rampa ...	22
4.5. Esquema de extracción	23

	<u>Pág.</u>
4.6. Excavación principal	24
4.7. Pozo de desagüe	25
4.8. Pozo de ventilación	25
4.9. Consumo de los principales materiales	26
4.10. Metodología para el cálculo del transporte auto- motor	27
4.11. Pasaporte de perforación y voladura para el blo- que	30
4.12. Método de dilución	33
<u>Capítulo V:</u> Proyección de los parámetros de operación de los pozos	
5.1. Características y parámetros de los pozos	35
5.2. Efectos en la cavidad de los pozos	35
<u>Capítulo VI:</u> Proyección de los sectores de minado por disolución	
6.1. Características del sector	37
<u>Capítulo VII:</u> Cálculo técnico económico	
7.1. Método de minado tradicional	38
7.1.1 Introducción	38
7.1.2 Determinación del costo de inversión	38
7.1.3 Determinación del costo de extracción	39
7.1.4 Tasa de efectividad	41
7.1.5 Principales indicadores técnicos económicos ...	41
7.2. Método de dilución	42
7.2.1. Introducción	42
7.2.2 Determinación del costo de inversión	42
7.2.3 Determinación del costo de extracción	43
7.2.4 Tasa de efectividad	44
7.2.5 Principales indicadores técnico económico	44
Conclusiones	-
Recomendaciones	-
Bibliografía	-

DEDICATORIA

Toda Revolución vale algo cuando sabe defenderse.

Lenin.

Dedicamos este trabajo a todos los pueblos que luchan por defender sus conquistas, a todos los luchadores por la causa de la paz y de la libertad de los pueblos; en el espíritu de la solidaridad de clase con los trabajadores del mundo entero.

A g r a d e c i m i e n t o

Quisiera agradecer a mis padres y demás familiares que no han escatimado esfuerzos para el desenvolvimiento de mis estudios que culminan con este trabajo, en especial a la R e v o l u c i ó n c u b a n a que me lo ha brindado todo y a mis tutores.

Ingrid Guerra Oliva

INTRODUCCION

Aunque muchos productos minerales resultan de importancia para el desarrollo del hombre, solamente unos pocos pueden clasificarse como esenciales para su existencia misma, como es el caso de la sal común, un compuesto de sodio y cloruro. El cloruro de sodio (NaCl), conocido por halita en la terminología mineralógica, se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo, siendo este un hecho que ha ejercido influencia tanto en la historia como en la ubicación de la industria.

La sal se encuentra en disolución en el agua de mar, así como en las aguas de algunos manantiales y lagos y en forma sólida en yacimientos subterráneos y en la superficie. Aunque las zonas de los mares contienen las mayores reservas de sal, (la cifra generalmente citada es de más del 50% del volumen total de todo el continente de Norte América que se eleva sobre el nivel del mar) y contribuyen con sustanciales cantidades de sal obtenida por medio de evaporación solar a la producción mundial anual, los yacimientos subterráneos estratificados y de domo son los que suministran la mayor parte de las necesidades mundiales de sal.

Hasta el momento, en Cuba sólo se ha utilizado el método de evaporación solar del agua de mar para la producción de sal, proceso comúnmente empleado en climas cálidos y áridos.

No obstante, las condiciones climáticas tropicales existentes en Cuba traían aparejadas una gran dependencia de la producción de sal por evaporación solar del agua de mar, de los procesos meteorológico, los cuales tienen un carácter casual, siendo la rapidez de evaporación y la cantidad de lluvia los dos parámetros de mayor importancia.

Como una alternativa para garantizar los niveles de producción de sal requeridos en Cuba, a principio de los años 60 comenzó la búsqueda de yacimientos de sal de roca en Cuba y con la ayuda de especialistas checoslovacos se descubrió un enorme yacimiento de sal de roca, que fue posteriormente explorado en la costa norte de la región central de Cuba. Este yacimiento fue denominado Punta Alegre debido al nombre del pequeño pueblo donde se le encontró más cerca de la superficie.

Las reservas de sal de roca son las siguientes:

Categoría C₁ = 2 171 281 300 ton.

Categoría C₂ = 10 256 211 200 ton.

Total C₁ + C₂ = 12 427 492 500 ton.

Desde el punto de vista petrológico, la sal de roca puede ser descrita como una brecha de sal, con un contenido de sal (halita) entre el 43 y el 95%, con un valor medio del 75.30% de Na Cl.

Teniendo en consideración lo planteado anteriormente, el objetivo de nuestro trabajo es la extracción del yacimiento de Punta Alegre para una productividad de 300 000 ton. al año, por el método de disolución de la sal de roca.

Las técnicas de minado por disolución brindan un medio de extraer minerales solubles, particularmente la sal de roca de yacimientos en los cuales no podría efectuarse una extracción que resultase factible desde el punto de vista económico por medio de métodos de minados convencionales bien debido a la calidad del mineral o de horizontes que resultan inaccesibles. Actualmente se extraen a nivel mundial entre 25 y 30 millones de toneladas de sal de roca, utilizando técnicas de minado por disolución.

1.1 Situación geográfica del yacimiento

El yacimiento de sal gema en Punta Alegre, se encuentra en la provincia Ciego de Avila, municipio de Chambas en el pueblo Punta Alegre.

La extensión del yacimiento es muy grande y está situado bajo toda la lomería llamada "Lomas de Yeso", también en la parte este fue comprobada la presencia de sal en la parte llana hasta la misma orilla de la bahía de Buena Vista.

En la parte noroeste el yacimiento de sal se extiende en los alrededores de la tierra firme, bajo el fondo de la bahía, rumbo al Cayo Ladrones. El yacimiento incluyendo la parte submarina tiene un largo por lo menos de 10 km y un ancho de 3 a 4 km.

Los trabajos de exploración se centraron en la zona comprendida entre las siguientes coordenadas:

$$x = 718\ 000 - 730\ 000$$

$$y = 282\ 000 - 286\ 500$$

Las perforaciones estan situadas dentro de la zona más arriba mencionada, según las siguientes coordenadas:

$$x = 719\ 800 - 729\ 800$$

$$y = 283\ 800 - 286\ 200$$

La lomería de Punta Alegre es una elevación de unos 100 - 120 m, con la elevación más alta en la "Loma de Aja" de 141 m sobre el nivel del mar. La inclinación general es bastante suave con rumbo al sur, pero con las paredes muy abruptas rumbo al norte, hacia el mar, aparte de las lomitas de 20 - 30 hasta 50 m de elevación sobre el nivel del terreno, hay muchos peñascos y piedras sueltas hasta de 4 - 5 m de altura y de 5 - 15 m de largo.

Los senderos y los caminos hechos anteriormente se destruyen con el tiempo, debido a la erosión durante la época de lluvias y por la abundante vegetación de arbustos, por eso el acceso en vehículos se dificulta mucho, haciéndose casi imposible en muchos lugares.

1.2 Vías de comunicación

El acceso a Punta Alegre se efectúa por una carretera de 32 km de largo, que une a Punta Alegre con la carretera norte en Chambas.

La vía ancha de ferrocarril del mismo central de Punta Alegre (Máximo Gómez) tiene conexión en Fallas con el ferrocarril del Norte.

Actualmente el ferrocarril es utilizado por el Ministerio de la Construcción, para transportar yeso en vagones abiertos hasta las fábricas de cemento.

1.3 Clima de la zona

Las condiciones climáticas en esa región varían notablemente según los años y los lugares, no obstante, los meses de junio hasta octubre son caracterizados por muchas lluvias y a veces sucede que hay que interrumpir los trabajos de campos por varias horas y días, debido a los aguaceros que traen hasta 70 - 80 mm de agua, además con menos precipitación de noviembre hasta abril.

La temporada de lluvias no es favorable para la industria salinera que emplea salinas, ya que en algunos meses no previstos, las precipitaciones son mayores que lo que se puede evaporar de las salinas, así por ejemplo, en el central Máximo Gómez en el mes de julio 1965 cayeron 176 mm de agua; en 1964 en junio 215 mm; en setiembre también 215 mm y en octubre 229 mm (en diciembre de 1963 con 110 mm y febrero de 1966 con 114.5 mm). En un solo día, el 20 de febrero de 1966 cayeron 110 mm de agua.

Hay que mencionar, que en su mayoría, el total de lluvias de un mes, cae en solo 3 ó 4 aguaceros y el resto del mes llueve muy poco. Durante la temporada de las lluvias, generalmente en los meses de junio y octubre, la parte llana, al este y sureste del central, es parcialmente inundada, con los terraplenes inaccesibles al transporte motorizado.

Más abajo añadimos las observaciones climatológicas, los promedios mensuales de agua caída y de temperatura, desde el año 1960 hasta la fecha, suministrados por el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba, en la Ciudad de la Habana y también los datos suministrados por el central Máximo Gómez sobre la distribución de las lluvias, caídas separadamente en el período de junio 1965 hasta febrero 1966.

El clima se ve suavizado por los vientos del este - noroeste que son predominantes y velocidades promedio de 16 a 17 km/h.

La flora del lomerío de Punta Alegre está representada fundamentalmente por arbustos espinosos, árboles de tamaño medio y pastos.

La economía de la región está fundamentada en el central azucarero "Máximo Gómez", las canteras de yeso, la cooperativa pesquera y la crianza de ganado vacuno.

La población asciende a más de 5 000 habitantes.

Las comunicaciones son buenas tanto por carretera, ferrocarril como por vía marítima.

1.4 Fuentes de abastecimiento de agua y energía eléctrica

Se puede emplear para la extracción agua dulce o agua del mar.

1) En la zona de Punta Alegre hay gran escasez de agua dulce para uso industrial. Actualmente se está trayendo el agua dulce del acueducto del río Chambas, desde la planta purificadora situada en el pueblecito Asiento, a unos 20 km al suroeste de Punta Alegre.

El acueducto construido hace muchos años, en la actualidad es capaz de traer 1 000 m³ de agua por día aproximadamente, lo que a veces no abastece completamente al central azucarero durante la zafra, ni a la población de Punta Alegre.

Según tenemos entendido el INRH estuvo preparando durante el año 1965 el proyecto del nuevo acueducto para Punta Alegre.

Según los datos preliminares suministrados al autor de este informe, por el responsable de ese proyecto del INRH, el nuevo acueducto se va a construir en los próximos años a lo largo de 35 km de los alrededores de Falla a Punta Alegre.

El nuevo acueducto podrá suministrar 100 m³/h, dando así bastante cantidad de agua, tanto para el Central como para la población de Punta Alegre en la actualidad.

El acueducto tendrá una tubería de 400 mm de diámetro, lo que haría posible en el futuro aumentar la cantidad de agua hasta 250 m³/hora.

2) Como el yacimiento en su parte noroeste se encuentra al lado del mar, para la extracción también se puede aprovechar el agua del mar de la bahía Buena Vista. Para el campo de extracción, bastaría instalar en el futuro dos bombas centrífugas con motores eléctrico de 40 kw.

La energía eléctrica no es problema actualmente. El pueblo tiene una pequeña planta eléctrica y además una línea de alta tensión que lo une a la Red Nacional.

1.5 Consumidores de la producción minera

La sal no solo sirve como parte de la alimentación humana de necesidad absoluta, sino también como materia prima fundamental en la industria química. Como es posible ver la fórmula química Na Cl la sal está compuesta de dos elementos sodio y cloro; ambos se pueden separar y de cada uno producir una gran variedad de nuevos compuestos.

El cloruro de sodio tiene una gran aplicación industrial en la elaboración de una serie de productos químicos a base de cloro y sodio como son: hidróxido de sodio o sosa caústica, como usualmente se le conoce, el ácido clorhídrico o salmure y el carbonato de sodio o soda, se puede afirmar que el cloruro de sodio es un producto indispensable en el desarrollo de la industria química.

Por solo citar un ejemplo diremos que es una de las materias primas principales de la moderna instalación cloro-sosa nueva perteneciente a la empresa electro-química de Sagua La Grande.

2.1 Descripción geológica del yacimiento

Las lomas de yeso constituyen una de las estructuras conocidas como de "domo salino" ubicadas al norte y noroeste de l anticlinorio central de Cuba. La región está formada por varios tipos de rocas de composición petográfica conocida, no obstante, la edad de algunas rocas todavía está confusa por falta de fósiles, así como todavía no se han resuelto satisfactoriamente las estructuras predominantes de esta región y existen criterios contradictorios.

Las lomas de yeso que forman parte de la cobertura del yacimiento están cerca de la costa norte y se elevan en una llanura extensa compuesta por rocas del cuaternario representadas por arcillas y arcillas arenosas. Además se presentan rocas yeso-calizas que forman la mayor parte de las lomas y no han sido posible hasta ahora asignarles edad fija, producto de los contradictorios criterios existentes. Aparecen en la parte sur secuencias del Mioceno representados por calizas orgánicas arrecifales de la formación Güines que yacen sobre la serie yesífera.

La determinación de la edad del complejo yeso-sal no es definitiva y según varios autores, varía desde el Jurásico hasta el Mioceno. Entre otros M. Lukac (1966) argumentó que la presencia de las actuales Lomas de Yeso no es el resultado de la elevación diapírica de la sal, pues el contorno superficial de la sal que contacta con el yeso tiene una pequeña inclinación uniforme de norte a sur y otra casi imperceptible del este al oeste, sin embargo, quedó demostrado que las calizas que suprayacen al yeso tienen un azimut de buzamiento general al noroeste, según los últimos trabajos en 1981.

2.2 Estratigrafía, litología, magnetismo, vulcanismo y tectónica

2.2.1 Estratigrafía

En la porción septentrional de la provincia Ciego de Avila, en la llanura constituida por sedimentos del Mioceno al Reciente, se destacaron tres grupos pequeños de elevaciones que, de NW a SE, se les conoce con los nombres de Lomas de Yeso (Punta Alegre), Lomas de Turiguano y Lomas de Cumagua. En las dos primeras afloran brechas con matriz yesífera, cuya edad, posición tectónica y origen, han sido distintamente interpretados. Sin embargo se puede señalar que existen dos puntos de vistas principales:

- (1) que se trata de sedimentos del Mioceno (Jervis 1932, Lukac 1969 y otros
- (2) que constituyen un diapiro salino de evaporitas mesozoicas (Meyerkot y Hatten, 1968 e Itumalde-Vinente y Roque Marrero 1982)

En la constitución geológica de la región toman parte los sedimentos del Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Cercano a los límites este y oeste existen intrusiones serpentiniticas y en el sur, gravitoides.

En relación con Lomas de Cumagua hay autores que opinan que se trata de un braquipliegue asociado a la falla transcurrente La Trocha.

2.2.2 Litología

Recientes trabajos realizados por el Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba, Iturza-Gomara y Roque Marrero (1982) delimitaron los siguientes tipos de rocas fundamentales:

- 1) brechas con matriz yesífera de cuatro tipos distintos denominados: A, B, C y D.
- 2) Clástitas calcáreas del Eoceno Medio
- 3) Calizas del Mioceno Medio
- 4) Calizas del Pleistógeno y
- 5) Conglomerados del Pleistoceno

2.2.2.1 Brechas con matriz yesífera

(Vinet y Marrero 1982) identifican en el Yacimiento cuatro (4) clases de brechas. La descripción sintetizada de las mismas es la siguiente:

Brecha A : Compuesto por bloques calcáreos; calizas dolomitizadas y dolomitas de tonalidades que varían desde negro hasta pardo; angulosas, con diámetros que oscilan en el rango de los centímetros. El ordenamiento en el yacimiento es aleatorio. En menor grado se encuentran clastos pequeños de rocas metamórficas. Esta brecha se ha referido al ($J_3 - Cn$) y sólo aflora en la localidad de Turiguanó.

Brecha B : Muy semejante a la anterior, su matriz es muy heterogénea de componentes metamórficos. Esta se ubica en el área del núcleo de la estructura de Punta Alegre.

Brecha C : Se caracteriza por una mayor heterogeneidad en su composición fundamentalmente está representada por: carbonatos, areniscas, vulcanitas y rocas metamórficas limitando al Yeso hialino. Esta aflora en el plano N de Punta Alegre, en una franja de menos de dos km de superficie.

Brecha D : Predominan las facies carbonatadas. Es el resultado de la conjugación de la A y la B. Esta limita en su totalidad a la Brecha A en la localidad de Turiguanó, en tanto que en Punta Alegre se localiza en el plano meridional al sur de la Brecha B.

2.2.2.2 Clástitas calcáreas del Eoceno Medio

Al N de las lomas de Turiguanó hay una pequeña elevación constituida por biocalciniditas, biocalcarenitas y calcarenitas, estratificadas en

capas de 5 a 20 cm que buzan al ESE unos 20°. Estas rocas yacen por debajo de las calizas del cuaternario, sin que sus relaciones con las brechas descritas anteriormente puedan observarse.

2.2.2.3 Calizas del Mioceno

Afloran con amplitud alrededor de las lomas de Turiguanó y están constituidas por calizas coralinas, calizas esqueléticas y biocalcarenitas. Al NE de las lomas de Turiguanó forman una elevación de unas 30 m de altura donde buzan al ESE unos 10 a 20 grados. En general son comparables con la Formación Güines del Mioceno Medio.

2.2.2.4 Calizas del Pleistoceno

En los alrededores de la Loma de Turiguanó se disponen circundando a las calizas del Mioceno unas calizas coralinas y biocalcarenitas con restos de moluscos con las conchas bien preservadas, que se relacionan con la formación Jaimanitas del Pleistoceno. Yacen al nivel del mar y están cortadas y alteradas por la acción de las oscilaciones de la marea. Yacen horizontales incluso en el contacto con rocas más antiguas.

2.2.2.5 Conglomerados del Pleistoceno

En los alrededores de Punta Alegre las brechas, con matriz de yeso, subyacen discordantemente a los conglomerados. Sus clastos son de las rocas que afloran en las lomas de Punta Alegre, regularmente rodados y sus diámetros no superan los pocos centímetros. Su matriz es calcárea de color rojo.

A menudo se han desarrollado pisolitos y estructuras concrecionales alrededor de los núcleos exoclasticos. Estas rocas con unos 2 ó 3 m de espesor se cubren por sedimentos recientes y del Pleistoceno Tardío.

La serie yeso alcanza en las zonas llanas una potencia promedio de 160.00 m en el este y 250.00 m al oeste. En la llanura sur según datos no exactos del pozo Collazo 1, alrededor de 440.00 m

Los perfiles geológicos transversales señalan que el límite entre el yeso y la sal en la parte central de las lomas y el pozo Collazo 1 tienen un buzamiento entre 8 y 10° S.

La serie sal no fue alcanzada en ninguno de los casos en trabajos anteriores solamente en el pozo Collazo 1, en la llanura sur costó más de 700.00 m de brechas salinas. Estos datos sumados con los de pozos de exploración sugieren estimar potencias mayores de 500.00 m como espesor medio para el yacimiento. El contacto entre ambas series es visible.

La serie yeso en sus últimos metros antes del contacto con la sal son salados y en ocasiones presentan cristales de sal bien observados macroscopicamente. Se presentan varios tipos de yeso y ocasionalmente calizas negras o arcillas brechadas.

La serie sal se presenta en los sectores noroeste y este a profundidades entre 143.00 y 161.00 m a partir de la superficie del terreno estando en la parte oeste del lomerío más abajo; 172.00 - 179.00 m.

2.2.3 Magnetismo y Vulcanismo

En la región del yacimiento no se observan en la superficie, ni tampoco se han detectado en los pozos perforados índices de tales fenómenos. Existen solamente fuera del área del yacimiento, hacia el suroeste y a más de 30 o 35 km cuerpos de gabros y serpentinitas.

2.2.4 Tectónica

En la superficie la tectónica se presenta confusa, pues a primera vista sugiere la presencia de un domo salino, por las características morfológicas de Lomas de Yeso. También dentro del lomerío aparecen depresiones estructurales 5 ó 7 en número de forma circular o algo ovalada con un diámetro de 300 m. Resultados de perforaciones en estas depresiones demostró que el relieve del techo de la sal no tiene relación con estas estructuras.

Los buzamientos y rumbos no tienen un carácter general y cambian en cada afloramiento en dependencia de la situación del mismo, por lo que en realidad cada afloramiento en forma de estructura positiva del relieve, bloques o límites de calizas y yeso bastante grande. No obstante en los terrenos llanos del este todos los afloramientos de saliza presentan en su mayoría un azimut de buzamiento de 280° a 310° con ángulo de buzamiento general.

La forma del cuerpo de sal se conoce poco, pero se asume que sea un lente estratificado con mas de 500 m de potencia, por un largo de 10 km y un ancho de 3.5 km

Este yacimiento de sal de Punta Alegre representa, en sus límites conocidos hasta ahora un cuerpo delimitado en su contorno superior como un cuerpo horizontal o poco inclinado a unos $5 - 9^{\circ}$ en la parte sur.

2.3 Valor del grado de exploración

Método de exploración en el campo. Una etapa de investigación realizada en 1963 en categoría preliminar permitió confeccionar el proyecto de búsqueda de sal en la zona entre Punta Alegre, Cumagua y Caibarien, en base a los resultados obtenidos de levantamientos con fines de prospección petrolera.

La documentación existente puede resumirse en (1) ver bibliografía.

La tarea técnica previó dos etapas. Estas son:

La primera etapa: Se realizó en el campo desde agosto de 1963 hasta junio de 1964. En esa etapa se realizaron los trabajos de levantamiento geológico de varios lugares entre Caibarien y Nuevitas y 5 pozos perforados en las estructuras mas favorables según los datos anteriores y según los resultados preliminares de geofísica. Los 5 pozos se localizaron, en estos tres lugares: En las Lomas de Yeso de Punta Alegre, los pozos nos. 1, 2 y 3 en las Lomas de Judas situadas a unos 12 km. al oeste de Punta Alegre el pozo No.4 y en la Loma de Cumagua, situada a unos 60 km. al suroeste de Punta Alegre el pozo No.5

La segunda etapa: de exploración para la sal se realizó en el campo desde julio de 1964 hasta febrero de 1966.

En esta segunda etapa, los trabajos de perforación se centraron para

Las Lomas de Yeso de Punta Alegre, como el lugar más favorable ya que los pozos Nos. 1, 2 y 3 encontraron sal. También se hizo el levantamiento geológico de las Lomas de Yeso de Punta Alegre en la escala 1: 20 000

La tercera etapa no estaba prevista en la tarea técnica sobre la exploración de la sal, pero surgió de los resultados obtenidos en la segunda etapa.

Para esta etapa se elaboró el plan de trabajo adicional que consistía en la extracción de prueba en dos pozos, por el método de extracción de salmuera saturada a la superficie. La tercera etapa ha comenzado en marzo de 1965.

2.4 Volumen de los trabajos realizados

En el área de Punta Alegre se hicieron en total 11 pozos, con un total de 5,083.45 m. Los primeros 3 pozos fueron localizados en tres distintos lugares de Las Lomas de Yeso.

El pozo No.1 fue localizado en el centro de las lomas y entró en sal a la profundidad de 246.50 m. Durante la perforación del primer pozo se hicieron los trabajos de gravimetría por la sección de geofísica del Dpto. de Petróleo y así, según los resultados preliminares de geofísica se localizó el pozo No.2 en el mismo centro gravimétrico con el propósito de encontrar la sal mas cerca de la superficie. No obstante, el pozo entró en la sal a 258.10 m. El pozo No.3 fue localizado en el extremo este de las Lomas de Yeso en otro mínimo gravimétrico que ya no fue tan evidente como el del pozo No.2.

Este pozo entró en sal en 202.50 m y tenía la serie de sal mas uniforme que los primeros dos pozos. Tomando en cuenta las 3 perforaciones mas arriba mencionadas, los trabajos de la segunda etapa se centraron en la parte este y norte de la zona. Los pozos Nos. 6 y 7 se localizaron en la parte llana, comprobándose que la sal se encuentra en esa zona este, más cerca de la superficie que en la lomera.

El pozo No.6 entró en la sal a los 164.90 m y el No.7 en 146.00 m! Teniendo en cuenta los resultados del pozo No. 3, 6 y 7 se localizó el pozo No.8, mas cerca a la existencia de Punta Alegre con el propósito de poder aprovechar este pozo para posible extracción por el método de salmuera saturada. Este pozo pasó los primeros 141.20 m de la misma serie de yeso, como los pozos anteriores pero, después hasta 234.90 m pasaba en su mayoría por arcilla brechada y al fin pasaba por intercalaciones de yeso con caliza y no encontró la sal en la profundidad de 318.00 fue parado. El pozo No.9 fue localizado en el extremo noroeste de la zona para determinar el área del yacimiento. Aunque pasó por la serie de yeso de la superficie, a la profundidad de 350.10 m fue parado, sin encontrar sal.

El pozo No.10 fue localizado en el extremo noroeste de la costa para determinar el área del yacimiento y entró en la sal a los 148.10 m. En cuanto estuvo claro que la sal seguiría mucho más profundamente de lo que se puede perforar con la máquina utilizada en Punta Alegre, el pozo se paró a 401.00 m.

El pozo No.11 estaba localizado sólo a 245.00 m del pozo No.6, por estar elegido como primer pozo de extracción de prueba. Este pozo entró en la sal a los 159.40 m y siguió hasta el final en la serie de sal.

El pozo No.12 fue localizado entre el pozo No.8 que fue negativo y el pozo No.7 positivo para determinar el área del yacimiento en la zona. El pozo entró en sal a la profundidad de 144.50 m y siguió en la sal hasta el final.

El pozo No.13 fue localizado en la parte SE del yacimiento en un terreno llano con el propósito de aprovecharlo como el segundo pozo de extracción de prueba, aprovechando el agua del mar y al mismo tiempo los terrenos al sur del pozo No.13 para la evaporación.

Aparte de las razones más arriba mencionada la localización de los pozos Nos. 6, 7, 10, 11 y 12 y 13 fue realizado con respecto a poder enumerar en esa área las reservas de categoría C.

Según las instrucciones soviéticas para la clasificación de reservas de sal, teniendo en cuenta el área conocida del yacimiento de sal de Punta Alegre, se puede clasificar como un yacimiento de capa de potencia constante y de calidad de sal estable. Ese tipo de yacimiento No.1 donde las distancias entre las perforaciones para dicha Categoría C, se prevén a 2.000 m!

Según esta prescripción delimitamos:

- a) La Categoría C, entre los pozos Nos. 6, 11, 12, 7, 10 y 13 tomando los datos para el pozo No.6, como el promedio entre los pozos Nos. 6 y 11, ya que estos dos pozos se encuentran muy cerca entre sí y ya que el pozo No.11 fue realizado como pozo de extracción de pruebas, dentro del área previamente conocida por otros pozos de exploración.
- b) La Categoría C₂ en el resto del área del yacimiento de los pozos positivos, perforados para conocer los contornos del área del yacimiento.

2.5 Método de cálculo de las reservas según categorías y reservas industriales.-

El yacimiento de sal de Punta Alegre representa, en sus límites conocidos hasta ahora, un cuerpo delimitado en su contorno superior como un cuerpo horizontal o poco inclinado a unos 5 - 9° en la parte sur. Dentro del cuerpo salino prevalecen muchas microestructuras de diámetro -

pequeño y varias intercalaciones, mayormente de unos metros, que no pasan de un pozo a otro. En cuanto estas intercalaciones de arcilla, anhidrita y caliza, no influyen al método propuesto para la extracción se puede clasificar el yacimiento como el yacimiento con potencia y calidad estable pero con pequeñas intercalaciones inestables de rocas encajantes.

Empleamos para ese tipo de yacimiento el método aritmético de cálculo de reservas dividiendo el yacimiento en 6 bloques. La calidad de sal lo enumeró por el método de promedio compensado.

2.5.1 Categoría de reservas empleadas y su justificación

Según los resultados obtenidos de los análisis químicos y su extensión, clasificamos como una capa sedimentaria en forma de lenteja con potencia general estable y relativamente con contenidos uniformes e intercalaciones inestables de rocas en cajas. Ese tipo pertenece según instrucción soviética al grupo 1 de yacimientos; conforme con esto, hemos empleado para el cálculo de reserva dos categorías:

Categoría C_1 : Abarca el área entre los pozos Nos. 7, 10, 13, 6, 11 y 12. La distancia entre los pozos para esa área oscilan de 900 m. (pozo No.6, 12, y 7) a 2 300 m (entre el pozo No.7 y 10). La distancia de 2 300 m en el caso de estos pozos se debe a la existencia del pueblo de Punta Alegre en el centro de dicha distancia y las reservas debajo de éste se delimitaron como reservas de pilares constantes. El pozo no.11 que está situado sólo a 250 m del pozo no.6 y que estaba perforado con el fin de realizar las pruebas de extracción no lo contamos separadamente para el cálculo, pero los resultados del pozo no.11 lo incluimos en los resultados del pozo no.6, obteniendo así los resultados representativos promedios para el cálculo de reservas.

Categoría C_2 : Incluimos las reservas comprendidas en la parte sur y suroeste de la Categoría C_1 , donde la serie de sal fue perforada por pozos de búsqueda para conocer el carácter del yacimiento y su extensión y también las reservas de extrapolación entre los pozos positivos y negativos.

Las Categorías C_1 y C_2 se han calculado a la profundidad alcanzada por los pozos o sea, alrededor de 500 m desde la superficie hasta la profundidad que se plantea realizar la extracción. Teniendo en cuenta el carácter general del yacimiento, de los perfiles geológicos, se puede ver que la serie de sal sigue mucho mas abajo de la profundidad alcanzada por los pozos. En el pozo Collazo No.1 la potencia de la serie de sal tiene un espesor total de 700 m.

Tomando en consideración la ubicación subterránea en forma sedimentaria lenticular del yacimiento de sal, es posible la disminución de la potencia de sal en el extremo norte, no obstante bajo el área conocida en la parte NE puede continuar la sal 100 - 200 m más.

Todas estas reservas antes mencionadas, por debajo de los 500 m desde la superficie no están contempladas para la extracción. En los próximos años, tampoco su extracción sería ventajosa desde el punto de vista técnico económico. Desde el punto de vista del cálculo de la reserva se podrían enumerar reservas extrapoladas bajo la profundidad de 500 m por una cuarta parte de la potencia conocida, o sea unos 70 - 80 m más de potencia en categoría C₂.

2.6 Propiedades físico-mecánicas y químicas del mineral y las rocas encajantes.

En lo que respecta a las propiedades físicas de las rocas en el yacimiento de sal no se ofrece datos de los trabajos consultados excepto el peso volumétrico empleado para el cálculo de la reserva que en magnitud es de 2.31.

Existen datos acerca de estas propiedades en la capa suprayacente (serie yeso) y según Yancek, 1976 son:

- Peso volumétrico: 2.24 g/cm³
- Absorción: 1% (yeso puro), 2.5% (yeso brechado)
- Trituración: muestra poca variabilidad el contenido de fracciones finas, está formado por el yeso puro y el yeso brechado alterado.

Generalizando el corte en las áreas propuestas para estudio, el grado esperado de dureza de las rocas quedaría en las siguientes categorías:

- Serie Yeso: Categoría general IV
- Serie Sal : Categoría general IV

Para las áreas la categoría general también sería IV.

Estos estudios son los obtenidos, pues más detallado no se han realizado en el yacimiento.

2.7 Condiciones hidrogeológicas

Las lomas de yeso se elevan en la parte noroeste de una extensa llanura situada al norte de los poblados de Mayajigua, Chamba y Tallas. Esta llanura está drenada por algunos ríos menores, como el río Chamba, río Jatibonico del Norte y muchos canales.

Por su área limitada y estructurada geológica no presenta arroyo regular alguno y las aguas caídas sobre ellas corren directamente por su accidentada superficie o sea infiltran al subsuelo por las cavernas y oquedades del complejo yesífero.

El área del yacimiento de sal gema se encuentra dentro de la división general de las regiones hidrogeológicas en la No. III conocida como región hidrogeológica de la parte norte de la provincia de Camaguey. Esta región se extiende desde el pueblo de Yaguajay al oeste hasta el de Velaja al este.

El límite sur de la región está dado por el trazado de la línea que pasa por los afloramientos de las rocas mas antiguas del Mioceno. Coinciden con la línea divisoria del escurrimiento de las aguas subterráneas y superficiales en dirección norte y sur. La parte este de la región está contigua a la unión oeste de las alturas del centro de Cuba.

Las reservas de las aguas subterráneas de la región se localizan en los acuíferos del Mioceno ampliamente clasificados según los sistemas de agrietamiento y extratificación del macizo. Los niveles de las aguas subterráneas oscilan entre 7 y 8 m hasta 1 m y menos aún estando la superficie del espejo arenoso inclinada desde el límite sur de la región hasta la costa norte, variando las cotas de los niveles de las aguas subterráneas desde 1 metro hasta 0.5 m y menos aún.

Según pozos de bombeo, los caudales oscilan entre los 28 a 315 L/seg. Durante la exploración geológica de campo no se realizó un estudio hidrogeológico especial por las razones siguientes:

- 1) En el comienzo de la perforación no habia ningún aparato en el Dpto. de Minerales utilizable para medir los horizontes acuíferos de los pozos profundos.
- 2) Despues de los primeros pozos ya fue claro que la futura posible extracción de sal no puede ser por método minero, debido a la gran cantidad de impurezas, sino por la extracción de salmuera.
- 3) No se presentó ningún inconveniente hidrogeológico dentro de la serie sal.

La situación hidrográfica del área del yacimiento fue expuesta en las condiciones climáticas. Hay que añadir que las condiciones atmosféricas no tienen ninguna influencia para la extracción del método propuesto.

2.8 Composición cualitativa del mineral, cumplimiento de las exigencias requeridas.

La materia prima útil es la llamada serie sal, la cual está representada por una brecha salina compuesta de sal y clastos de anhidrita, dolomita, calizas, arcillas, etc. Con dimensiones generales de 1 - 2 cm. En esta serie aparecen ocasionalmente intercalaciones de composición similar a la de los clastos de la brecha, siendo su potencia de algunos centímetros.

Los clastos como las intercalaciones se consideran como materiales estériles que no son perjudiciales, porque al ser insolubles sedimentan casi totalmente en el fondo de las cámaras en el proceso extractivo.

La materia perjudicial está contenida en la propia sal, pues son también sales solubles, fundamentalmente de : Ca, Mg, K y SO_4 . Estas sales se eliminan durante la cristalización fraccionada o por beneficio químico aunque en la evaluación del yacimiento se tendrán en cuenta las especificaciones de esta norma para las recomendaciones pertinentes la evaluación tecnológica se hará fundamentalmente en base a los objetivos de la tarea geológica, así se tiene en cuenta que la sal en su estado normal (salmuera) constituye la materia prima y no el producto final.

Según esto; la sal contenida en las brechas salinas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Na Cl 96% mínimo
- Ca +2 28% mínimo
- SO -2 1.5% máximo
- K + 0.3% máximo
- Mg +2 0.1% máximo

y que el contenido de sal en la brecha salina (rendimiento) sea como mínimo del 60% para el yacimiento.

CAPITULO III: BREVE RESEÑA DEL METODO DE MINADO TRADICIONAL Y DE LOS PROCESOS DE EXTRACCION DE SAL POR DILUSION.

3.1 Método de minados tradicionales

El yacimiento de sal gema se presenta en forma de capas horizontales o pocas inclinadas y a una pequeña profundidad de yacencia.

. Cuando se explotan por el modo subterráneo se emplean fundamentalmente los métodos de explotación por cámaras cuya característica principal es la creación de enormes cámaras que aún con el decursar de los años no se desploman, manteniéndose una perfecta alternación entre las cámaras y los pilares, además la elección del ancho de las cámaras se establece en base al ancho del pilar.

Luego de obtenido el ancho del pilar debe aumentarse en un 25% a 30% debido a las irregularidades de las paredes del pilar y a su agrietamiento ocasionado por los trabajos de perforación y explosivo.

Este minado está altamente mecanizado y para la eliminación de la contaminación de cobre se utilizan detonadores de aluminio.

La sal extraída por diferentes etapas de trituración y clasificación realizándose generalmente la primera bajo mina. Normalmente para estos yacimientos no se requiere beneficio adicional.

3.2 Proceso de extracción de sal por disolución

Este procedimiento es relativamente sencillo y presenta ventajas sobresalientes cuando se utiliza como salmuera en la industria química para la producción de soda ash y sosa cáustica.

El método consiste en la perforación de barrenos desde la superficie hasta el depósito. Los barrenos son encamisados con tubería de hierro, y el agua es introducida a través de una tubería menor dentro del encamisado.

En el fondo del barreno se forma una salmuera saturada que se hace ascender a la superficie a lo largo del espacio anular entre ambas tuberías. Después de uno o dos años de operación las cavidades que se producen por la disolución de la sal entre dos barrenos continuos se comunican! Cuando esto ocurre, la práctica usual es introducir agua por uno de los barrenos y extraer la salmuera por el otro.

En caso de requerirse como producto final la sal en grano en vez de salmuera este debe pasar a cristalizarse! Puede realizarse mediante la evaporación solar o evaporación térmica en plantas.

En la actualidad, el mayor peso de la producción mundial de cloruro de sodio la representa la extracción con minado subterráneo y disolución.

a pesar de que el método de evaporación solar utiliza como energía la radiación solar siendo por consiguiente más ventajoso.

Las técnicas de minado por disolución brindan un medio de extraer minerales solubles, particularmente la sal de roca, de yacimientos en los cuales no podría efectuarse una extracción que resultase factible desde el punto de vista económico por medio de métodos de minado convencionales, bien debido a la calidad del mineral o de horizontes que resultan inaccesibles.

Debemos señalar que el presente trabajo solamente tratamos sobre el análisis del minado por disolución de halita por pozos únicos perforados desde la superficie. Es decir, que en estos momentos no estamos interesados en el análisis del minado por disolución por medio de grupos de pozos, fracturación hidráulica o métodos de disolución subterránea. Lo anterior significa que un pozo completo para el minado por disolución deberá consistir de un sistema de líneas de tuberías concéntricas, tres para la disolución controlada y dos para el proceso de disolución no controlado.

En ambos casos, los tubos y espacios anulares entre los mismos son utilizados para la transportación del solvente (agua) a la cavidad y para extraer la solución resultante desde la cavidad hasta la superficie.

Los sistemas de pozo único pueden agruparse como sigue:

3.2.1 Sistema de circulación directa.

3.2.2 Sistema de circulación inversa.

3.2.1 En el Sistema de circulación directa, el agua es inyectada en la cavidad a través del tubo interior y la disolución resultante (salmuera) es extraída a la superficie por el espacio anular formado por el tubo concéntrico y el revestimiento exterior.

En este caso, el flujo de agua se produce en dirección ascendente y debido a que penetra cerca del fondo de la cavidad proyectada, se produce, como es obvio, cierta mezcla de la totalidad del mismo.

En el patrón de flujo que se muestra, podemos observar que este sistema trae como resultado un incremento en la concentración desde el punto de inyección hasta el de descarga y desde la línea central la cavidad hasta la superficie de sal.

3.2.2 En el caso del método de circulación inversa, el agua penetra y se eleva, tiende a permanecer cerca de la parte superior de la cavidad debido a la segregación por gravedad. La circulación continuada la desplaza hacia los lados. Según aumenta la densidad del fluido, el mismo fluye por los lados de la cavidad. Mientras continúa el proceso

de disolución la convección y difusión se producen simultáneamente, provocando un flujo hacia el centro de la cavidad. La circulación inversa generalmente brinda una utilización más eficiente del agua de circulación, debido a su paso tortuoso por la cavidad.

La utilización del agua del mar como fluido no ha sido expuesta en ningún estudio anterior relacionado con el minado por disolución de la sal, pero en el caso particular del yacimiento de Punta Alegre, en el cual la única fuente existente para la obtención de grandes cantidades de agua es el mar, debe ser estudiado al efecto que ejerce la utilización de la misma como fluido de disolución en la calidad de las salmueras que se obtienen.

La oportunidad de verificar el cumplimiento de los objetivos de estudio antes señalados será brindada a escala experimental en el yacimiento de sal de roca de Punta Alegre, donde hasta el momento se han perforado 7 pozos, primeramente para lograr la exploración geológica detallada de un área del yacimiento que será dedicada a nuestros trabajos experimentales y en segundo lugar, para ser utilizados como pozos de extracción durante el desarrollo de nuestras investigaciones experimentales en el terreno.

CAPITULO IV: EVALUACION DEL METODO DE MINADO POSIBLES A EMPLEAR

4. Método de minado tradicional, organización del trabajo

Teniendo en cuenta las características del yacimiento de sal de Punta Alegre, estudiaremos este método para el nivel de producción planteado de 300 000 t/año.

Organización del trabajo:

Días no laborables

Domingos al año	- - - - -	52
Sábados no laborables	- - - -	26
Días festivos	- - - - -	6
T o t a l	- - - - -	84

N - Cantidad de días laborables al año

$$N = 365 - 84$$

$$N = 281$$

4.1 Cálculos de Productividades

4.1.1. Productividad diaria:

$$\frac{300\ 000\ t/año}{281\ días} = 1\ 067,61\ t/días = 1\ 070\ t/días$$

donde:

$$\frac{1\ 067,61\ t/días}{2,31\ t/m^3} \times 0,85 = 400\ m^3/día$$

2,31 t/m³ - peso volumétrico de la sal gema

0,85 - - - coeficiente de esponjamiento del material

4.1.2. Productividad por turno:

Se establecen 4 turnos de trabajo de 6 horas en el día donde:

$$\frac{1\ 067,61\ t/días}{4\ turnos} = 270\ t/turno$$

$$\frac{266.90 \text{ t/turno}}{2.31 \text{ t/m}^3} \times 0.85 = 98.21 \text{ m}^3 / \text{turno} = 100 \text{ m}^3/\text{turno}$$

4.1.3 Productividad por hora:

$$\frac{1\ 067,61 \text{ t/días}}{24 \text{ h}} = 45 \text{ t/h}$$

$$\frac{44.48 \text{ t/h}}{2.31 \text{ t/m}^3} \times 0.85 = 16.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.2 Tipo de excavación de apertura y su perfil para 300 000 t/año

La excavación de apertura a utilizar es La Rampa o Pozo inclinado, con una sección típica satisfactoria para este tipo de apertura, con dimensiones según el equipamiento a utilizar en nuestro trabajo y la misma va desde la superficie hasta la zona de laboreo minero en el yacimiento, para de esta forma realizar la transportación de la sal mediante equipos de 2da. y 3ra. generación como el transporte por camión, desde el subterráneo hasta la superficie!

4.3 Equipos de emplear de 2da. y 3ra. generación en el laboreo del bloque y la Rampa.

En el bloque:

4.3.1 Tipo de camión.

MOAZ 6401-985

Características del equipo

Capacidad	=	11.0 m ³
Ancho	=	2850 mm
Alto	=	2250 mm
Longitud	=	8310 mm

4.3.1.1 Total de camiones por día

$$\frac{400 \text{ m}^3/\text{día}}{11 \text{ m}^3} = 37 \text{ camiones / días}$$

4.3.1.2 Total de camiones por turno

$$\frac{98.21 \text{ m}^3/\text{turno}}{11 \text{ m}^3} = 9 \text{ camiones / turno}$$

4.3.1.3 Total de camiones por hora

$$\frac{16,36 \text{ m}^3/\text{h}}{11 \text{ m}^3} = 1.48 \text{ camiones / h}$$

4.3.2 Carretilla de perforación

Tipo: BVA-21-9, con un martillo BBC-109F (ATLAS COPCO)

Perfora en abanico y para nuestro caso taladro de 15 m

4.3.3 Winche eléctrico

Datos básicos de arrastre por escrepas.

(en algunas minas de la URSS, Canada)

M i n a	Tamaño del material mm	Distancia de arrastre m	Potencia del winche kw	Productividad t/turno
Degtiarskii	400	25 - 30	28	100-120
Im. Kirova	500	72	75	300
Inzhno-Korobskii	900	30	55-75	200-400
Sullivan-(Canadá)	600	35	22-24	200
Elein)Canadá)	-	36	93	300-420

4.3.4 Equipos para La Rampa

4.3.4.1 Carretilla de perforación

Perforadora Jumbo WD 66.

Características:

Puede perforar secciones que llegan hasta 16,8 m² y hasta una profundidad de 15 m, con taladros horizontal y vertical, además presenta dos martillos.

4.3.4.2 Pala LF 4.1

Características:

Capacidad : 1.74 m³

Carga útil : 3.62 t

Potencia : 66 kw

Ancho : 1.68 m

Con cuchara de descarga lateral sobre neumáticos.

4.3.4.3 El dumper o camión automático PT - 3000

Características:

Longitud	-	4850 mm
Ancho	-	1800 mm
Carga	-	5000 kg = 5 t.
Radio de giro interior	=	2400 mm
" " " exterior	=	4000 mm

4.4. Capacidad de una vía en un sentido para La Rampa

$$N = \frac{1\,000\,V}{KL} \quad \text{camiones por hora}$$

V : Velocidad calculada del camión km/h

K : Coeficiente de irregularidad en el transporte

$$L = \frac{V}{3.6} t + \frac{V^2}{254 \cdot \eta \cdot \varphi \pm i} + e$$

L : Distancia entre camiones que se mueven uno tras otro, m
(por medida de seguridad no debe ser menor a 50 m)

t : tiempo de reacción del chofer, 2 seg.

η : coeficiente que toma en cuenta el estado de los frenos
0.95

φ : coeficiente de rozamiento entre las gomas y la superficie de la vía; 0.7

i : pendiente, 0/00 ; 100

e : espacio de seguridad entre un obstáculo, 5 m

$$N = \frac{1\,000 \times 20}{0.85 \times 50} = 470$$

Nota: Se utilizará un sistema de semáforo automatizado por niveles y con control manual en los niveles.

4.5 Esquema de Extracción

El esquema utilizado es el de cámara abierta y pilares.

La preparación de un bloque para su extracción requiere la ejecución de las siguientes obras mineras:

- a) Contrapozo de corte de bloque con un perfil de 2.5×2 m hasta el II subnivel y una altura de 30 m
- b) Galería de acarreo (wincheo) con un perfil de 2×2.2 m se prepara en cada bloque a todo lo largo para llevar el material hasta el lugar de transporte.
- c) Galería de transporte
- d) Subniveles (I y II) con un perfil de 3.4×2.5 m a todo lo largo de la cámara.

Así, para un bloque con las siguientes dimensiones:

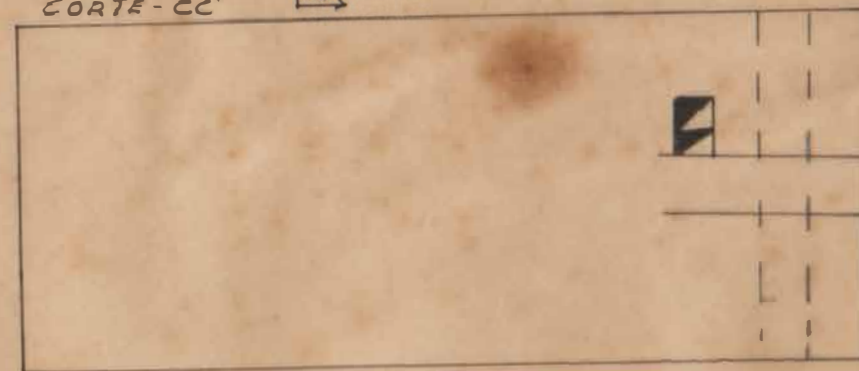
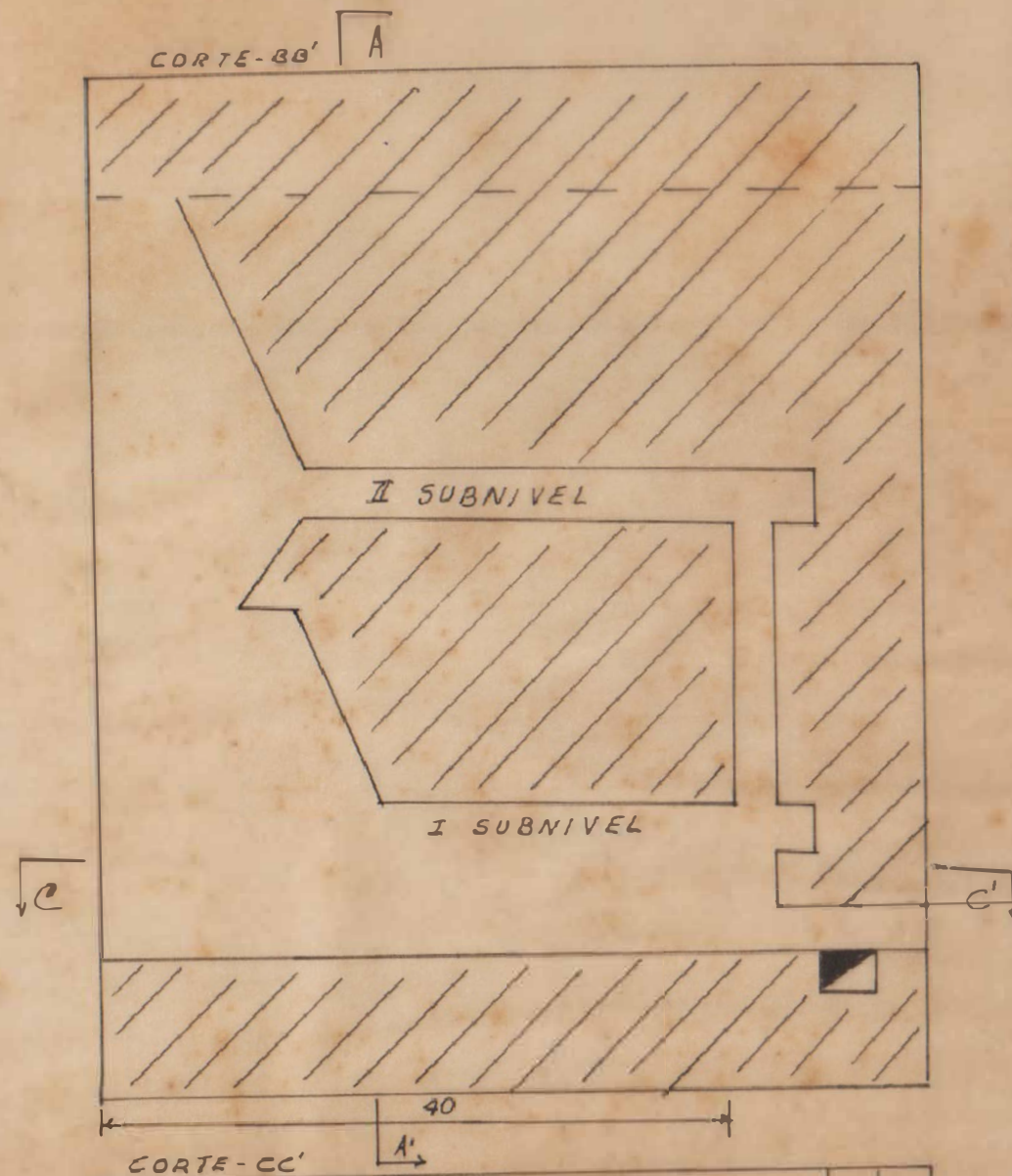
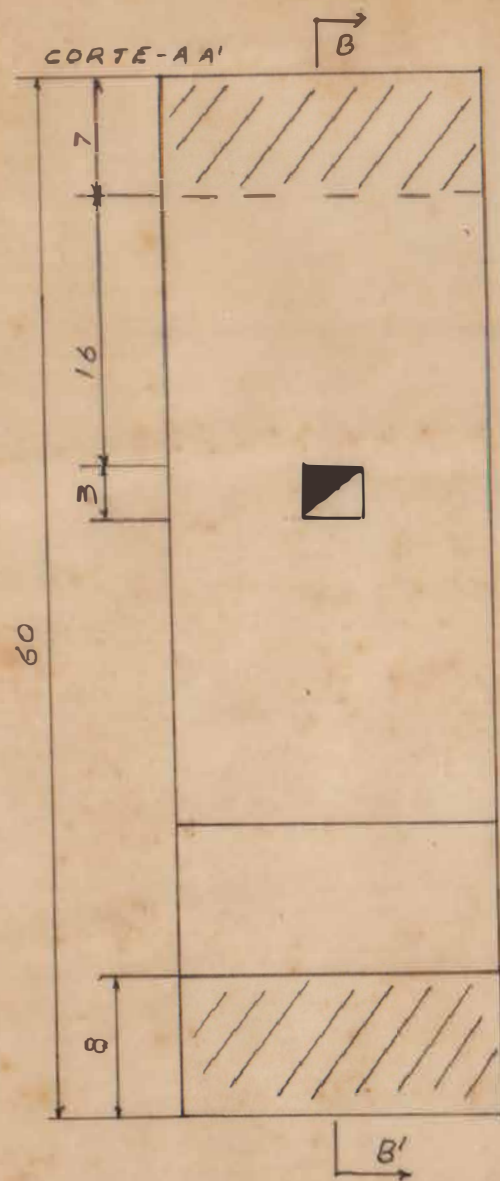
largo	-	50	m
ancho	-	25	m
alto	-	60	m

Se necesitan en resumen las siguientes obras mineras de preparación

- galería de arrastre (wincheo)	- - - - -	50 m
- contrapozo de bloque	- - - - -	30 m
- nichos de 2.5×2 m	- - - - -	9,5m
- subniveles	- - - - -	100 m
		189,5 m

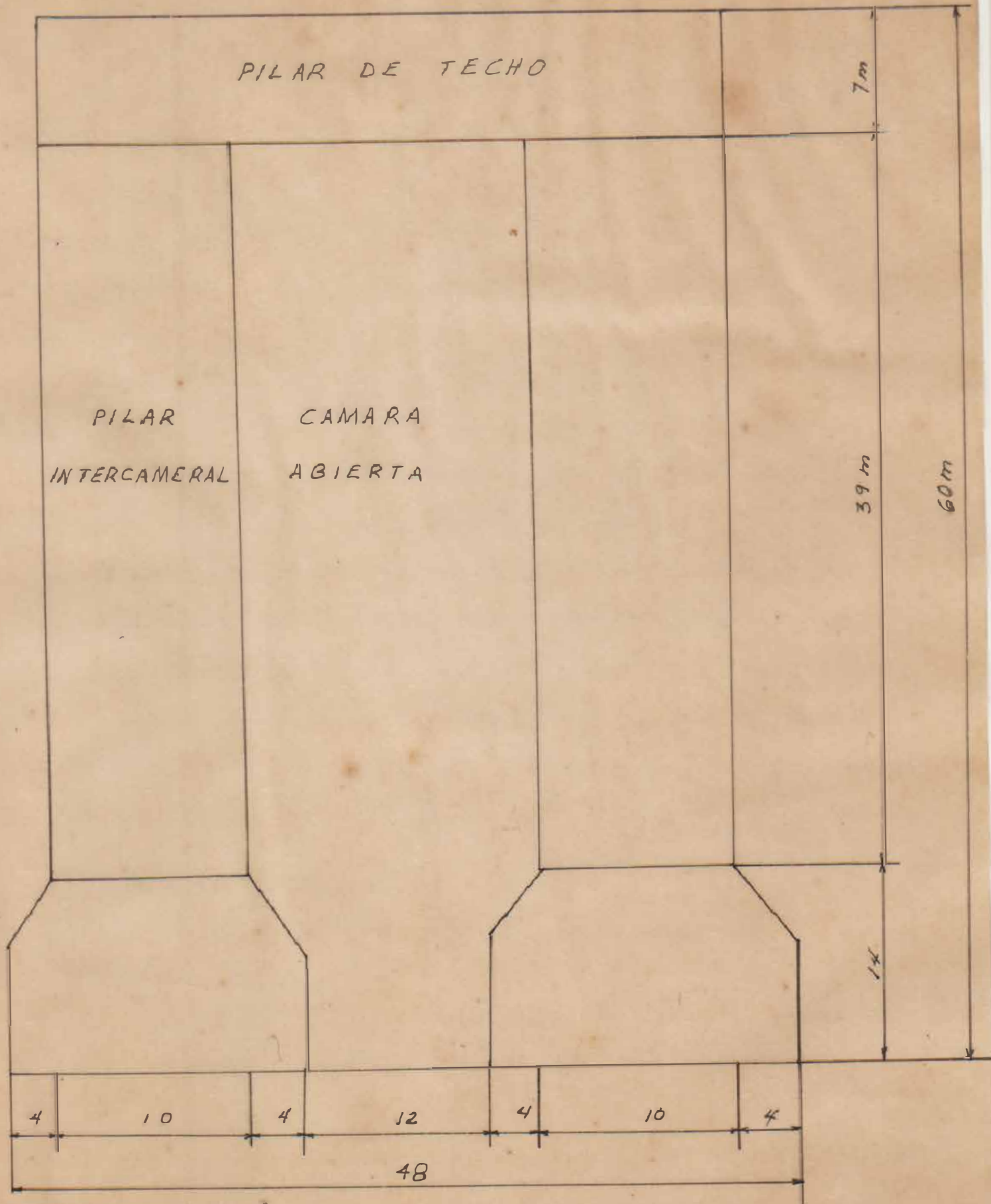
En un bloque se recuperan:

a) volumen del bloque	- - -	$50 \times 25 \times 60$	= 75 000	m^3
b) volumen de la cámara sin los pilares	- - -	$45 \times 15 \times 39$	= 26 325	m^3
c) volumen de los pilares	- - - - -		48 675	m^3
d) se recupera el 50%	- - - - -		24 337	m^3
e) recuperación total (b + d)	- - - - -		50 662	m^3



SISTEMA DE ESTRACC
POR CAMARA ABIERTA.

SITUACION DE LOS PILARES.



Porcentaje de recuperación de las reservas en la cámara:

$$\frac{50\ 662}{75\ 000} = 0.67 \times 100 = 67\ \%$$

La extracción con este método se comienza por medio de la construcción de un contrapezo a todo lo alto del bloque. Este contrapezo se ensancha posteriormente hasta alcanzar el ancho total de la cámara. Seguidamente por medio de los equipos de barrenación de columna se realiza la barrenación desde los subniveles I y II desarrollándose los trabajos en dirección al contrapezo del bloque situado en el pilar frontal.

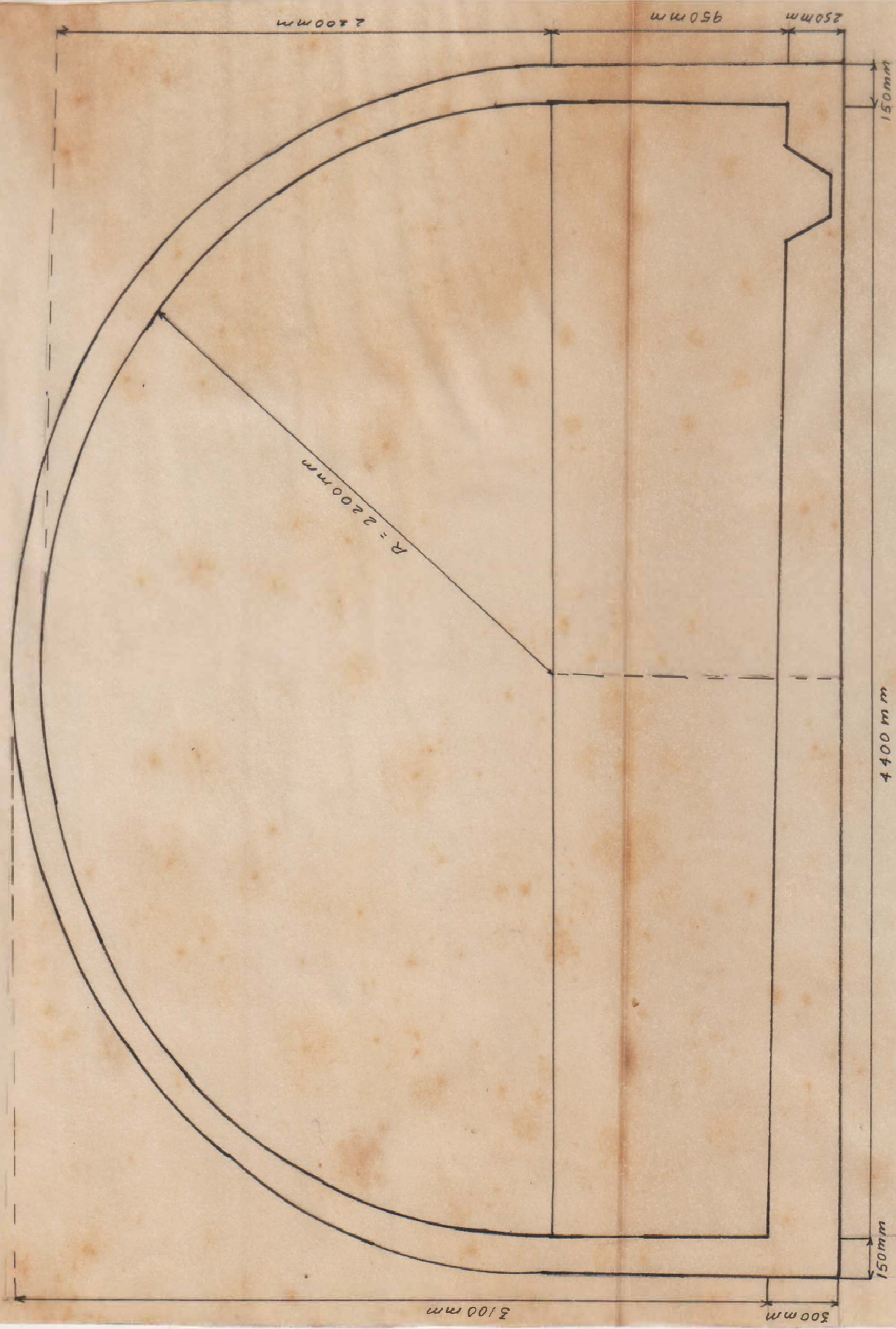
El acarreo horizontal dentro del bloque se realiza por medio de un winche eléctrico y por medio de éste, es arrastrado que a través de una torva de colada hace que el material caiga directamente al camión que se sitúa debajo de ésta en la galería de transporte.

Además vimos anteriormente que en un bloque se recuperan $50\ 662\ m^3$ que son aproximadamente $117\ 029\ t$, por lo que para obtener $300\ 000\ t$ /año, estas serán recuperadas en 3,3 bloques y entonces como en un bloque se recuperan $50\ 662\ m^3$ y se producen en un día $400\ m^3$, esto representa que para obtener los m^3 que se recuperaran en el mismo será necesario que se trabaje 126,65 días.

4.6 Excavación principal

Denominación de la excavación de apertura.-	Sección transversal (m^2)	Longitud (m)	Costo Unitario Peso/m	Gasto Total \$
Rampa	$14.31\ m^2$	1 075	1 177	1 265 275

La Rampa presenta un ángulo de inclinación de 10° tomado en base a satisfacer las condiciones del transporte.



Esta Rampa penetra directamente desde la superficie hasta el piso del primer nivel y despues va introduciéndose cada vez mas en el subterráneo, mediante el esquema de zig-zag, donde la forma de girar el camión es teniendo en cuenta la curva según el radio de giro del mismo, que no fue calculado sino solamente para dar una visión del esquema de apertura empleado en el caso del método tradicional.

Esta excavación de apertura fue realizada por la zona donde el yacimiento tiene una mayor potencia, según los pozos de perforación del informe geológico, ya que en nuestro trabajo se limitó a la sección norte del perfil III - III', o sea al noroeste del yacimiento, ya que el yacimiento como se plantea en el informe geológico es muy extenso y con variados rangos de potencia que para nuestro caso analizarlo completo no sería objetivo.

4.7 Pozo de desague

Debemos tener en cuenta que es necesario un pozo para el desague y este va a ser un pozo de perforación de gran sección que va a desaguar mediante bomba, esta agua es la que está presente en las capas superiores a la de la sal (yeso), pues el yacimiento de sal es completamente seco, por lo que planteamos que el pozo será perforado desde la superficie hasta la parte superior de las capas de sal, pues no es necesario una mayor longitud. Este pozo tendrá un diámetro de 4" a 6" aproximadamente y se colocará una bomba al final del pozo.

4.8 Pozo de ventilación

También tenemos presente la construcción de un pozo para la ventilación de la mina y además la colocación de ventiladores parciales, según el trabajo en los frentes.

El pozo de ventilación asumimos que tendrá una sección de 6 m^2 por donde va a expulsarse el aire viciado de la mina y el aire fresco va a penetrar mediante tubería a través de la Rampa, en este caso emplearemos el esquema de ventilación combinado; este pozo va a estar situado

a 60 m de la excavación de apertura.

En este punto al igual que en el anterior no se realizaron -
cálculos, pues para las condiciones específicas de nuestro trabajo no
fue necesario.

4.9 Consumo de los principales materiales

El consumo de estos materiales se dará en un año de trabajo :

- a) Combustible
- b) Grasa
- c) Aceite
- d) Gomas

La norma de consumo de estos materiales es la siguiente:

4.9.1.a) Consumo de combustible Diesel para 100 km recorrido

Capacidad del camión	7 t	12 t	27 t
Gasto del combustible en kg	35	52	126

4.9.2 b) Consumo de grasa

Se calcula en base del consumo de combustible Diesel, siendo el mismo a 0.6 % del consumo.

4.9.3 c) Consumo de aceite

Se calcula en base del consumo de combustible Diesel, siendo:

- Aceite para el motor 5% del consumo de combustible Diesel
- Aceite de transmisión 0.8 - 1.5% del consumo de combustible Diesel

4.9.4 d) Consumo de las gomas

Se calcula un juego de gomas para cada camión de volteo para un recorrido de 35 - 40 mil km!

4.10 Metodología para el cálculo del transporte automotor

1) Datos iniciales necesarios para realizar el cálculo del transporte automotor.

a) Régimen de trabajo

- cantidad de días laborables al año: 281
- cantidad de turnos al día: 4
- duración de los turnos: 6 horas

b) Volumen a transportar

- Anual: 110 389.61 m³
- Diario: 400 m³
- Por turno: 100 m³

c) Categoría de las rocas según la dificultad de extracción.

d) Peso volumétrico de las rocas (t/m³)

e) Coeficiente de esponjamiento (m³ / m³)

f) Distancia de transportación (km)

g) Tipo y marca del equipo

h) Volumen de la cuchara de carga

i) Marca del camión de volteo

j) Capacidad de carga del camión de volteo

2) Cálculo del tiempo de recorrido total

El tiempo de recorrido total (viaje de ida y vuelta) se determina por

$$Trt = Tmcc + Tmcv + Tc + Td + Tmc + Tmd + Tem \text{ (min.)}$$

donde:

Trt - tiempo de recorrido total de un camión de volteo (min.)

Tmcc -, tiempo de movimiento del camión cargado (min.)

Tmcv - tiempo de movimiento del camión vacío (min.)

Tc - tiempo de carga de un camión (min.)

Td - tiempo de descarga de un camión = 1 min.

Tmc - tiempo de maniobra del camión para la carga (para los camiones de volteo de 7b - 12 ton. = 0.3 min, para los camiones de volteo de 27 ton. = 0.5 min.)

Tem - tiempo de espera y maniobra del camión = 5 min.

Tmd - Tiempo de maniobra del camión en la descarga = 1 min.

El tiempo del movimiento del camión cargado se determina por la fórmula:

$$T_{mcc} = d_{pp} \frac{60}{V_{cp}} + d_{pt} \frac{60}{V_{ct}} \text{ , min!}$$

donde:

d_{pp} : distancia promedio del recorrido de los camiones cargados por los caminos permanentes, 7 km

V_{cp} : velocidad de movimiento del camión vacío por los caminos permanentes, 28 km/hora

d_{pt} : distancia promedio del recorrido del camión vacío por los caminos temporales, 2 km

V_{ct} : velocidad promedio del recorrido del camión cargado por los caminos temporales, 26 km/hora

V_{vp} : velocidad promedio del recorrido del camión vacío por los caminos permanentes, 38 km/hora

V_{vt} : velocidad promedio del recorrido del camión vacío por los caminos temporales, 34 km/hora

Nota: Estas velocidades se seleccionaron por tablas de trabajo ya realizado.

$$T_{mcc} = 7 \text{ km} \frac{60}{28 \text{ km/h}} + 2 \text{ km} \frac{60}{26 \text{ km/h}}$$

$$T_{mcc} = 19.58 \text{ min.} = 20 \text{ min!}$$

Tiempo de movimiento del camión vacío se determina por la siguientes fórmula:

$$T_{mcv} = d_{pp} \frac{60}{V_{vp}} + d_{pt} \frac{60}{V_{vt}} \text{ (min)}$$

$$T_{mcv} = 7 \text{ km} \frac{60}{38 \text{ km/h}} + 2 \text{ km} \frac{60}{34 \text{ km/h}}$$

$$T_{mcv} = 14.51 \text{ min.} = 15 \text{ min.}$$

$$Trt = Tmcc + Tmcy + Tc + Td + Tem + Tmc + Tmd, \text{ min.}$$

$$Trt = 20 + 15 + 5 + 1 + 5 + 0.5 + 1$$

$$Trt = 47.5 \text{ min.}$$

Tiempo de carga de un camión

$$Tc = 5 \text{ min.}$$

Cantidad de camiones trabajando se determina por la siguiente fórmula:

$$N_{trabj} = \frac{Pte}{Nt \cdot Ku} \cdot K \quad (\text{unidades})$$

Pte : productividad en el turno

Ku : coeficiente de utilización de los camiones en el turno = 0.9

K : coeficiente de irregularidad de los viajes = 1.1

Nt : norma de trabajo

La norma de trabajo del chofer de un camión de volteo en un turno se determina por la siguiente fórmula:

$$Nt = V \cdot Nv \quad (m^3)$$

V : Volumen de la roca en el camión

Nv : Número de viajes de un camión

$$Nv = \frac{Tt - Tcp - Tdes}{Trt} \quad (\text{viajes})$$

Tt - Duración del turno = 360 min.

Tcp - Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales = 35 min.

Tdes - Tiempo de descanso = 30 min.

Trt = tiempo de recorrido total = 47.5 min.

$$Nv = \frac{360 - 35 - 30}{47.5}$$

Nv = 6 viajes

$$V = Q_c \cdot N_c$$

$$Q_c : \text{Volumen de la roca en la cuchara} = 1.5 \text{ m}^3$$

$$N_c : \text{Cantidad de cucharas para cargar un camión} = 6$$

$$N_t = V \cdot N_v$$

$$N_t = 54 \text{ m}^3$$

ahora:

$$N_{trabj} = \frac{100}{54 \times 0.9} \cdot 1.1 = 2 \text{ camiones}$$

4.11 Pasaporte de perforación y voladura para el bloque.

1) Cálculo del volumen de mena

$$V = (B \cdot h - S) \cdot W \quad (\text{m}^3)$$

V - Volumen

B - El ancho de la banda (m)

h - Altura del subnivel (m)

S - Sección de la excavación desde donde se perfora (m²)

$$V = (25 \cdot 15 - 8.5) \cdot 3$$

$$V = 1099 \text{ m}^3$$

2) Sustancia explosiva

- Igdanita

3) Determinación del gasto específico de sustancia explosiva según la fortaleza de la roca

$$q = q_0 \cdot K_{se} \quad (\text{kg/m}^3)$$

q_0 - gasto específico

K_{se} - coeficiente de corrección de la sustancia explosiva

$$q = 0.4 \times 1.15$$

$$q = 0.46 \text{ kg/m}^3$$

4) Determinación de la línea de menor resistencia

$$W = d \sqrt{\frac{7.85 \Delta \sigma}{q \cdot a}} \quad (\text{m})$$

d - diámetro del taladro en (dm)

Δ - densidad de la S.E en el taladro (g/cm³)

γ - la longitud relativa de carga en el taladro. Cuando la distribución de los taladros es en abanico el valor de
= 0,7 a 0,8

a - coeficiente de acercamiento de los taladros de 0,6 - 1,3

$$W = 0.85 \sqrt{\frac{7.85 \times 0.9 \times 0.7}{0.46 \times 1}}$$

$$W = 0.85 \sqrt{\frac{4.94}{0.46}}$$

$$W = 3 \text{ m}$$

5) Determinación de la cantidad de S.E para el arranque del anterior volumen.

$$Q = V \cdot q \text{ (kg)}$$

$$Q = 1\,099 \times 0.46$$

$$Q = 506 \text{ kg}$$

6) Determinación de las longitudes de carga total

$$L \text{ carga} = \frac{Q}{q_t} \text{ (m)}$$

q_t - peso de la sustancia explosiva en un metro lineal de taladro (kg/m)

$$q_t = 0.25 \quad d^2 \quad \text{carga}$$

cuando se carga sustancia explosiva a granel el coeficiente carga = 1

$$q_t = 0.25 \times 3.14 \times (0.85^2) \cdot (0.9) \cdot (1)$$

$$q_t = 0.51 \text{ kg/m}$$

$$L \text{ carga} = \frac{506}{0.51} = 992 \text{ m}$$

7) Longitud total de los taladros

$$Lt = \frac{L \text{ carga}}{2} \quad (m)$$

$$Lt = \frac{992}{0.7}$$

$$Lt = 1\,417 \text{ m}$$

8) Número de taladros

$$Nt = \frac{Lt}{1 \text{ promedio}}$$

1 promedio : longitud promedio de los taladros

$$Nt = \frac{1\,417}{15}$$

$$Nt = 94$$

En una voladura se arrancarán $1\,099 \text{ m}^3$ de materiales que multiplicado por 0.85 (coeficiente de esponjamiento) arrojó un valor equivalente a 934 m^3 que representan $2\,157 \text{ ton.}$, esto me garantiza la producción de 9.34 turnos, por lo que existe un consumo de sustancias explosiva anual de $59\,804 \text{ kgs}$ o sea 59.80 ton.

9) El consumo de detonadores al año es:

11 109 detonadores eléctricos

4.12 Método de dilución

4.12.1 Organización del trabajo

Para cumplir una producción de 300 000 t / año de sal es necesario establecer las siguientes consideraciones:

- días de trabajo al año 300 días
- horas diarias de operación 24 horas
- productividad por pozo en 1 hora de trabajo 8 m³/hora
- concentración del Na Cl 285 g/l
- productividad diaria por pozo de salmuera
8 m³ x hora x 24 h = 192 m³ / día

donde:

$$192 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.285 \text{ t/m}^3 = 54.72 \text{ t/día en cada pozo}$$

- cantidad de salmuera extraída en un pozo por año:

$$54.72 \text{ t/día} - \text{pozo} \times 300 \text{ días} = 16\,416 \text{ t/año por pozo}$$

$$\frac{16\,416 \text{ t/año}}{2.31 \text{ t/m}^3} \times 0.85 = 6\,040.5 \text{ m}^3/\text{año por pozo}$$

2.31 peso volumétrico de la sal

0.85 coeficiente de esponjamiento

4.12.2 Número de pozos necesarios para la extracción y algunos datos sobre los mismos.

$$\frac{300\,000 \text{ t/año}}{16\,416 \text{ t/por pozo}} = 18 \text{ pozos}$$

Se considera dado el volumen de sal a extraer la necesidad de 18 pozos a perforar, para garantizar el volumen de salmuera necesaria y el establecimiento de un por ciento de paradas por roturas u obstrucciones, así como mantener las reservas necesarias.

Debe destacarse que el volumen de salmuera a extraer será proporcional al volumen de la cavidad o caverna de los pozos.

El costo por metro de pozo perforado, encamizado y entubado es de \$106 lo que equivale que el costo de los 18 pozos a perforar a una profundidad cada uno de 500 m será de \$954 000 lo que significa que el costo de

cada pozo por separado a perforar es de \$53 000.

También hay otros costos de inversión que son las instalaciones de superficies (tuberías, arbolitos de los pozos, manómetros, etc.) que se calculan aproximadamente en \$ 50 000.

4.12.3 Tecnología de los pozos.

El solvente utilizado para disolver la sal del yacimiento es el agua de mar, la cual contiene unos 22 - 25 g/l, es bombeada directamente a los pozos perforados a 500 m de profundidad para este objetivo, cumplida la función de disolución del yacimiento, la salmuera surge a la superficie con una concentración de 240 - 250 g/l aproximadamente, de los pozos de salmuera pasa al tanque sedimentador con el objetivo de que precipiten los elementos insolubles, donde se bombea la salmuera al tanque que la almacenará para después alimentar los cristalizadores donde comienzan a cristalizar a los 24 - 25° Be cristalizada la sal, esta es recogida y pasada por la meseta de lavado y apilado, donde es lavado el Na Cl y apilado, ya de aquí pasa a la planta donde la misma es procesada terminando en ésta el flujo tecnológico.

5.1 Características y parámetros de los pozos

Los pozos presentaran una profundidad de 470 a 500 m, utilizándose agua de mar como fluido diluyente, los diámetros de las tuberías de extracción son de 100 mm y 60,3 mm. El sistema de dilución es el directo, inyectándose el agua de mar por la varilla interior, subiendo a superficie la salmuera resultante por el espacio anular libre entre ambas tuberías.

Las cámaras resultantes de la dilución tendrán un pilar de techo de 20 m aproximadamente, de manera que proteja la superficie e impida la penetración de agua de los niveles superiores en las capas de sal y el mismo estará situado debajo de la capa de yeso, también entre pozo y pozo se deja un pilar de 60 m aproximadamente para proveer la seguridad del terreno en el futuro cuando se termine la dilución y queden conformadas las cámaras de donde se extrajo la salmuera; éstas cámaras según los experimentos en la práctica se ha demostrado que deben tener un diámetro alrededor de 30 m, estos datos son tomados de trabajos ya realizados.

5.2 Efectos en la cavidad de los pozos

Sería beneficioso resumir los importantes efectos que se producen en el desarrollo de una cavidad en el minado por disolución:

El agua que penetra la región del fluido introduce un campo de velocidad en las etapas primarias de disolución debido al hecho que el agujero resulta tan pequeño que la velocidad a la que se inyecta al agua en la cavidad da lugar a un flujo por convección forzada turbulento en la cercanía del límite sólido. Posteriormente, según se agranda la cavidad la velocidad en las inmediaciones de la pared de la misma no se deberá a la velocidad del flujo dentro de la cavidad, sino al flujo por convección libre que surge de la distribución de densidad variable y del perfil de salinidad que se crea en la cavidad.

La disolución de la sal es un proceso heterogéneo es decir, tiene lugar en la superficie de las dos fases de reacción: sólida (sal) y líquida (solución). La disolución de la sal se produce de acuerdo con la cinemática de difusión, es decir, puede ser atribuida a la velocidad del proceso de difusión y no a la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar en la interfase!

Teóricamente y como resultado de diversos experimentos ha sido demostrado que durante el proceso de difusión de la disolución, se

$\approx 90\text{ m}$

ω

B

YESO

20 m

PILAR / DE TECHO

TECHO

500 m

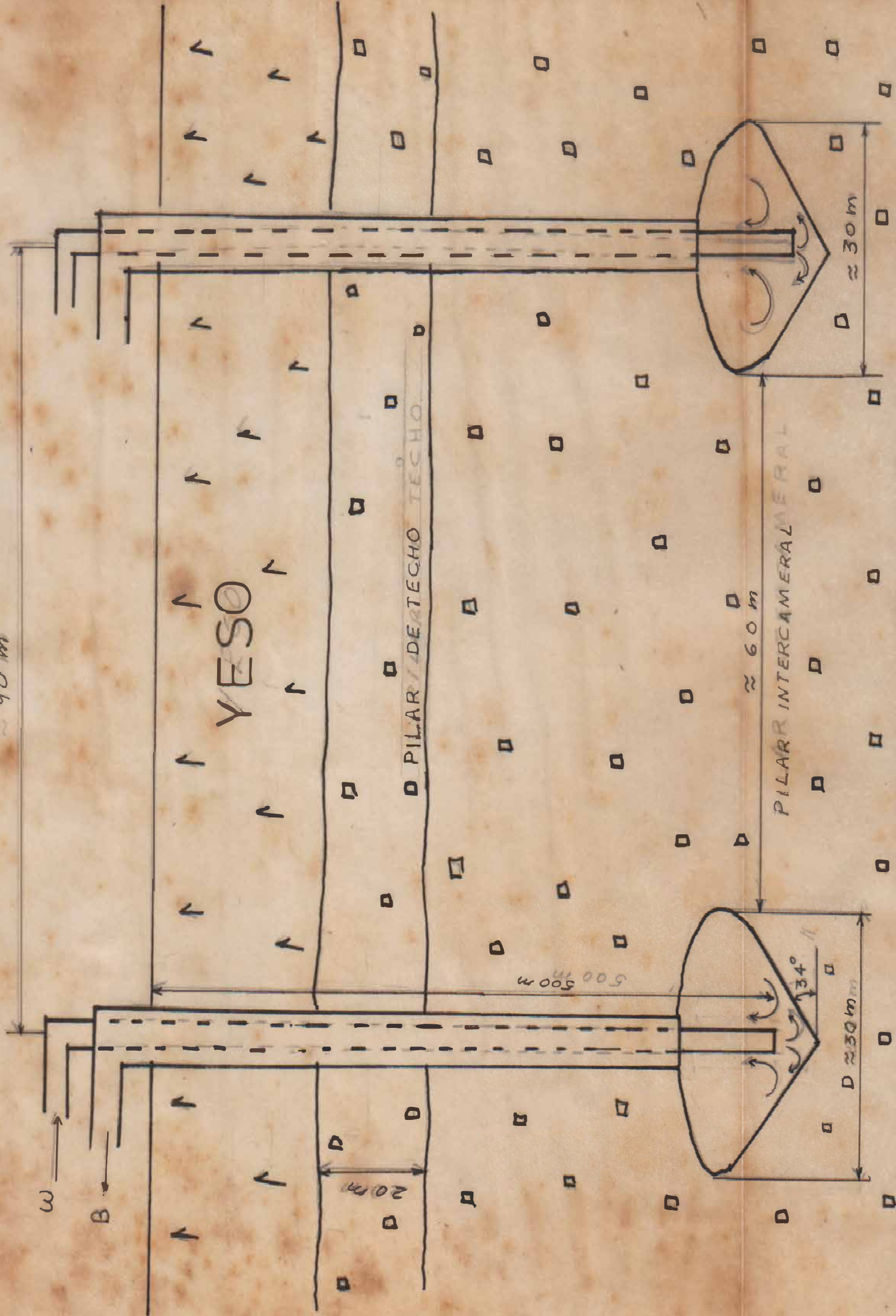
$\approx 60\text{ m}$

PILAR INTERCAMERAL

$D \approx 30\text{ m}$

$\approx 30\text{ m}$

34°



producirá una capa no estacionaria en la superficie del sólido en disolución y esta capa límite fluida aumentará su concentración hasta alcanzar un valor casi igual al de saturación. A través de esta capa límite se produce la difusión de la materia disuelta que define la velocidad del proceso de disolución. Este fenómeno, la difusión, permite que se produzca la disolución al transportar las moléculas de sal lejos del frente, ya que no puede producirse la disolución cuando la salmuera saturada se encuentra adyacente a la pared de la cavidad.

Como conclusión, debemos reconocer que la velocidad de disolución de un material como la sal está determinado en primeros lugares por las condiciones existentes en el fluido. No obstante, las condiciones del sólido son también importante y deben ser tomadas en consideración durante el análisis del proceso de disolución.

A continuación, relacionamos las fenómenos más importantes que afectan la disolución en una cavidad y que serán utilizados como guía para el desarrollo del análisis del proceso de disolución de la sal.

5.2.1 Fenómenos básicos que afectan la disolución en la cavidad

Fase Líquida (solvente)

- Velocidad de flujo
- Concentración
- Volumen
- Temperatura
- Sistema de Circulación
- Distancia entre puntos de entrada y salida

Fase Sólida (sal)

- Area de superficie expuesta
- Angulo de inclinación de la superficie.
- Irregularidades superficiales
- Inclusiones insolubles

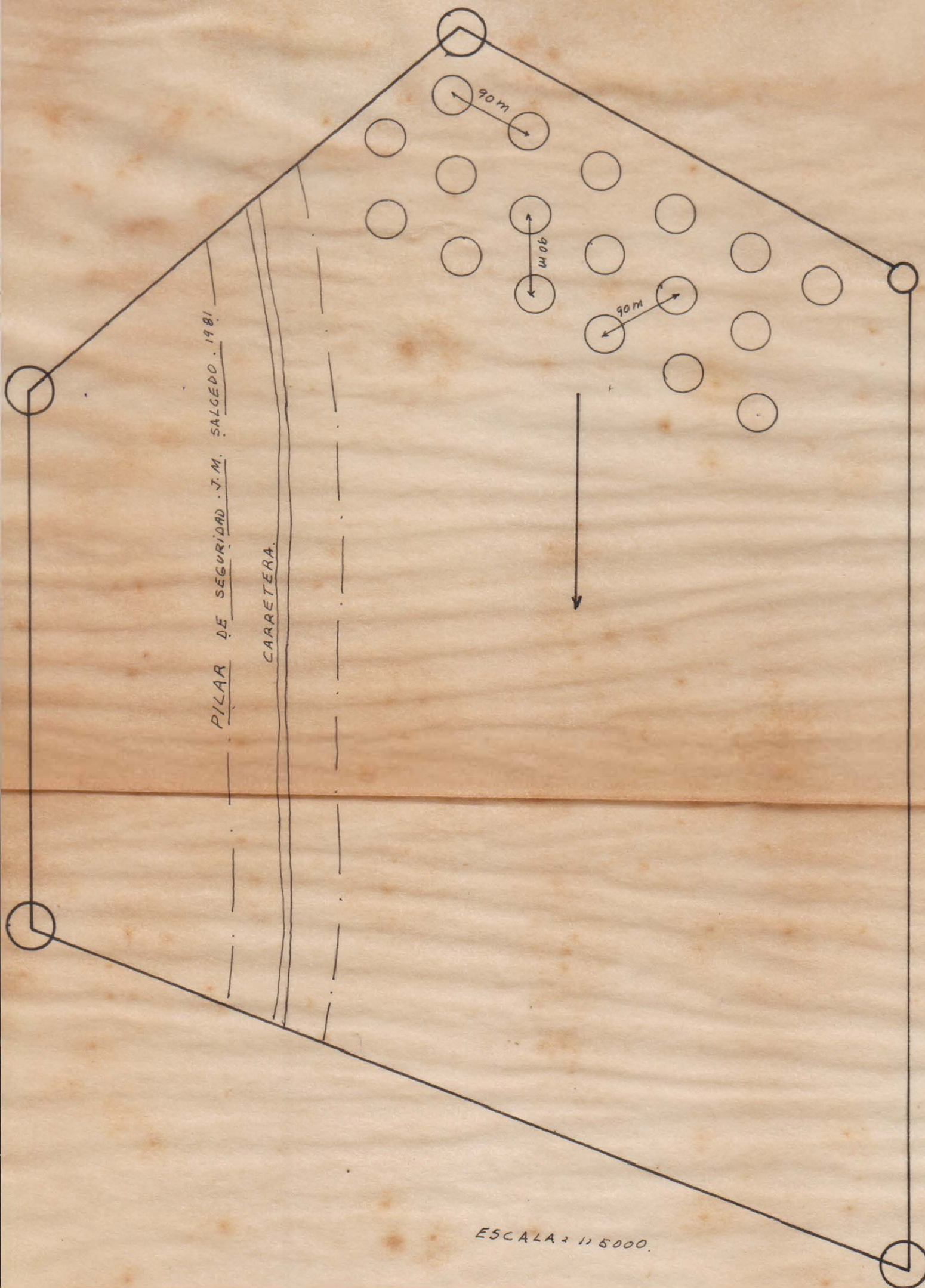
CAPITULO VI: PROYECCION DE LOS SECTORES DE MINADO POR DISOLUCION

6.1 Características del Sector

Como resultado de los cálculos realizados en capítulos anteriores para la producción planteada de 300 000 t/año es necesario perforar 18 pozos, cada uno de 500 m de profundidad, y una productividad horaria por pozo de $8 \text{ m}^3 / \text{h}$ para satisfacer nuestras condiciones!

Este conjunto de pozos será perforado en el sector en que el yacimiento presenta mayor potencia, por donde según el mapa de bloques de reservas en esta sección pasa el perfil III - III¹ que se encuentra en la parte noreste del yacimiento de sal gema de Punta Alegre muy cercano a la costa y que según los pozos y cotas de la exploración detallada de J. Martínez Salcedo, 1981, este sector está delimitado por los siguientes pozos de exploración, S-6, S-3, P-10, S-4, S-1, S-2 y en el perfil se encuentran los pozos S-3 y S-5.

En el momento de proyectar los 18 pozos teniendo en cuenta que entre cavidades se dejará un pilar de 60 m y el diámetro estimado de la caverna será de 30 m, la distancia entre centro para los pozos vecinos resulta de 90 m.



ESCALA 1:5000.

CAPITULO VII: CALCULO TECNICO - ECONOMICO

7.1 Método de minado tradicional

- Introducción
- Determinación del monto de inversión
- Costo de extracción
- Tasa de efectividad
- Indices técnicos-económicos

7.1.1 Introducción

a) Extracción anual

La producción planteada es de 300 000 t/año que equivale a 110 389.61 m³ / año.-

b) Días laborables al año:

En un año se laboran 281 días

c) Cantidad de turnos por día

4 turnos por día de 6 horas

Esta parte se ha dividido en:

- Determinación del costo de inversión
- Determinación del costo de extracción

7.1.2 Determinación del costo de inversión

Equipamiento:

Para el cálculo del equipamiento se ha tomado el listado de equipos según su cantidad y sus costos, aquí estarán principalmente los equipos que van a laborar en el trabajo del bloque y algunos que se utilizarán para el laboreo de La Rampa y así tener un aproximado de los costos.

T A B L A D E E Q U I P O S

No.	Denominación	U.M.	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
1	Winche eléctrico	uno	1	30 100	30 100
2	Camión MOA2 6401 - 985	"	3	12 500	37 500
3	Carretilla de perforación BVA 21-9	"	1	9 500	9 500
4	Compresor BF-10	"	1	10 500	10 500
5	Cargador de taladros	"	1	1 500	1 500
6	Carretilla de perforación Jumbo WD66	"	1	25 000	25 000
7	Pala LF 4.1	"	1	13 000	13 000
8	Camión automático FT 3000	"	15	7 800	117 000
Sub-Total					244 100
Más: 15% de gastos de transpor- tación, montaje, etc.					36 615
T O T A L					280 715

Costo de construcción de la Rampa:

El costo de La Rampa lo obtuvimos en base al costo unitario de 1 m de pozo que es de \$ 1 177.00 ; dato tomado de la práctica que multiplicado por la longitud de La Rampa, nos arroja un gasto de:

Total - - - - - \$ 1 265 275.00

7.1.3 Determinación del costo de extracción.

Los indicadores que conforman este costo son:

- materiales: este cálculo de materiales se realizó principalmente con los mas utilizados en el laboreo ascendiendo los costos a

\$ 59 116.27

más: un 10% de otros materiales 5 911.62

total \$ 65 027.89

- salarios: el salario fue calculado en base a una tabla tomando el salario por ciclo, que equivalen a 4 turnos y en base al año arroja un valor de: \$ 152 081.28

- seguridad social: para este indicador hemos planteado el 10% de los salarios por lo que será igual a: \$ 15 208.13

- mantenimiento: se ha considerado como un 4% del valor de los equipos ascendiendo a: \$ 11 640.00

- gastos generales: dentro de estos gastos se incluyen los gastos de servicios, personal, imprevistos, etc. y se toman como un 10% de los gastos del subtotal del costo de extracción igual a:

\$ 27 148.78

- depreciación: el cálculo de este indicador fue realizado tomando en cuenta la tasa de depreciación de los equipos relacionados el cual asciende a: \$ 33 442.10

T A B L A D E M A T E R I A L E S

No.	D e n o m i n a c i ó n	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Aceites y grasas	kg	44 000	0.13133	5 778.52
2	Brocas	U	300	55.0	16 500.00
3	Barrenas	U	40	31.0	1 240.00
4	Sustancia explosiva	kg	59 804	0.37260	22 282.93
5	Combustible	t	221.2	55.0	12 166.00
6	Detenadores eléctricos	U	11 109	0.08	893.12
7	Cables para el disparo	m	10 500	0.02	210.00
8	Cables de winche	kg	132	0.60	79.20
Sub-Total					59 116.27
Más: 10%					5 911.62
T O T A L					65 027.89

T A B L A D E S A L A R I O S

No.	C a l i f i c a c i ' o n	Categoría	Salario		No.de Obreros	Costo por Salario		Salario por ciclo
			Hora	Turno		Hora	Turno	
1	Chofer	C	1.30	7.84	2	2.60	15.68	\$ 62.72
2	Cargador	B	1.41	8.50	1	1.41	8.50	34.00
3	Perforadores	A	1.62	9.76	2	3.24	19.52	78.08
		C	1.30	7.84		2.60	15.68	62.72
4	Técnicos	A	1.78	10.74	3	1.70	32.22	128.88
5	Cargador de taladro	A	1.62	9.76	2	3.24	19.52	78.08
6	Jefe de Brigada		1.78	10.74	1	1.70	10.74	42.96
T o t a l			10.81	65.18	11	16.49	121.91	\$ 487.44
, T O T A L A N U A L								\$ 152 081.28

T A B L A D E D E P R E C I A C I O N

No.	Denominación	U.M.	cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Tasa de Depreciación %	Costo Total \$
1	Winche eléctrico	uno	1	30 100	30 100	12.0	3 612.00
2	Camión MOAZ 6041-985	"	3	12 500	37 500	8.8	3 300.00
3	Carretilla de perforación BVA 21-9	"	1	9 500	9 500	20.0	1 900.00
4	Compresor BF-10	"	1	10 500	10 500	21.0	2 205.00
5	Cargador de taladros	"	1	1 500	1 500	7.0	1 050.00
6	Carretilla de perforación Jumbo WD66	"	1	25 000	25 000	20.0	5 000.00
7	Pala LF 4.1	"	1	13 000	13 000	12.0	1 560.00
8,	Camión automático LF 4.1	"	15	7 800	117 000	8.8	10 296.00
9	O t r o s	-	-	- -	24 410	14.0	3 417.10
Total - - - - -							33 442.10

Costo de extracción

- Materiales	\$ 65 027.89
- Salaries	152 081.28
- Seguridad Social	15 208.21
- Depreciación	33 442.10
- Mantenimiento	11 640.00

Sub-Total 277 399.48

Otros (10% del sub-total) 27 739.94

T o t a l : 305 139.42

Monto de inversión

- Equipos	260 715.00
- Construcción y montaje	1 265 275.00
- Sub-Total	1 545 990.00

Otros (15% del sub-total) 231 898.50

T o t a l : \$ 1 777 889.00

En el monto de inversión es válido tener en cuenta gastos con respecto a la construcción y montaje de los cuales no se realizaron los cálculos pero que no se pueden obviar, como son:

fortificación, facilidades temporales de los obreros y otros por lo que el monto de inversión ascenderá a \$ 2 200 000.00

También hay otros costos que están presentes en todos los trabajos subterráneos como ventilación y desagüe, que al proyectar en minería tradicional subterránea hay que tener muy presente.

7.1.4 Tasa de efectividad

Se propone la siguiente formula:

$$E_o = \frac{V_p - C_p}{I} = \frac{G}{I}$$

V_p - Valor de producción

V_p = $Q \cdot$ precio

G - Ganancia o beneficio anual

Q - Volumen de producción

precio - precio del mineral

C_p - Costo de producción

I - Monto de inversión de las inversiones que se realizan

$$E_o \geq E_n \quad (\text{condición}) \quad E_n = 0.125$$

E_o - efectividad económica

E_n - efectividad económica normativa de la rama

$$V_p = 300\ 000 \text{ t/año} \times \$3.00$$

$$V_p = 900\ 000$$

$$E_o = \frac{900\ 000 - 305\ 149.42}{2\ 200\ 000}$$

$$E_o = 0.270$$

$$\begin{aligned} \text{P.recuperación} &= \frac{1}{E_o} \\ &= \frac{1}{0.270} = 4 \text{ años} \end{aligned}$$

7.1.5 Principales indicadores técnicos-económicos

1) Producción anual (t/año)	300 000
2) Productividad del trabajo (t/trabj)	27 273
3) Monto de inversión (pesos)	2 200 000
4) Costo de producción (pesos)	305 149.42
5) Ganancia o beneficio anual (pesos)	595 451.74
6) Precio del producto (pesos)	3.00
7) Efectividad económica (E_o)	0.270
8) Período de recuperación de la inversión (años)	4

7.2 Método de dilución

7.2.1 Introducción

a) Extracción Anual

La producción anual planteada es de 300 000 t/año que equivale a 110 389.61 m³

b) Días laborables al año

En un año se laboraran 300 días

c) Cantidad de horas por día

Se trabajan las 24 horas

7.2.2 Determinación del costo de inversión

Se necesitan las inversiones para los 18 pozos que satisfacen la producción al año.

El costo por m de pozo perforado, encamiazado y entubado es de \$106.00 lo que representa que el costo de los 18 pozos con una profundidad de 500 metros es de \$954 000.00, lo que significa que el costo de cada pozo por separado a perforar es de \$ 53 000.00

Se incluyen otros costos de inversión que son las instalaciones de superficie (tuberías, arbolitos de los pozos, manómetros, etc.) que se calcula aproximadamente en \$ 50 000.00

Sub-Total	\$ 954 000.00
Más:	50 000.00
	\$1 004 000.00
Más 10%	100 400.00
T o t a l	<u>\$1 104 400.00</u>

- Equipos -

	cantidad	costo
Maquina Perforadora (SIF 650M) y accesorios(soviéticos)	1	\$ 86 000.00

Este costo de los equipos se obtuvo según datos escogidos de otros trabajos realizados anteriormente, pero teniendo en cuenta la cantidad de pozos necesarios para nuestro trabajo y nuestras condiciones específicas.

Aquí son necesarios dos chequeadores para que controlen las presiones de los pozos y el buen estado de las tuberías por donde fluye la salmuera, para que en caso de rotura o salideros intervenir rápidamente sin ocasionar demoras ni discontinuidad en el flujo de producción.

7.2.3 Costo de extracción

- Salario: El salario fue calculado en base a una tabla teniendo en cuenta los costos anuales que es de : \$20 950.32
- Seguridad Social: Para este indicador hemos planteado el 10% de los salarios, por lo que será igual a: \$ 2 095.03
- Mantenimiento: Se ha considerado con un 4% del valor de los equipos que asciende a \$ 3 440.00
- Gastos generales: Dentro de estos se incluye los gastos de servicios, personal, imprevistos, etc. y se toman como un 10% de los gastos del sub-total del costo de extracción :
\$ 12 658.54
- Depreciación: Este valor se obtuvo en base a la experiencia de trabajos anteriores realizados según nuestros equipos :
\$ 50 100.00
- Materiales: En este tuvimos en cuenta gastos de materia prima, combustible, barrenas, gastos de energía eléctrica, accesorio para la construcción con los que se consideran del orden de los \$ 50 000.00 según datos de trabajos anteriores.

Costo de extracción

1) Materiales	\$ 50 000.00
2) Salario	20 950.32
3) Seguridad Social	2 095.03
4) Depreciación	50 100.00
5) Mantenimiento	3 440.00
Sub-total	\$ 126 585.35
Otros 10% del sub-total	12 658.54
T o t a l	\$ 139 243.89

T A B L A D E S A L A R I O S

No.	Variante de 18 pozos	cantidad	salario escala	salario mensual	total salario anual
1	Bomberos	7	0.54	121.98	\$ 10 246.32
2	Salinero A	2	1.14	217.18	5 214.72
3	Auxiliares	2	0.64	121.98	2 927.52
4	Chequeadores	2	0.56	106.74	2 561.76
T o t a l		13			\$ 20 950.32

Monto de Inversión

1)	Equipos	\$	86 000.00
2)	Construcción y Montaje		1 104 000.00
	Sub-Total	\$	1 190 000.00
t	Otros (15% del sub-total)		178 560.00
	T o t a l	\$	1 368 560.00
		=	1 400 000.00

7.2.4 Tasa de efectividad

$$E_o = \frac{V_p - C_p}{I} = \frac{G}{I}$$

$$V_p = Q. \text{ precio}$$

$$V_p = 300\,000 \text{ t/año} \times \$3.00$$

$$V_p = 900\,000$$

$$E_o = \frac{900\,000 - 146\,943.89}{1\,400\,000}$$

$$E_o = 0.540$$

$$P.\text{recuperación} = \frac{1}{E_o}$$

$$= \frac{1}{0.540} = 2 \text{ años}$$

7.2.5 Principales indicadores técnicos-económicos

1)	Producción Anual (t/año) :	300 000
2)	Productividad del trabajo (t/trabj)	23 077
3)	Monto de inversiones (pesos)	1 400 000
4)	Costo de producción (pesos)	139 244
5)	Ganancia o beneficio anual (pesos)	753 057
6)	Precio del producto (pesos)	3.00
7)	Efectividad económica (E_o)	0.540
8)	Período de recuperación de la inversión (años)	2

Como se observa en los cálculos planteados, primer caso para el método de laboreo tradicional y segundo el método por disolución, vemos que el segundo es un método mucho más económico en comparación con el primero, en lo que respecta a la inversión en equipos, construcción de excavaciones, uso de materiales y seguridad del trabajo, pues en el segundo caso que es el método de dilución es mucho más seguro desde el punto de vista de la seguridad de los obreros y equipos que se utilizan, ya que en el mismo no hay que penetrar en el subterráneo, así como es mucho más barato en lo que respecta al uso de materiales, equipos etc., necesitándose en este que los obreros que laboren en el control de los pozos de extracción de salmuera mantengan un estricto control en los mismos en cuanto a roturas que pudieran surgir y además tener una gran experiencia en la práctica para que el proceso tecnológico marche con los requisitos establecidos, para obtener una mayor producción y menores pérdidas, ya que este sistema de extracción presenta mayor higiene del trabajo en comparación con el laboreo minero subterráneo y como ya planteamos un considerable ahorro de los gastos inversionistas y de operación.

CONCLUSIONES

-El sistema de extracción por dilución garantiza un alto grado de seguridad e higiene del trabajo en comparación con el método de laboreo minero sub-terráneo.

-De este estudio se desprende que los costos de inversión y operación en el yacimiento de sal de Punta Alegre utilizando el método de minado por dilución son menores que utilizando los métodos tradicionales de laboreo minero sub-terráneo.

RECOMENDACIONES

- Recomendamos que el yacimiento de sal gema de Punta Alegre sea explotado mediante el método de extracción por dilución, debido a las ventajas que se han visto en este trabajo que presenta sobre el método de minado tradicional de laboreo subterráneo y que a conclusiones finales hemos llegado.

B I B L I O G R A F I A

- Perforadora Junbo WD66, En Canteras y Explotaciones, 1976 No.114, págs. 81-84
- Abilio García Merlot. Aplicación. En Tecnología de la Sal Marina, 1977 pág. 2-10
- Pedro González Suárez. Propiedades de la sal. En Tecnología de la producción de sal, págs. 1 - 20
- Manual de requerimientos para la proyección y construcción de canteras (Ruso) Nedra 1964 pag. 117 - 121
- Informe sobre la exploración detallada del yacimiento Punta Alegre. Tipo de mineral sal gema, M. Lukac (geólogo), Milo Lañar (tecnólogo) 1966.
- Búsqueda evaluativa en los flancos sur y oeste del yacimiento de sal gema, Punta Alegre, Jesús Martínez Salcedo (geólogo) Carlos Balbis (geofísico), 1982.
- Sección de excavación. En world mining, 1976, pág. 34
- Consideraciones teóricas y diseños de métodos experimentales para investigación de laboratorio del minado por disolución de la sal de roca, Ing. José Luis González Valdés (Cuba)
- Informe sobre el aprovechamiento del yacimiento de sal gema en Punta Alegre, Ing. José Luis González Valdés (Cuba)
- Pala LF 4.1 En rocas y minerales 1979, No.93 págs. 48
- El dumper automático FT-3000. En rocas y minerales 1977 No.61 págs. 75 - 76
- Agoshkov M.I. y otros, Explotación de yacimientos de minerales metálicos y no metálicos, Moscú, 1970.
- Libreta de laboreo subterráneo, Ing. Alfredo Grimón.