

13
20
6



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"PLANEACION DE LA EXPLORACION DE
YACIMIENTOS MINERALES".**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO GEOLOGO

Presenta:

ENRIQUE GARCIA REIMBERT

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE GENERAL

RESUMEN	CAPITULO I	Pag.
I. ANALISIS Y DESCRIPCION DE LAS FASES DE LA EXPLORACION....		6
I.1. INTRODUCCION.....		6
I.2. INFORMACION PREVIA.....		7
I.3. FOTOGEOLOGIA.....		8
I.4. LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS DE SUPERFICIE.....		9
I.5. LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS SUBTERRANEOS.....		12
I.6. MUESTREO.....		14
I.7. PROSPECCION GEOFISICA.....		18
I.8. PROSPECCION GEOQUIMICA.....		24
I.9. EXPLORACION DIRECTA.....		26
CAPITULO II		
II. FACTORES TECNICOS, MATERIALES Y HUMANOS QUE INTERVIENEN EN LA EXPLORACION.....		29
II.1. ASPECTOS LEGALES, ECONOMICOS Y ADMINISTRATIVOS.....		29
II.2. FACTORES TECNICOS Y HUMANOS.....		37
II.3. EQUIPO UTILIZADO EN LA EXPLORACION DE YACIMIENTOS.....		40
II.3.1. EQUIPO DE CAMPO.....		40
II.3.2. EQUIPO DE GABINETE Y LABORATORIO.....		41
II.3.3. EQUIPO DE PERFORACION.....		46

CAPITULO III

III. CRITERIOS ECONOMICOS PARA ESTABLECER UN PROGRAMA

DE EXPLORACION.....	47
III.1. PLANEACION Y PRESUPUESTOS EN LA EXPLORACION.....	47
III.2. PRESUPUESTO DE PROGRAMA DE EXPLORACION EN SUPERFICIE.	49
III.2.1. BARRENACION CON DIAMANTE.....	49
III.2.2. BARRENACION CON CIRCULACION INVERSA.....	50
III.3. PRESUPUESTO ANUAL DE EXPLORACION SUBTERRANEA 1990....	52
III.4. EVALUACION DE UN PROYECTO DE EXPLORACION.....	53
III.5. CALCULO DE RESERVAS Y DETERMINACION DE LAS LEYES.....	54
III.6. FLUCTUACIONES.....	54
III.7. FASES DE LA "VIDA UTIL" DE UN YACIMIENTO.....	56
III.8. TENDENCIAS ACTUALES DE INVERSION.....	59
III.9. CRITERIOS DE SELECCION DE INVERSIONES.....	60

CAPITULO IV

IV. PLANEACION Y CONTROL DE LA APLICACION DE RECURSOS

EN UN PROGRAMA DE EXPLORACION.....	61
IV.1. METODOS DE PLANEACION DE PROYECTOS.....	61
IV.1.1. METODO DE RUTA CRITICA.....	64
IV.1.2. METODO DE PERT.....	65
IV.1.3. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	66
IV.2. PROGRAMA DE TRABAJO DE EXPLORACION.....	68
IV.2.1. COTIZACIONES DE TRABAJO PRELIMINAR.....	68
IV.2.2. FORMATO DE UN ESTUDIO GEOLOGICO DE EXPLORACION.	72

IV.3. INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES.....	73
IV.3.1. MINERAL ECONOMICO.....	74
IV.3.2. MINERAL MARGINAL.....	74
IV.3.3. MINERAL SUBMARGINAL.....	75
IV.3.4. MINERAL PROBADO O RESERVAS MEDIDAS.....	75
IV.3.5. MINERAL PROBABLE O RESERVAS MEDIDAS-INDICADAS..	75
IV.3.6. MINERAL POSIBLE O RESERVAS INFERIDAS.....	75
IV.4.1. RECOMENDACIONES.....	76
IV.5.1. FICHA DE ARCHIVO PARA PROSPECTOS.....	78

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
--	----

BIBLIOGRAFIA.....	81
-------------------	----

INDICE DE FIGURAS.....	5
------------------------	---

FIG.A.1.SEGUIMIENTO DE UN PROGRAMA DE EXPLORACION.....	7.A
FIG.1. ELABORACION DE UN PLANO.....	10.A
FIG.2. MEDICION DE RUMBOS Y SECHADOS.....	11.A
FIG.3. LEVANTAMIENTO GEOLOGICO SUBTERRANEO.....	13.A
FIG.4. PLANO GEOLOGICO NIVEL 0.....	14.A
FIG.5. GEOLOGIA Y MUESTREO SUBTERRANEO.....	14.B
FIG.6. METODO DE MUESTREO.....	15.A
FIG.7. GEOLOGIA Y MUESTREO. USO DE DIGITALIZADOR.....	16.A
FIG.8. PROSPECCION GEOFISICA.....	18.A
FIG.9. VALORES ANOMALOS EN CUERPOS MINERALIZADOS.....	25.A
FIG.10.CORTES ESQUEMATICOS DE CUERPOS MINERALIZADOS.....	25.B
FIG.11.CUERPOS CUBIERTOS POR ROCAS ALTERADAS.....	26.A
FIG.12.APLICACIONES DE EQUIPO EN LA PERFORACION.....	26.B
FIG.13.TRASMISION DE ENERGIA EN BARRENACION.....	27.A
FIG.14.DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA CONCESION MINERA.....	31.A
FIG.15.TABLA COMPARATIVA DE AVANCE MENSUAL.....	38.A
FIG.15.B.TABLA DE CONVERSIONES.....	42.A
FIG.16.USO DE DIGITALIZADOR-PLOTER. HP-GL/2.....	40.A
FIG.17.EQUIPO DE BARRENACION A DIAMANTE.....	46.A
FIG.18.EXPLORACION CON BARRENACION Y OBRA DIRECTA.....	49.A
FIG.19.PROGRAMA DE EXPLORACION (OBRA DIRECTA).....	52.A
FIG.20.PROGRAMA DE BARRENACION (BARRENACION A DIAMANTE)..	53.B
FIG.20.A.ISOVALORES.....	54.A
FIG.20.B.ISOPACAS.....	54.B
FIG.21.DESCRIPCION DE BARRENO A DIAMANTE.....	73.B

ANALISIS Y DESCRIPCION DE LAS FASES DE LA EXPLORACION.

I.1. INTRODUCCION

La demanda de recursos naturales por parte del hombre es cada vez más grande, por lo que la utilización de métodos, técnicas y la evolución de los mismos dan paso a un esfuerzo en la optimación de la exploración y explotación de los yacimientos minerales.

El objetivo principal de este trabajo es la descripción de una secuencia metodológica en la exploración de un yacimiento mineral.

El fin de la exploración minera es localizar yacimientos que sean fuente de materia prima, con un valor económico redituable en el mercado de acuerdo con la oferta y la demanda que se tenga de los distintos minerales, estableciendo sus reservas existentes a través del estudio de la dimensión de los mismos, del muestreo, su volumen y su tonelaje que permitan determinar su ley y contenido económico.

Si el resultado del estudio de exploración es satisfactorio, se procede a desarrollar todo un programa de actividades para establecer el método adecuado para la planeación de la operación, iniciándose desde la exploración, investigación de los métodos metalúrgicos y el subsecuente estudio financiero.

El propósito de un proyecto de exploración siempre tiene una finalidad económica, aunque también deben aprovecharse las conclusiones científicas y académicas que permitan establecer de una manera más precisa, el método de aplicación de nuevos conocimientos para prospección de yacimientos minerales y su evaluación económica. (Fig.A.1)

I.2. INFORMACION PREVIA

Al utilizar un método establecido como lo prevé este trabajo, es necesario contar con un orden que siempre tendrá el objetivo de emplear los recursos en forma óptima.

Para la determinación y el desarrollo del proyecto de exploración es necesario contar con información previa del lugar, como los datos de exploración y explotación realizados en el área; el entorno geológico regional y local, los planos geológicos interpretados a partir de

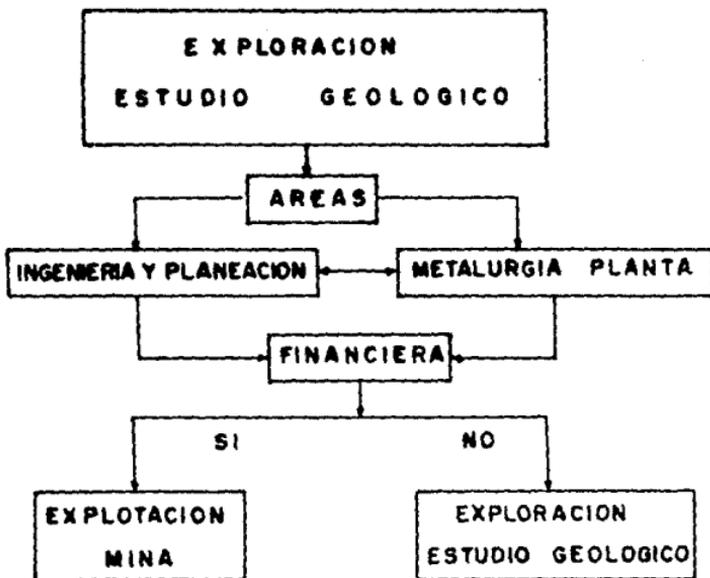


DIAGRAMA DE SEGUIMIENTO EN LA REALIZACION DE UN PROGRAMA DE EXPLORACION.

fotografías aéreas o imágenes de satélite en los cuales se localicen rasgos fisiográficos y finalmente los planos topográficos en los cuales se sitúen: la hidrografía, las poblaciones, vías de comunicación y curvas de nivel.

De esta información se procede a su análisis e interpretación para tratar de comprender las características de la zona de interés; a partir de aquí se inicia la exploración propiamente dicha.

I.3. FOTOGEOLOGIA

Las fotografías aéreas y las imágenes de satélite aumentan la eficiencia de los levantamientos geológicos, constituyen además una herramienta importante y son muy útiles para la exploración de yacimientos minerales; su interpretación servirá para localizar de manera precisa el o los lugares de interés.

La importancia de la fotogeología radica en que constituye una imagen de la superficie a explorar ; su principal ventaja consiste en que reduce la duración del trabajo a un mínimo de tiempo, sobre todo cuando se trata de un análisis de carácter preliminar, asimismo permite deducir la continuación o suspensión del proyecto, estos datos son usados en la etapa inicial de la planeación de la exploración geológica.

Con el análisis de esta información se puede apreciar si se cuenta con los servicios indispensables para llevar a cabo el trabajo, así como para establecer los puntos de partida para la exploración directa, según del tipo de programa o proyecto a realizar y así poder utilizar las vías de acceso ya disponibles o planear la construcción de nuevas de acuerdo a las necesidades de la zona por explorar.

Es importante mencionar que se cuenta actualmente con imágenes de satélite de gran calidad y definición, como son los mosaicos elaborados por Landsat de E.U.A y Spot-Image de Francia los cuales han contribuido enormemente en el campo de la fotogeología.

I.4. LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS DE SUPERFICIE

Para llevar a cabo un levantamiento geológico se debe determinar la escala a utilizar de acuerdo con las necesidades del programa. Un estudio geológico requiere escalas: 1:50,000 a 1:10,000 para una visión regional; un estudio a semidetalle o local: escalas 1:5,000 a 1:2,000 y el estudio a detalle utiliza escalas de 1:500 a 1:200 ó 1:100.

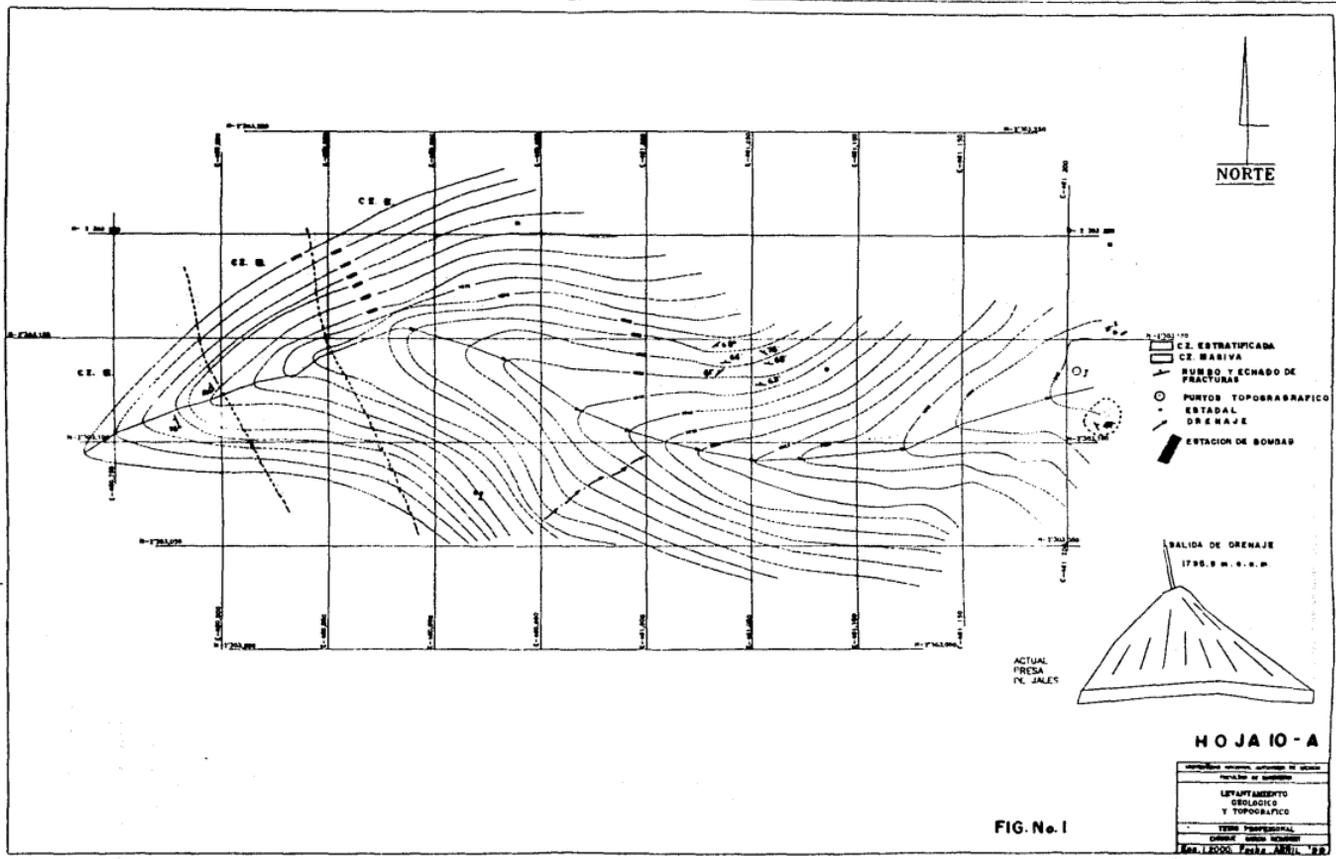
En esta etapa se diseña el tipo de muestreo, se colectan y se describen las rocas de las distintas formaciones; se determinan las unidades geológicas y sus estructuras; se define la estratigrafía de la región y la geología estructural, así como las manifestaciones y guías de mineralización que se encuentren. Es importante en esta etapa localizar y describir las diferentes guías mineralógicas que puedan conducir a la localización de un yacimiento.

Los datos obtenidos se representan en un plano; la elaboración de un plano geológico requiere de la determinación de coordenadas, datos geográficos, topográficos, geología, escala, etc. (Fig.1.)

Estos datos son realizados por una serie de métodos:

Visualización: La información obtenida se marca directamente en el plano cuando es posible identificarla, Ejemplo. elevaciones del terreno o cotas, ríos, arroyos, caminos, etc.

Ubicación y orientación de una línea de levantamiento: La localización de rasgos geográficos, como topografía y la hidrografía, son utilizados para la medición de la línea de rumbo en el plano base.



HOJA 10-A

INSTITUCION NACIONAL AUTONOMA DE ESTUDIOS Y INVESTIGACIONES CIENTIFICAS LEYFAMBERTO GEOLÓGICO Y TOPOGRÁFICO
TIPO PERSONAL CARRERA SEMESTRE
SAN LUIS POTOSÍ, PUEBLO LIBRE, ABRIL DE 1958

FIG. No. 1

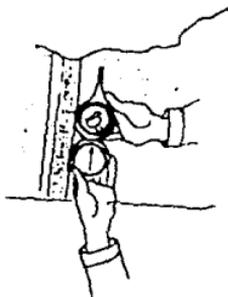
Localización y medición a pasos: Este método de levantamiento se emplea cuando se dificulta la visual a lo largo de un rasgo topográfico, se marcan en el plano base los rasgos geológicos que se identifiquen en el terreno, la medida de los pasos debe ser aproximada a 1 m, con una tolerancia para agilizar el levantamiento.

Ubicación y orientación de una línea de rumbo y medición a pasos: Se identifica otro contacto cercano a un punto no identificable en el plano base por medio de una visual, midiendo a pasos la distancia a dicho punto y se dirige hacia atrás la visual y así confirmar la orientación. (Fig.2.)

Localización por intersección de líneas de rumbo: Esto se hace cuando los puntos identificados son distantes y no se pueden medir a pasos, se localizan tres puntos equidistantes tomando una visual con la brújula a cada punto, en el plano base se trazan las líneas de rumbo obtenidas, por medio del transportador y se interseccionan éstas en el punto donde está el observador, de preferencia el ángulo de intersección entre las visuales debe ser mayor de 30 grados.



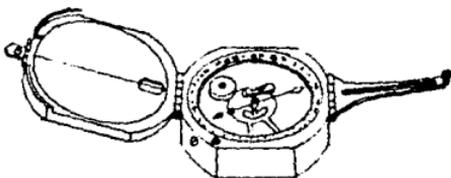
MEDICION DE ESTRATOS SOBRE UNA PENDIENTE, CON CINTA



MEDICION DEL ECHADO



MEDICION DEL RUMBO Y ECHADO



BRUJULA



HOJA II-A

FIG. No. 2

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	MEDICION DE RUMBOS Y ECHADOS EN ESTRUCTURAS POR MEDIO DE CINTA Y BRUJULA
	Enrique García Reimbert
	Escala: sin Esc.
Tests Profesional 1990	

Localización por intersección de rumbos y curvas de nivel: Esto se hace únicamente cuando se puede tomar el rumbo a un solo punto, si se puede determinar la elevación del punto donde está el observador, entonces la intersección de una línea de rumbo y la curva de nivel dará la ubicación del lugar.

Uso de señales de control para localización: Este método se usa en lugares con pendientes suaves y se utiliza cualquier rasgo identificable sobre el terreno; éste se localiza sobre el plano base por el método de triangulación.

I.5. LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS SUBTERRANEOS.

En los levantamientos geológicos subterráneos las escalas a utilizar son de 1:2,000 a 1:1,000 para los planos de conjunto y de 1:500, 1:200 ó 1:100 para planos a detalle.

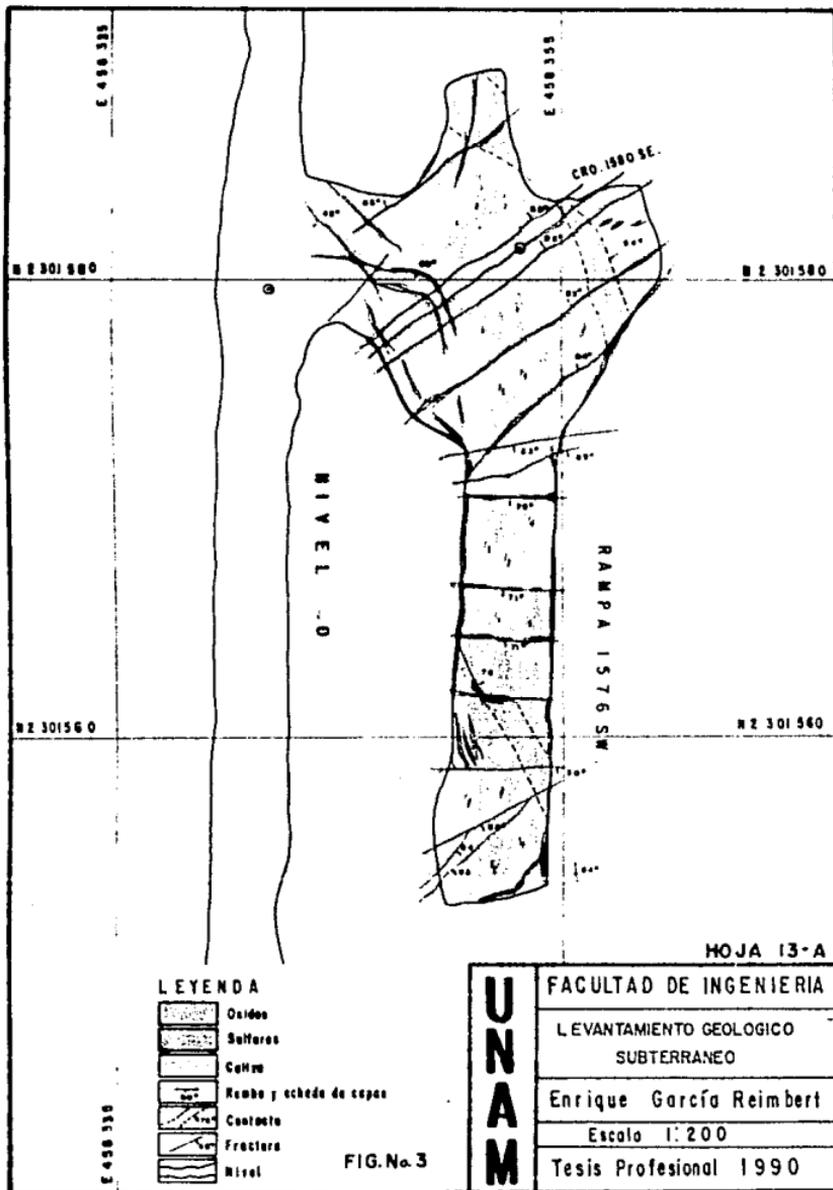
La geología a detalle en la prospección minera se caracteriza por definir la extensión, profundidad, estructura, litología y mineralogía de un cuerpo, en particular de un yacimiento mineral existente en una zona determinada y que ha sido seleccionada por su interés en su potencialidad.

La razón de hacer un estudio geológico detallado; es para la optimización en la exploración, el subsecuente análisis económico y para conocer el tipo de yacimiento.

En los levantamientos a detallè se analizan e interpretan todos los datos observados; las características de la roca, alteraciones, si se encuentran fracturas, pliegues o cambios significativos como diferentes formaciones geológicas, fallas, dirección o rumbo de las capas o cuerpos, echado o inclinación de las mismas, espesor de las formaciones, tipo de roca y posible génesis del yacimiento. (Fig.3.)

Al igual que en superficie el levantamiento de minas se basa en la información geológica, topográfica, barrenos de exploración y muestreo. El lugar a levantar en la mina se lava perfectamente y se determinan los parámetros mineralógicos y el comportamiento de los cuerpos dando su volumen, dimensión, y magnitud, leyes, reservas, continuidad de la mineralización; tipo de mineral y su dirección.

El método de levantamiento en la mina debe ser rápido y sencillo; con cinta, se mide la distancia de una ficha topográfica colocada en el techo hasta la frente de labor, y en forma perpendicular cada 2 metros se mide izquierda,



HOJA 13-A

LEYENDA

-  Oxidos
-  Sulfuros
-  Caliza
-  Ruedo y eschedo de capas
-  Contacto
-  Fractura
-  Nivel

FIG.No.3

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

LEVANTAMIENTO GEOLOGICO
SUBTERRANEO

Enrique García Reimbert

Escala 1:200

Tesis Profesional 1990

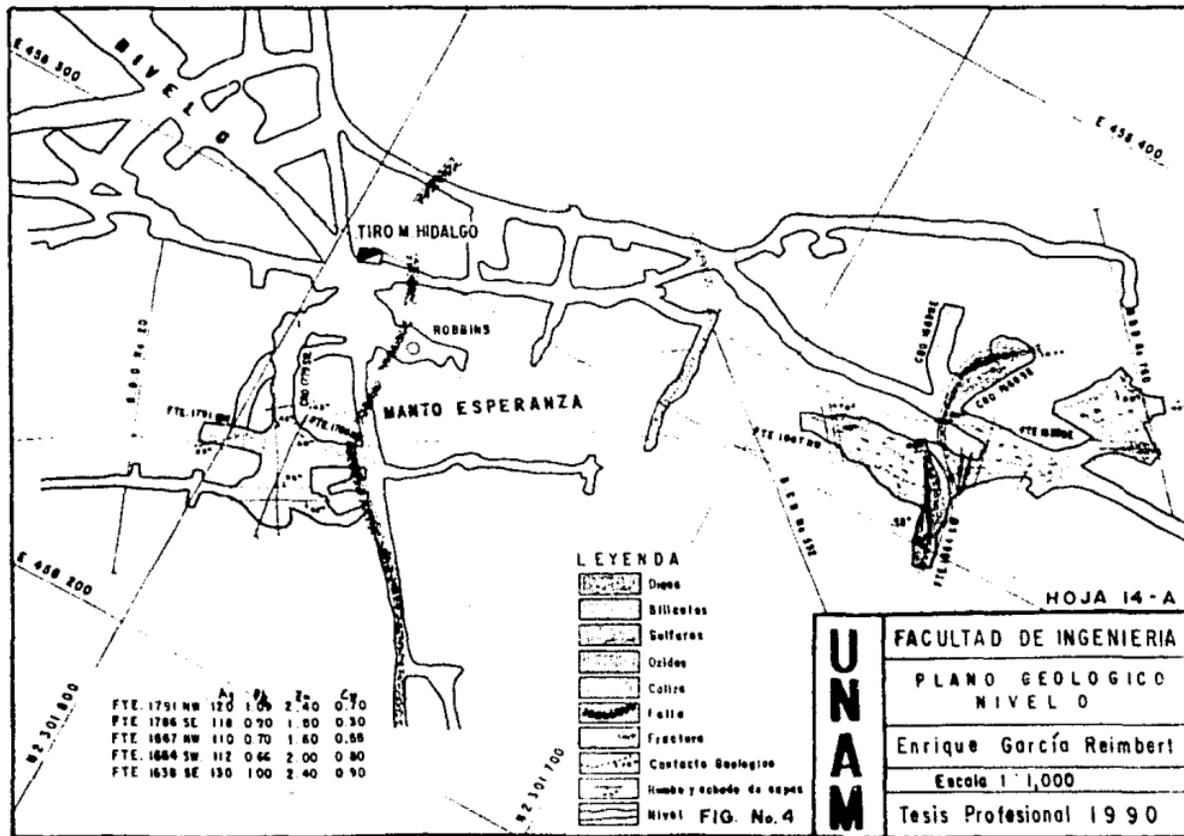
derecha, arriba y abajo, se toma la lectura, se describe la geología; los rumbos y echados se miden con brújula.

La elaboración de un plano de potencial minero se hace a partir de estudios cualitativos y cuantitativos. Los resultados de la exploración geofísica y geoquímica hacen posible determinar áreas para trabajos de prospección, un inventario de reservas, llevar a cabo estudios metalogenéticos y así poder integrar y establecer un modelo geológico a nivel local y regional. (Fig.4.)

I.6. MUESTREO

El muestreo en la exploración geológica es la obtención en forma ordenada de elementos de una población, que permite conocer su comportamiento ya sea en rocas o en minerales y así poder contar con información verídica y altamente representativa. (Fig.5.)

Con el resultado del análisis de la muestra se determina el contenido medio de sus componentes mineralógicos, así como el potencial de la mena en cuanto a sus valores económicos. Por lo que el muestreo es una determinación de la potencia del yacimiento en términos de mena lo que permitirá seguir un orden en su posible extracción.



HOJA 14-A

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

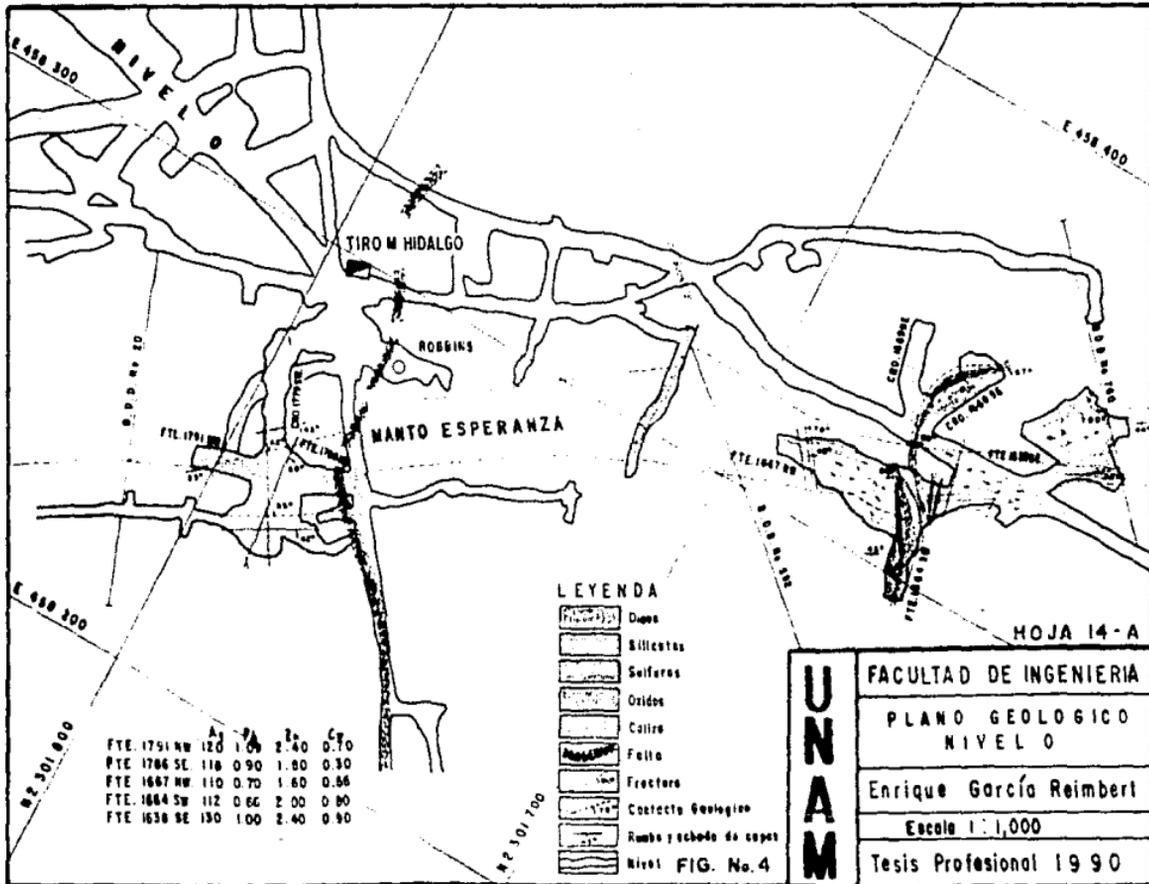
PLANO GEOLOGICO
NIVEL D

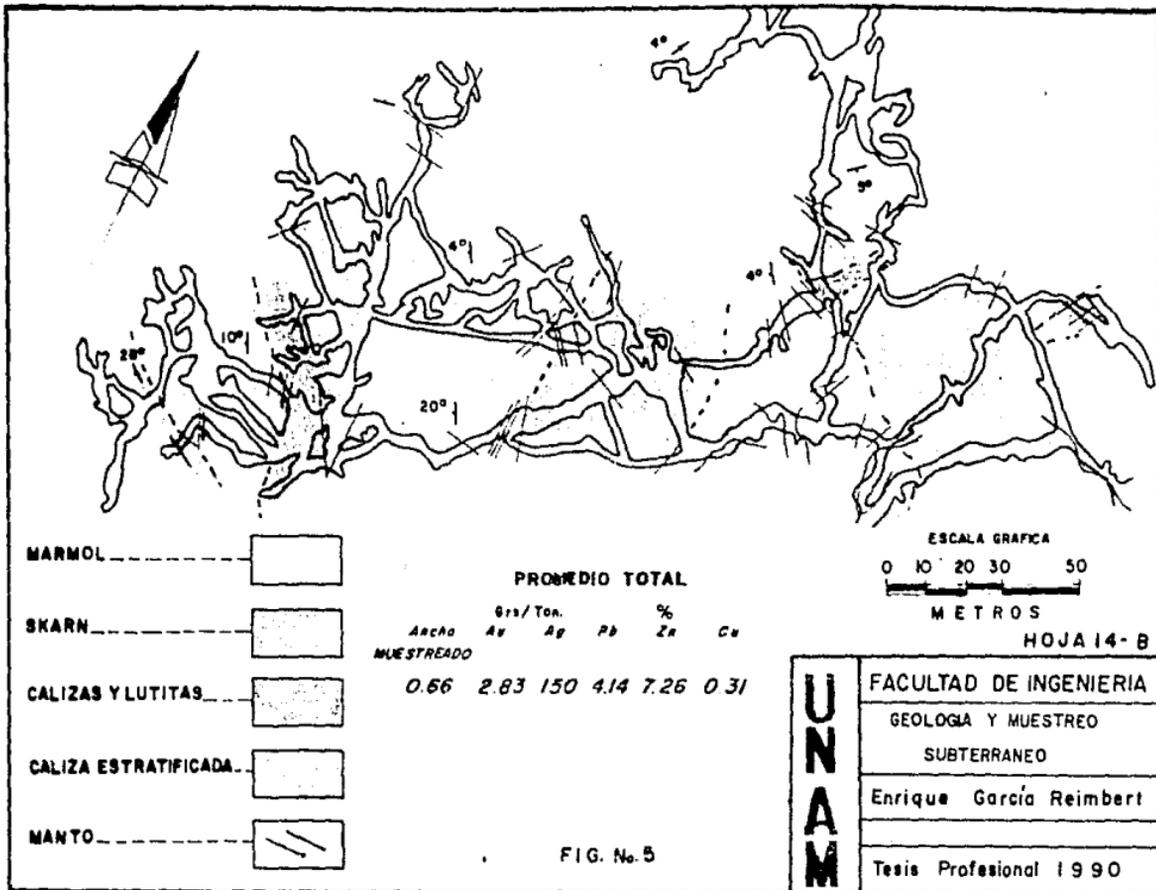
Enrique García Reimbert

Escala 1' 1,000

Tesis Profesional 1990

FIG. No. 4

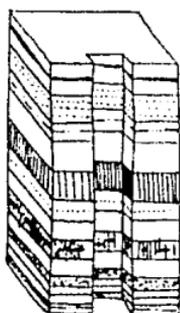




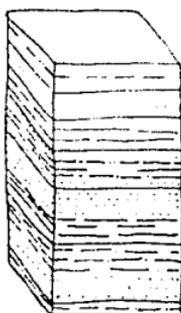
Puesto que las muestras representan a las unidades geológicas estudiadas, se requerirán métodos de muestreo diferentes para cada tipo de yacimiento o roca. (Fig.6.)

Para representar la composición promedio de un cuerpo mineralizado se tiene que muestrear en forma de "canal" ya sea perpendicular o transversalmente a las capas o afloramientos y obtener una cantidad por medio del cuarteo o material dividido y escogido. El muestreo de esquirlas es aplicable cuando se tienen yacimientos con mineralización diseminada y de grandes dimensiones.

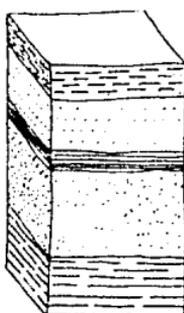
En la recolección de muestras en superficie se hace una descripción detallada de los afloramientos, en el que se incluye la localidad, localización geográfica, tipo de roca, color y alteración de la roca, espesor de la unidad litológica y sus estructuras, características, tamaño y forma de los granos de la roca, textura, mineralogía y clasificación. La importancia del muestreo, frecuencia y tipo de muestras que se necesita varía de acuerdo al propósito del proyecto y a su distribución mineralógica y para obtener en el menor tiempo posible y al mínimo costo, resultados de las leyes del yacimiento.



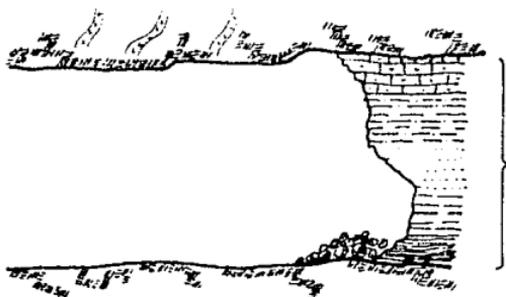
MUESTREO DE CANAL



MUESTREO DE ESQUIRRA



MUESTREO DE PORCIONES



SECCION/UNIDAD POR MUESTREAR
DE CANAL Y SISTEMATICO

HOJA 15-A

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

METODO DE MUESTREO

Enrique García Reimbert

Escala: sin Esc.

Tesis Profesional 1990

FIG. No. 6

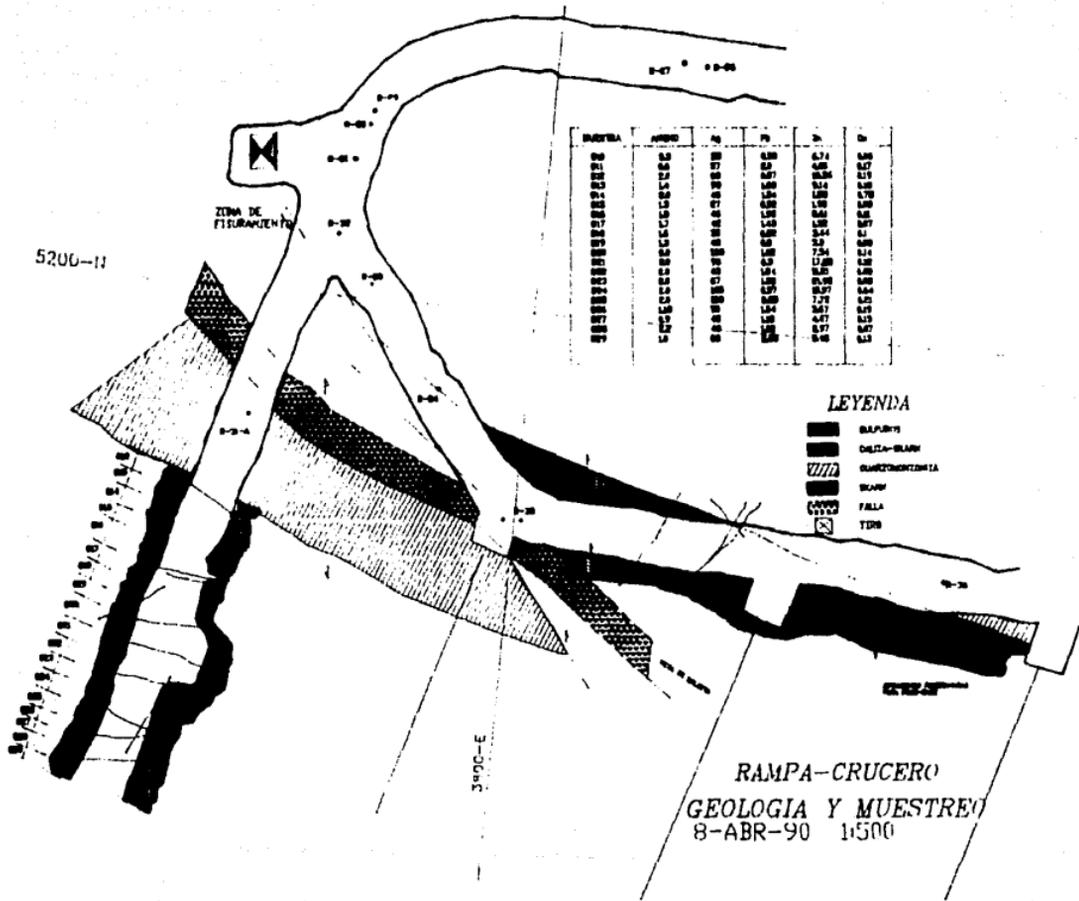
La recolección de la muestra debe ser representativa de los contactos y de zonas de mineralización, debe cubrir toda el área, lo que dá resultados positivos o negativos de acuerdo con los análisis de laboratorio; además, es necesario realizar estudios petrográficos y mineralógicos que posteriormente servirán para coadyuvar a la selección del método metalúrgico a utilizar.

En superficie, el muestreo sistemático es el más indicado para obtener una relación de áreas ricas e indicativas de mineralización y su distribución completa dentro de la zona de interés.

En el caso que exista o se justifique la realización de una obra minera, el muestreo subterráneo se hace después de un reconocimiento y examen de todos los lugares de trabajo y en toda su extensión; se muestrean techos, tablas y frentes para determinar la distribución y comportamiento de la mineralización, su estructura y las zonas de alteración, así como la determinación de las leyes del mineral; el cálculo de reservas; con lo anterior se estará en condiciones de conocer su valor económico y decidir sobre su posible explotación. (Fig.7.)

FIG. No. 7

NOJA 16-A



ESTRATA	PROF.	DESCRIPCION	PROF.	DESCRIPCION
1	0-10	...	1	...
2	10-20	...	2	...
3	20-30	...	3	...
4	30-40	...	4	...
5	40-50	...	5	...
6	50-60	...	6	...
7	60-70	...	7	...
8	70-80	...	8	...
9	80-90	...	9	...
10	90-100	...	10	...

La distancia entre las muestras puede ser continua, si se aprovechan las labores que crucen el rumbo del cuerpo o perpendicular a la potencia de éste, o bien discontinua si sigue el rumbo y el buzamiento del cuerpo. La distancia entre las muestras se determina por la variabilidad en la mineralización y la magnitud del yacimiento, su factibilidad y su detalle o estudio.

En el análisis de los resultados del muestreo se pueden aplicar métodos geoestadísticos con los cuales se estudia la correlación espacial del cuerpo mineralizado, la potencia y dirección de la mineralización, con base en variables por región como son: localización, magnitud, continuidad y orientación además de ley, potencial y acumulación de minerales, para determinar el método confiable en la toma de muestra de cualquier tipo de yacimiento.

Es por eso que la Geoestadística se usa en la determinación de las variables regionales para el estudio de un yacimiento mineral; da los valores probables de mineralización de un cuerpo mineralizado y el conocimiento de errores de cálculo en su estimación.

Una herramienta básica en el estudio de la dispersión natural de las variables regionalizadas es el variograma, que toma en cuenta la correlación de las variables o sea, ensayos bajos asociados a zonas pobres y viceversa; la diferencia entre los valores separados por una distancia h se eleva al cuadrado; la suma de esa diferencia al cuadrado se divide por dos veces el número de pares determinados. El variograma proporciona el significado preciso a la zona de influencia de una muestra, estimación de la regularidad y continuidad de mineralización, además de la posible geometría o modelo de un segmento o del cuerpo mineralizado.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum \{ f(x) - f(x+h) \}^2$$

I.7. PROSPECCION GEOFISICA.

Otro método de exploración es la prospección geofísica, utilizada para obtener información del comportamiento de la corteza con una determinada propiedad física para un área de interés que comprende profundidades entre 0 y 500m aproximadamente; desde un punto de vista económico con relación a la exploración y explotación de yacimientos minerales. (Fig.8.)

La prospección geofísica realiza mediciones en la superficie de la Tierra o arriba de ésta y da resultados de acuerdo con las propiedades físicas de las rocas y de

CAMPO DE LA TIERRA	PROPIEDADES FISICAS	METODO	CAMPO
CAMPO MAGNETICO TERRESTRE	SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA	MAGNETOMETRICO	NATURAL
CAMPOS ELECTRICOS TERRESTRES	CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA	ELECTRICO	NATURAL ARTIFICIAL
GRAVEDAD TERRESTRE	DENSIDAD	GRAVIMETRICO	NATURAL
PROPAGACION SISMICA	ELASTICIDAD	SISMOLOGICO	ARTIFICIAL
GRADIENTE TERMICO	VARIACION DE LA TEMPERATURA	GEOTERMICO	NATURAL
RADIATIVIDAD TERRESTRE	VARIACION DE LA RADIATIVIDAD	RADIOACTIVO	NATURAL

HOJA 18 - A

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	PROSPECCION GEOFISICA
	Enrique García Reimbert
	Tesis Profesional 1990

FIG. No. 8

los campos de fuerza de la Tierra; así, se tiene que para los estudios se utiliza y se planea el trabajo por medio de observación de campo y preparación de datos obtenidos a partir de parámetros representativos, dando una interpretación de los resultados del estudio y una evaluación de éste; se debe tener la información existente de antemano de las diferentes estructuras y condiciones geológicas del lugar a explorar.

Los principales métodos geofísicos de exploración usados en la minería son los magnéticos y eléctricos.

La gravimetría y los estudios sísmicos son usados principalmente en la exploración del petróleo. Los métodos radiométricos son usados en la exploración de minerales radioactivos, tales como: Uranio y Torio.

El método eléctrico depende para su éxito de la diferencia de las propiedades eléctricas de las rocas y cuerpos mineralizados; la propiedad que determina la dirección a seguir del impulso eléctrico sobre los cuerpos o a través de ellos es la conductividad; los sulfuros tienen una alta conductividad y es por ello que se obtienen parámetros para definir localidades con alta concentración de minerales metálicos; lo contrario de lo que sucede en la

roca estéril. Los métodos eléctricos utilizan la energía de los campos potenciales y miden la influencia del campo natural de la Tierra o de campos generados artificialmente con parámetros conocidos.

Las diferencias de propiedades eléctricas del subsuelo se correlacionan con cambios litológicos de formaciones, de condiciones de subsuelo y existencia de yacimientos metálicos.

El método eléctrico más utilizado en la minería es el método Inductivo o Polarización Inducida. El resultado de introducir corriente eléctrica al subsuelo, en los electrodos de medida de potencial, es que aparece voltaje creciente y rápido hasta que se estabiliza; al interrumpir la aplicación de corriente el voltaje no decae súbitamente sino que lo hace con tendencia exponencial en cierto tiempo que varía de segundos a un par de minutos si la excitación eléctrica, fué prolongada.

La corriente en el subsuelo se genera por el movimiento de iones en electrolitos presentes en los poros de las rocas y por la existencia de cargas eléctricas originadas por depósitos de otros materiales, se crean voltajes que se oponen al flujo de corriente eléctrica, con lo cual se obtiene polarización.

La polarización inducida es de origen electroquímico y depende más de la polarización espontánea que de la resistividad de las rocas del subsuelo. La polarización se genera de dos formas: Polarización de electrodos o sobretensión; es producida por variaciones entre la conductividad iónica y eléctrica, cuando hay presencia de minerales metálicos.

Polarización de membrana o electrolítica; producida por variaciones en la movilidad de los iones contenidos en los electrolitos, a través de las rocas. La polarización decrece con la porosidad de la roca, varía según el contenido del fluido en la roca; varía inversamente con la densidad de la corriente y decrece con el aumento de la frecuencia de la corriente.

El método magnético se utiliza principalmente en la traza de contactos geológicos y es aplicable a cuerpos ígneos básicos; infiere rasgos estructurales por medio del contraste magnético de la roca que subyace; mide la componente magnética total del campo terrestre en la dirección en que ésta es máxima. Las variaciones del campo magnético indican la presencia a profundidad de sustancias magnéticas como la magnetita, ilmenita etc, que en ciertos campos pueden estar asociadas a sulfuros también da información del basamento y su profundidad. En trabajos

mineros los objetivos son someros, las anomalías son de tal magnitud que pequeños cambios en la altura del terreno no modifican sustancialmente la identificación de la anomalía.

El método gravimétrico se basa en el principio de la atracción gravitacional que ejerce la masa de la Tierra sobre los cuerpos que se encuentran en su superficie y en su ámbito de influencia.

En este método es importante que exista un contraste de densidad entre la estructura mineralizada y la roca encajonante; también se toma en cuenta la profundidad del cuerpo.

El procedimiento de campo puede ser terrestre o aéreo; este último aplicado sólo a trabajos de reconocimiento, porque en las observaciones a cierta altura sobre la superficie disminuye el efecto de las variaciones de la gravedad.

El método radiométrico permite deducir por medio de una emisión, el elemento existente en el subsuelo. Las emanaciones radioactivas serán conspicuas en aquellos lugares donde existan otras especies mineralógicas más abundantes en Uranio y Torio; estos pueden estar

acompañados de otros elementos paragenéticos aprovechables.

Existen un gran número de rocas que contienen elementos radioactivos en menor o mayor cantidad; también algunas aguas contienen estos elementos en disolución y algunos compuestos orgánicos como el petróleo y el carbón lo poseen en apreciable cantidad.

La radioactividad natural en las rocas es la facultad de emisión que poseen los núcleos atómicos de determinados elementos; el átomo original se transforma en otro elemento, que a su vez podrá o no ser radioactivo. En la superficie de la Tierra se presentan radiaciones que por su cuantía y distribución son variables de una zona a otra debido a la menor o mayor distribución de los elementos emisores.

En un estudio de prospección geofísica se cumplen las siguientes etapas:

1. Planeación de objetivos de trabajo.
2. Muestreo.
3. Integración de datos.
4. Determinación y distribución de valores representativos
5. Interpretación preliminar.
6. Integración, interpretación y evaluación de resultados.

I.8. PROSPECCION GEOQUIMICA.

Otro método en la exploración de yacimientos minerales es la geoquímica, que ayuda a determinar la distribución y migración de todos los elementos químicos en condiciones geológicas definidas y en la obtención de una guía para la búsqueda y exploración de un yacimiento mineral. La geoquímica está enfocada a definir hacia dónde se encuentra el yacimiento; el estudio define las fuentes de las anomalías geoquímicas de las rocas, sus minerales traza, sus propiedades químicas y su asociación mineralógica.

Una anomalía está definida como un área donde las propiedades químicas de un material indican la posible presencia de mineral.

Las anomalías primarias consisten en una distribución anormal de elementos en los materiales de la corteza terrestre que son susceptibles de conducir a un cuerpo mineralizado. Existe una disminución progresiva del valor de los elementos al aumentar la distancia al cuerpo; la reducción llega hasta alcanzar el valor de fondo o concentración normal de los elementos. Estos halos de mineralización, su influencia y tamaño depende de las distintas soluciones mineralizantes que se depositaron en

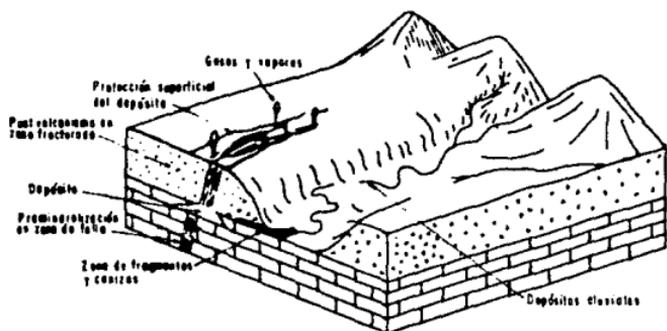
los diferentes tipos de rocas y es debido a las propiedades químicas de los elementos, a la permeabilidad y porosidad de la roca encajonante, a las microfracturas, a la reacción de los fluidos mineralizantes con la roca encajonante y a la volatilidad de los elementos, así como a condiciones de presión y temperatura en el momento de su depósito. (Fig.9.)

Las anomalías secundarias son la distribución de elementos en zonas donde existen rocas que han sido afectadas por intemperismo y oxidación; se tienen 4 factores que intervienen en una anomalía secundaria: Químicos, Biológicos, Mecánicos y el Medio. (Fig.10.)

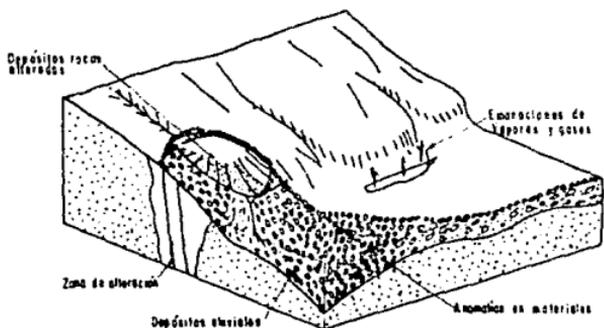
Químicos: composición química de los elementos y su distribución en un cuerpo mineralizado, migración de los elementos y cambios en su constitución.

Biológicos: vegetación, microorganismos, productores de humus y resultante de oxidaciones y reducción, concentración y asimilación de minerales.

Mecánicos: la acción de la gravedad, capilaridad de las aguas subterráneas, superficiales y su dispersión de elementos.



VALORES ANOMALOS: ANALISIS DE GASES EN SUELOS
 (Hg, Co, S, Rn, He) HALOGENOS (Br, I, Cl, F)



**CUERPOS MINERALIZADOS CUBIERTOS POR SUELOS Y CANTOS
 RODADOS PERMEABLES**

HOJA 25-A

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

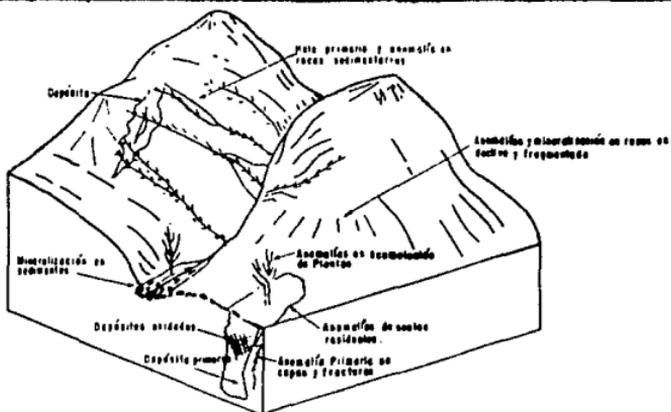
CORTES ESQUEMATICOS,
 VALORES ANOMALOS
 Y CUERPOS MINERALIZADOS
 ESTUDIOS GEOQUIMICOS

Enrique García Reimbert

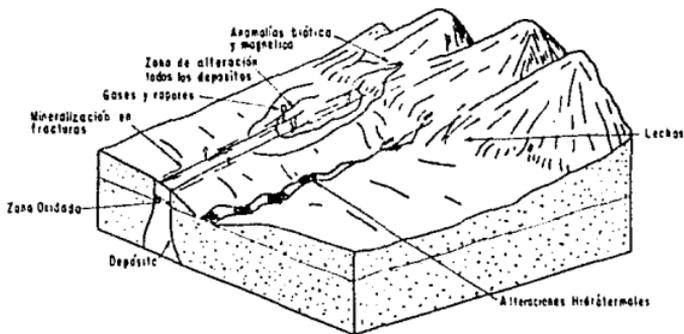
Sin Escala

Tesis Profesional 1990

FIG. No. 9



CUERPOS MINERALIZADOS AFLORANDO Y CUBIERTO CON SUELOS RESIDUALES.



CUERPOS MINERALIZADOS CUBIERTOS POR ROCAS PREMINERALIZADAS

HOJA 25 - B

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

CORTES ESQUEMATICOS
DE CUERPOS MINERALIZADOS

Enrique García Reimbert

Sin Escala

Tesis Profesional 1990

FIG. No. 10

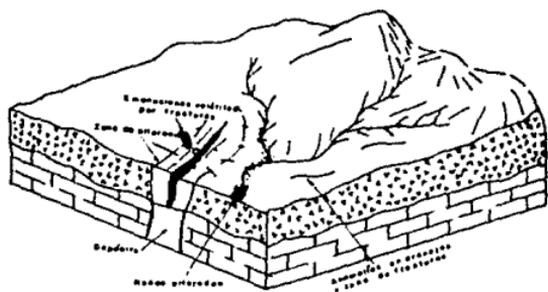
El Medio : el clima, precipitaciones pluviales, topografía, geología; el tiempo, intemperismo y formación de suelos.

En estos casos las anomalías secundarias están dadas por el contenido anómalo mínimo y varía para cada tipo de muestra y para cada área; una anomalía está definida como un área donde las propiedades químicas de un material indican la posible presencia de mineral. (FIG.11.)

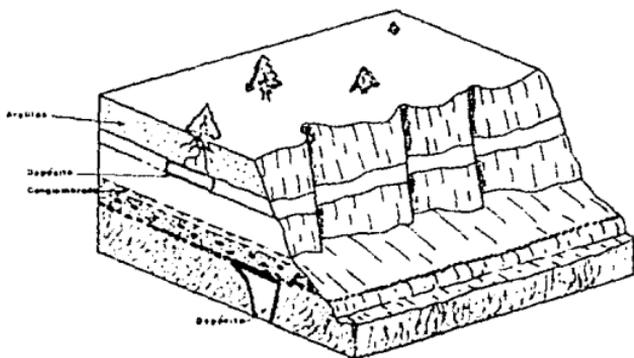
Los tipos de muestreo a realizar en la exploración geoquímica son: sedimentos de arroyos, suelos, rocas, plantas, aire y aguas subterráneas. La aplicación de un método específico de exploración geoquímica varía para cada zona; el objetivo de un estudio es determinar el área de trabajo, el sistema de muestreo a emplear y el análisis e interpretación de datos y concentración de elementos.

I.9. EXPLORACION DIRECTA

Otro método de exploración es la barrenación para la obtención de muestra que permitan conocer y evaluar aspectos geológicos y mineralógicos buscados: es el procedimiento final y decisivo en la exploración de yacimientos minerales por la información obtenida de ella. (Fig.12.)



CUERPOS OCULTOS POR ROCAS ALTERADAS

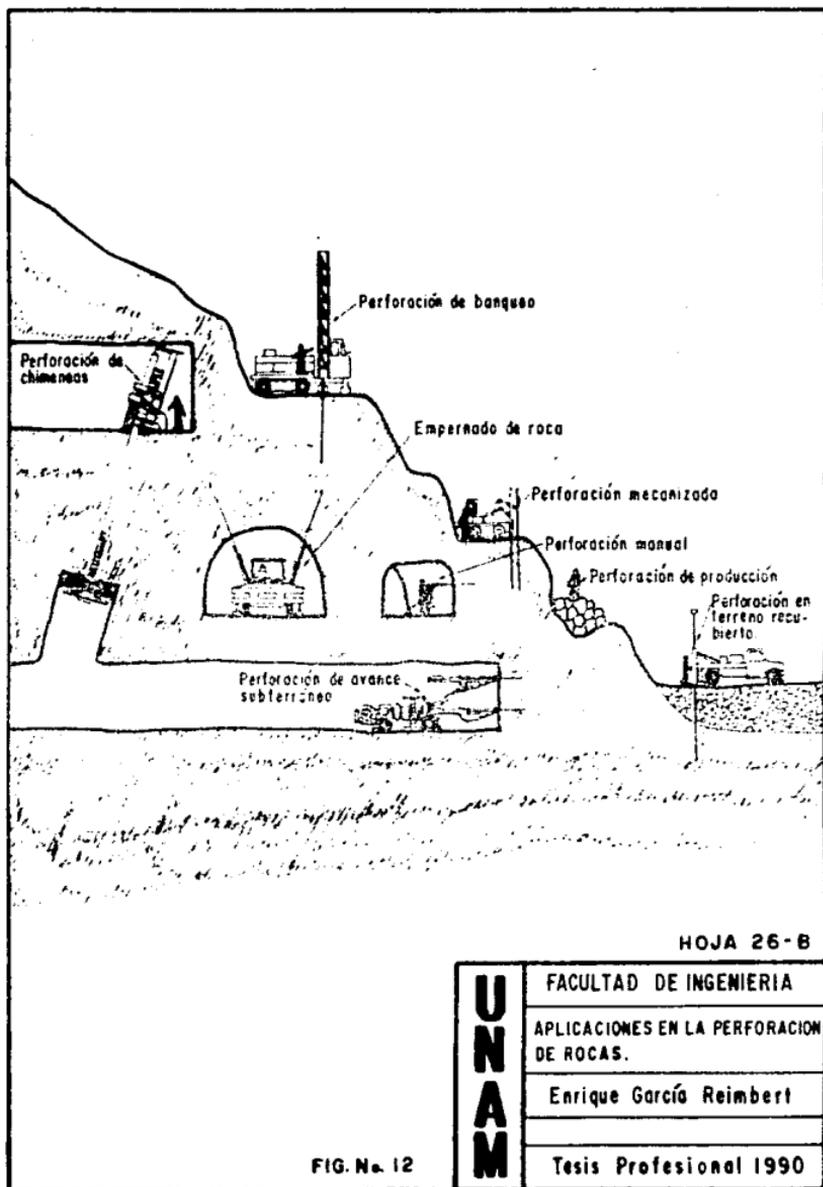


CUERPOS CUBIERTOS POR CAPAS IMPERMEABLES

HOJA 26 - A

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	CORTES ESQUEMATICOS, CUERPOS CUBIERTOS Y OCULTOS ESTUDIOS GEODINMICOS
	Enrique García Reimbert
	Sin Escala
	Tesis Profesional 1990

FIG. No 11



HOJA 26-B

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

APLICACIONES EN LA PERFORACION
DE ROCAS.

Enrique García Reimbert

Tesis Profesional 1990

FIG. No. 12

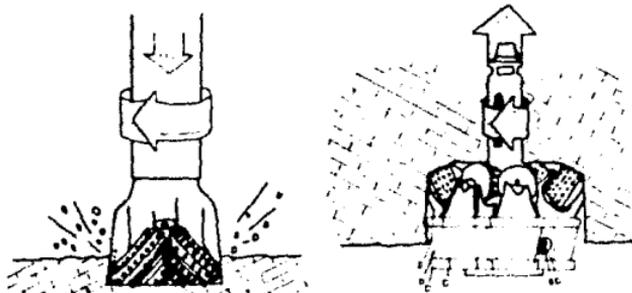
La barrenación se utiliza tanto en superficie como en mina y es particularmente útil por la recuperación de la roca perforada. Los métodos más comunes a seguir en la barrenación de diamante son :

Trituración rotativa: es usado en la exploración petrolera y en explotaciones en minas a cielo abierto. (Fig.13.)

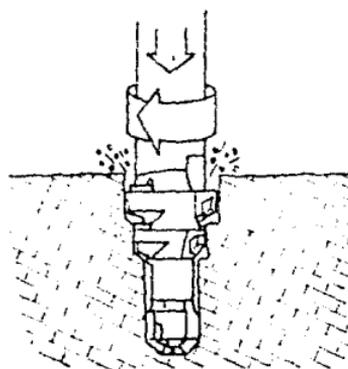
Rotación y corte: utilizado en formaciones rocosas de consistencia blanda. (Fig.13.)

Abrasivo rotativa: usada generalmente en la prospección minera y con la finalidad de obtener un testigo o núcleo de la roca perforada para su subsecuente descripción o del contenido mineralógico.

Tipo de sondas: las sondas de percusión y con corona de diamante son las más utilizadas para la toma de muestras y en la exploración de minerales, el martillo neumático se usa en la toma de muestras en labores mineras, la trituración rotativa para sondeos a gran profundidad y con diámetro mayor al convencional, es poco usado en la minería, para sondeos a poca profundidad o exploraciones en terreno blando se utilizan equipos con inyección que remueven el material a un tubo, por la acción del agua y al mismo tiempo obtienen una muestra.



ROTACION - TRITURACION



ROTACION - CORTE

- HOJA 27 - A

FIG. No. 13

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

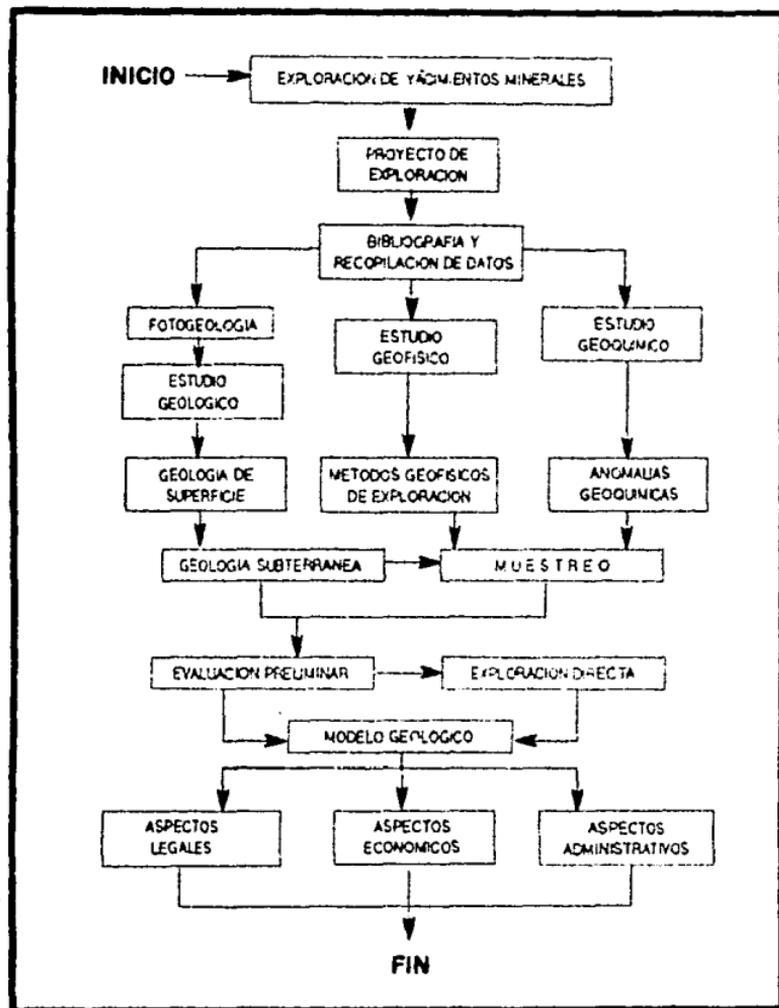
TRANSMISION DE ENERGIA
EN BARRENACION

Enrique García Reimbert

Tesis Profesional 1990

Cuando se decide perforar para encontrar o simplemente para obtener una información o relación de la mineralización, se elige un método de barrenación de acuerdo a las necesidades del proyecto, los métodos a seguir habitualmente son de perforación de diamante y perforación a percusión. Con base a la barrenación se detecta el cuerpo mineralizado y de acuerdo al presupuesto de exploración y si es factible su explotación se realizan las obras directas como son: cruceros, frentes, contrapozos etc; con el muestreo de superficie o de interior de la mina. También en la barrenación se determina la exploración sistemática a profundidad o lateralmente según el modelo de mineralización.

DIAGRAMA DEL CAPÍTULO



FACTORES TECNICOS, MATERIALES Y HUMANOS QUE INTERVIENEN EN LA EXPLORACION.

II.1. ASPECTOS LEGALES, ECONOMICOS Y ADMINISTRATIVOS

Paralelamente a los trabajos de campo se efectúan actividades como son los posibles denuncios de los fundos para exploración; a la vez que se aportan desde un principio datos para el inicio de estudios económicos tendientes a justificar cada una de las fases de la exploración, ya que actualmente se necesita mayor precisión en los cálculos que arrojarán elementos para la mejor toma de decisiones, dada la aleatoriedad de las variables que intervienen en el negocio de la explotación de recursos minerales. Es necesario conocer por su importancia en la exploración y explotación de sustancias minerales, ciertas definiciones que están comprendidas en la Ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en **Materia Minera.**

LOTE MINERO.

La localización de un lote minero es determinada por un punto fijo en la superficie del terreno al que se denomina punto de partida, éste se liga con el perímetro del lote.

El lote minero se considera un sólido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales cuyo plano superior es la superficie del terreno, los lados que constituyen el perímetro de la proyección horizontal deben estar orientados Norte-Sur, Este-Oeste, exceptuando los lados de lotes de concesión de exploración que deben formar ángulos rectos. La longitud de los lados será de 100 ó múltiplo de 100 en metros, condición no necesaria cuando por colindancia con otros lotes mineros no pueda cumplirse.

PUNTO DE PARTIDA.

El punto de partida es un punto real, permanentemente, identificable, preexistente en el terreno cuando se presente la solicitud y de preferencia bien conocido, anotando sus características y su posición respecto de otros puntos notables del terreno.

En los casos en que el punto de partida sea una obra minera, esta deberá tener, como dimensiones mínimas 1.0 x 1.0 m de sección y 3.0 m de desarrollo lineal.

En los casos en que el punto sea una mojonera, esta deberá tener 0.60 m de sección y 1 m de alto, como mínimo.

Será motivo de desaprobación del expediente el hecho de que el punto de partida no tenga las características y dimensiones mínimas establecidas.

CONCESION MINERA.

Es una autorización que el Estado otorga para efectuar trabajos de exploración, explotación y beneficio de minerales en una área determinada y para permitir la disposición de las sustancias producto de esos trabajos .

Las concesiones mineras sólo son otorgados a mexicanos o sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas y que tengan mayoría de capital mexicano con una proporción mínima del 51%.

La solicitud de concesión minera de exploración se presenta ante la Agencia de Minería a la cual corresponda el municipio donde se ubica el lote respectivo. (Fig. 14.)

DIAGRAMA DE FLUJO DE REGISTRO DE SOLICITUD DE UNA CONCESION MINERA DE EXPLORACION

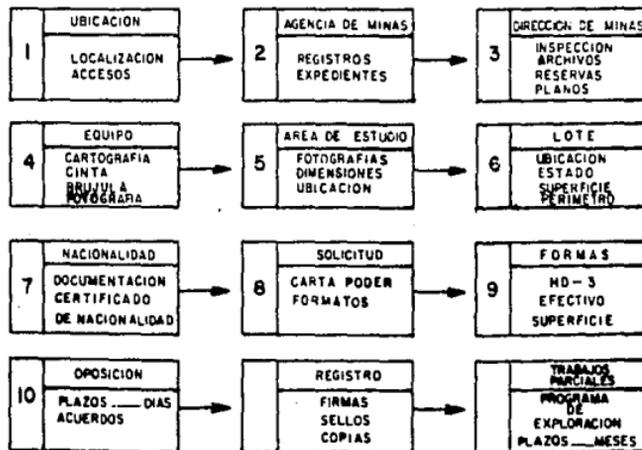
ANTECEDENTES



DATOS DE CAMPO



DOCUMENTACION



HOJA 3-A

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIAGRAMA DE FLUJO
	Enrique García Reimbert
	I
	Tesis Profesional 1990

FIG. No. 14

La solicitud se presentará por quintuplicado en papel tamaño carta y en ella se expresará en el orden en que se enumeran, los siguientes datos:

I. Si se trata de persona física:

- a) Nombre completo del solicitante.
- b) Edad.
- c) Estado civil.
- d) Nacionalidad.
- e) Registro Federal de Causantes, domicilio.

Si se trata de persona moral:

- a) Denominación o razón social.
- b) Domicilio.
- c) Número de inscripción en el Registro Público de Minería
- d) Nombre del representante o apoderado y R.F.C.

II. Municipio y Estado en que se ubique el lote.

III. Area del lote en hectáreas.

IV. Sustancias que se desee explorar, mencionando específicamente cada una de ellas (hasta 8 sustancias).

V. Nombre del lote.

VI. Descripción del punto de partida origen de las medidas del lote, sus datos exactos de ubicación y referencias a lugares conocidos y centros de población más cercanos

VII. Datos de ubicación del lote en el terreno.

VIII. Datos relativos al perímetro del lote, y de la línea o líneas auxiliares en su caso.

Junto con la solicitud deberá presentarse lo siguiente: 2 fotografías, 13 x 9 cm. por quintuplicado, de las cuales una de ellas será de detalle del punto de partida, en la que se aprecien claramente las características del mismo y la otra panorámica, en la que se aprecien claramente el punto de partida y los detalles del terreno que lo rodea, indicando la posición del mismo con una flecha. El solicitante o su apoderado, deberá firmar estas fotografías, certificando que corresponden al punto de partida del lote que se solicita y las pruebas que acrediten la nacionalidad de las personas físicas solicitantes o en caso de personas morales, su número de inscripción en el Registro.

Sólo podrán admitirse las solicitudes de concesión minera de exploración sobre terreno libre las comprendidas dentro del territorio nacional, con excepción de las siguientes:

- I. Las comprendidas en la plataforma continental, en los zócalos submarinos de las islas, cayos y arrecifes, en la zona marítimo_terrestre, en el lecho marino y en el subsuelo de la zona económica exclusiva.
- II. Las que constituyen reservas mineras nacionales.
- III. Las amparadas por asignaciones mineras vigentes.
- IV. Las amparadas por concesiones mineras vigentes.
- V. Las amparadas por una solicitud de asignación o de

concesión minera en trámite.

VI. Las que amparaban una solicitud de asignación o de concesión minera resuelta en sentido negativo, hasta que surta efectos la publicación de libertad correspondiente.

VII. Las que amparaban concesión minera o declaratorias de asignación en reservas mineras nacionales, que se hayan dejado sin efecto por cualquier motivo, hasta que surta efectos la publicación de libertad correspondiente.

Para los fines de las fracciones VI y VII se considerarán libres los terrenos 60 días hábiles después de la fecha y hora en que se publique la declaración de libertad. No surtirá efecto esta publicación, si antes de que transcurra el plazo indicado se publicare un nuevo aviso dejándola sin efecto.

En el caso de las fracciones VI y III el terreno dejará de ser libre el día en que aparezcan publicadas en el Diario Oficial de la Federación las declaratorias respectivas y tendrá el carácter de libre 30 días hábiles después de la fecha en que aparezca publicada en dicho Diario la declaratoria de libertad o de desincorporación de las reservas mineras nacionales.

concesión minera en trámite.

VI. Las que amparaban una solicitud de asignación o de concesión minera resuelta en sentido negativo, hasta que surta efectos la publicación de libertad correspondiente.

VII. Las que amparaban concesión minera o declaratorias de asignación en reservas mineras nacionales, que se hayan dejado sin efecto por cualquier motivo, hasta que surta efectos la publicación de libertad correspondiente.

Para los fines de las fracciones VI y VII se considerarán libres los terrenos 60 días hábiles después de la fecha y hora en que se publique la declaración de libertad. No surtirá efecto esta publicación, si antes de que transcurra el plazo indicado se publicare un nuevo aviso dejándola sin efecto.

En el caso de las fracciones VI y III el terreno dejará de ser libre el día en que aparezcan publicadas en el Diario Oficial de la Federación las declaratorias respectivas y tendrá el carácter de libre 30 días hábiles después de la fecha en que aparezca publicada en dicho Diario la declaratoria de libertad o de desincorporación de las reservas mineras nacionales.

El solicitante dentro de un plazo improrrogable de 150 días naturales, contado a partir de la fecha de registro de su solicitud, entregará a la Agencia o Delegación que corresponda, o directamente a la Secretaría, el programa de trabajos de exploración a que se refiere el artículo 33 de la Ley y los trabajos periciales relativos a la localización y medición del lote solicitado, de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento.

Si la fecha en que termine este plazo resulta día inhábil, se prorrogará el plazo hasta el día hábil inmediatamente siguiente. La falta de presentación del programa de trabajos y/o los trabajos periciales, dentro del plazo citado será motivo de desaprobación de la solicitud.

TRABAJOS PERICIALES.

Se refieren al estudio técnico_legal que un perito minero efectúa de una solicitud de concesión minera, con objeto de determinar la localización topográfica del lote minero y la superficie que ampara.

PROGRAMA DE TRABAJOS.

El programa de trabajos de exploración a efectuarse en el lote, en los tres años de vigencia de la concesión que, en

su caso, se otorgare, será suscrito por el solicitante y se referirá a las inversiones y trabajos destinados a localizar, identificar y cuantificar las sustancias minerales existentes en el lote a que se refiere la solicitud y podrán consistir en investigaciones y reconocimientos geológicos, incluyendo exploraciones geológicas, trabajos topográficos, perforaciones de diamante y obras mineras tales como tajos, socavones, frentes, cruceros, tiros, etc.

Los titulares de concesiones mineras de exploración están obligados a:

I. Enterar los gravámenes fiscales sobre concesiones mineras correspondientes

II. Ejecutar las obras e inversiones que tengan por objeto descubrir las sustancias consignadas en su título y conocer las posibilidades de su aprovechamiento comercial, dentro de los plazos y condiciones fijados por la Ley y en título respectivo.

III. Comprobar ante la Secretaría de Patrimonio Nacional, en los plazos y condiciones fijados en la Ley y en el título respectivo, que han ejecutado las obras e inversiones a que se refiere la fracción anterior, presentando la memoria, planos y documentos necesarios para ello.

II.2. FACTORES TECNICOS Y HUMANOS.

En la exploración de yacimientos minerales se toman en cuenta una serie de factores indispensables como son: la localización, planeación, proyección y evaluación de recursos energéticos para su aprovechamiento y desarrollo.

La exploración se dirige hacia donde la mineralización promete concentraciones de interés económico y en donde existen antecedentes de explotaciones anteriores en regiones o distritos en particular o bien en regiones nuevas donde las características geológicas son promisorias, por medio de estudios sistemáticos para encontrar yacimientos económicamente explotables

Es en este paso; donde el Ingeniero Geólogo utiliza factores técnicos de las diferentes áreas de la prospección, la fotogeología, topografía, los levantamientos geológicos, la petrología, la geoquímica, la exploración geofísica y la barrenación entre otras disciplinas. Los factores técnicos utilizados en la búsqueda de un yacimiento originan gastos destinados a la compra o renta de material y maquinaria de perforación, así como a la utilización de equipo de precisión, y a la contratación de personal calificado. La necesidad del personal es de acuerdo con las necesidades y métodos a

seguir en el programa de exploración.

La labor del ingeniero geólogo en la exploración de yacimientos minerales es la de dirigir, supervisar, coordinar y realizar la exploración; su trabajo se relaciona con la investigación y localización de los yacimientos minerales, y la cubicación de sus reservas minables.

La dirección de la explotación de un yacimiento no es una acción puramente asistencial de parte del geólogo, sino por el contrario, debe haber acuerdos interdisciplinarios tomados en la exploración minera, desarrollo y tipo de explotación para la obtención de buenos resultados y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

El estudio de barrenos exploratorios es importante ya que conducen a complementar el análisis de los datos obtenidos de los levantamientos geológicos (Fig.15.) y a la interpretación del estudio en un mínimo de tiempo, optimando resultados para dar una viabilidad económica y práctica. En todos los estudios se lleva una relación de leyes obtenidas en el muestreo de los distintos cuerpos y sus estructuras; estos planos son actualizados y procesados inmediatamente después del levantamiento.

En los trabajos de exploración se debe contar con personal calificado para la integración de un grupo de trabajo. El Ingeniero Geólogo está capacitado para ejercer y realizar levantamientos geológicos y topográficos, la planeación e integración de datos y la elaboración de planos ; aunque en estos tiempos en que el trabajo requiere de especialidades, es necesario la asistencia de personas calificadas en las distintas áreas de las actividades de exploración para la simplificación del trabajo como son: topógrafo, geofísico, químico y personal técnico.

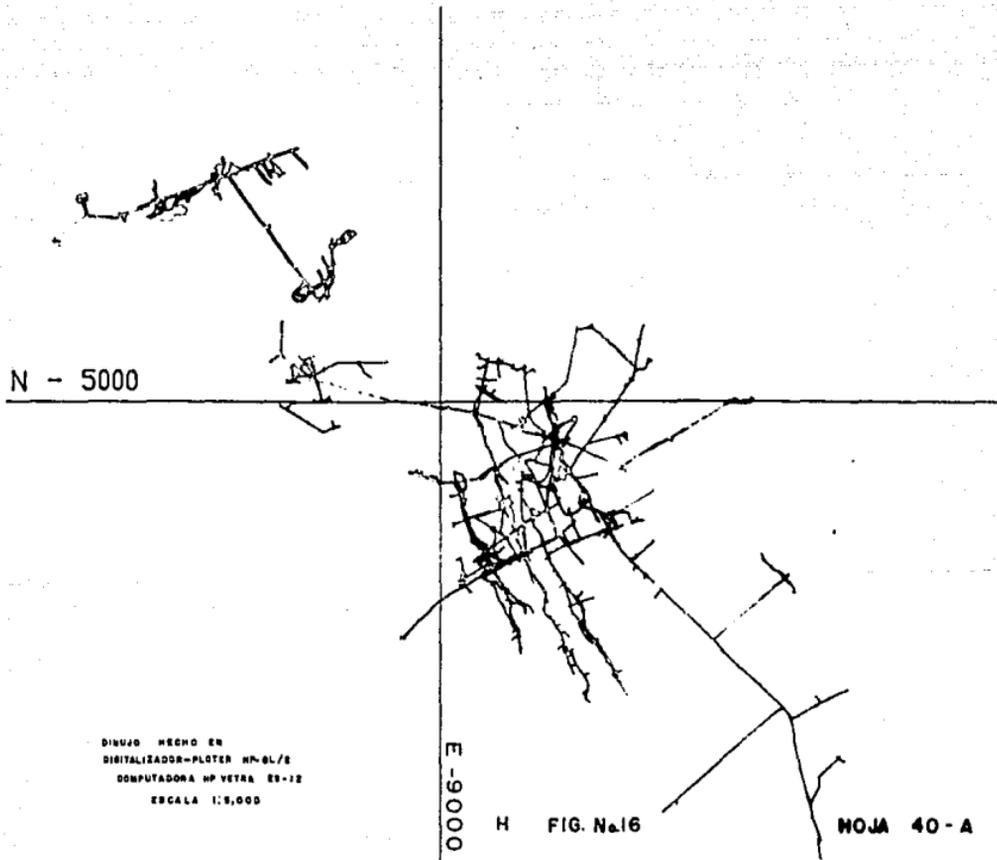
Las cuadrillas de barrenación son dirigidas por un responsable que es el encargado de coordinar los trabajos de barrenación de acuerdo con las indicaciones del ingeniero del proyecto. La exploración es integrada en algunos casos a través de los medios más modernos como es la computación; es de gran ayuda para el geólogo el sintetizar resultados de la exploración, ya que con el uso de sistemas es posible el manejo de un gran número de datos y la obtención de resultados con mayor rapidez en: muestreo, cartografía , barrenación, fondos y cálculo de reservas.

II.3. EQUIPO UTILIZADO EN LA EXPLORACION DE YACIMIENTOS MINERALES.

Para efectuar un levantamiento geológico, es indispensable contar con el equipo de campo básico que comprende desde los distintos instrumentos de precisión como son: el tránsito, plancheta, brújula, además de la libreta en la cual se anotan todas las descripciones que se realicen del lugar de estudio, la lupa para la identificación rápida de los distintos minerales que se encuentren en los ejemplares de mano, regleta con escalas, estereoscopio y planos interpretados a partir de imágenes aéreas para localizar el lugar de estudio, microscopios petrográficos instrumentos utilizados en exploración geofísica y geoquímica, equipo de barrenación; además de planos base para los levantamientos geológicos de semidetalle y detalle en superficie e interior de la mina. Otros instrumentos de gran ayuda para la integración de todos y cada uno de los estudios realizados es la computadora y auxiliares de dibujo (Fig.16) aparatos de absorción atómica de uso en laboratorio para determinar leyes de los minerales.

II.3.1. EQUIPO DE CAMPO.

El Tránsito: se utiliza para obtener métodos de triangulación, medición de ángulos verticales y levantamientos topográficos. La plancheta y alidada: la



N - 5000

DIBUJO HECHO EN
DIGITALIZADOR-PLÓTER HP-GL/2
COMPUTADORA HP VETRA ES-12
ESCALA 1:8,000

E - 9000

H FIG. N.º 16

HOJA 40 - A

ventaja de este instrumento es que se adapta a muchos tipos de proyectos de campo; el plano se dibuja directa y simultaneamente sobre la plancheta, se obtienen triangulaciones, mediciones de distancias verticales y horizontales, diferencias de elevación, levantamientos a detalle, poligonales etc.

La Brújula: incluye tres instrumentos en sí, brújula, nivel de mano y clinómetro; se obtienen diferentes mediciones: orientación, medición de ángulos verticales con el clinómetro, diferencias de elevación por nivelación, medición de rumbos y echado.

También se usa el altímetro, cinta, estereoscopio portátil o de campo, y fotografías aéreas.

II.3.2. EQUIPO DE GABINETE Y LABORATORIO.

Para la identificación de rasgos morfológicos sobre la corteza terrestre, la fotogeología utiliza como instrumento básico el estereoscopio y como elementos auxiliares restituidores de información de fotografías aéreas a planos fotogeológicos.

Existen diferentes tipos de ellos:

Estereoscopio catóptrico de reflexión o de espejos.

Estereoscopio dióptrico o de refracción.

Estereoscopio Mixto.

Estereoscopio de Microscopio.

Analizadores de negativos, Interpretómetro Jena.

Para el estudio de la Petrología se cuenta con microscopio petrográfico, Mineragráfico para minerales opacos, con suplemento para estimar leyes con red y accesorios para obtener fotografías.

Microscopio Reflectómetro - reflexión de los minerales.

Durímetro - que determina la dureza de los minerales.

Microscopio Mineralógico de Luz Polarizada, usado para el estudio de minerales cristalinos.

Un elemento de apoyo que ha permitido incrementar la exploración de yacimientos minerales dentro del método geoquímico es el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, que es usado para aplicar un método analítico; con éste, la tabla periódica de los elementos puede ser analizada casi en su totalidad, con gran precisión y rapidez en concentraciones de partes por millón y partes por billón.

(Fig.16.B)

Los elementos son atomizados para permitir la absorción de energía luminosa procedente de una fuente y medir la cantidad de energía absorbida obteniendo su concentración.

Espectrómetro de Absorción Atómica con especificaciones AA 20 Espectro 10/20, Flama 85-100628-00 Issue 02, Varián Techtronpty Limited, PSC-56 Programable, con Tubo

TABLA DE CONVERSIONES DE % a ppm. y ppb.

<u>Peso %</u>	<u>ppm.</u>	<u>ppb</u>
100.0	1.000.000	
10.0	100.000	
1.0	10.000	
0.1	1.000	
0.01	100	
0.001	10	
0.0001	1	1.000
0.00001	.1	100
0.000001	.01	10
0.0000001	.001	1

FIG.15 - B

HOJA 42

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

TABLA DE CONVERSIONES

Enrique García Reimbert

Tesis Profesional 1990

Atomizador GTA-96 de Grafito.

El Espectrógrafo de emisión o método analítico colorimétrico.

Otro método analítico es el de Ion Selectivo: el Flúor es el ion selectivo, y es usado en el análisis de aguas y el estudio en rocas. Las muestras son puestas en solución mediante una fusión y disueltas en agua, la relación es de peso/volumen, la detección es hasta de 10 ppm de Flúor.

A. EQUIPO DEL METODO MAGNETICO.

Inductor Terrestre: determina la intensidad, dirección, inclinación y declinación del campo magnético terrestre; se mencionan brevemente otros instrumentos:

Magnetómetro de torsión: mide la componente vertical.

Magnetómetro aéreo.

Magnetómetro de precisión o resonancia nuclear.

Magnetómetro de absorción óptica, principalmente los que utilizan vapor de Rubidio, de Helio o de Cesio.

Magnetómetro discriminador de flujo o reactor de núcleo saturable.

Magnetómetro de bobinas de flujo.

Balanza magnética de Schmidt o Variómetro. mide la componente horizontal H o la vertical Z del campo magnético terrestre.

B. EQUIPO DEL METODO ELECTRICO.

Voltímetro-miliamperímetro, consta de electrodos de corriente y de potencia (aplicables a polarización inducida), y sondeos eléctricos.

Equipo electromagnético; transmisor y receptor.

Equipo de resistividad: aplicación de corriente medida aplicada al suelo, con un voltaje resultante lo que permite calcular un valor de resistividad aparente.

C. EQUIPO PARA EL METODO GRAVIMETRICO.

Instrumentos para medir las variaciones de gravedad:

Péndulo. se usan dos péndulos actuando simultáneamente y en sentido contrario; las oscilaciones y el tiempo se registran en papel fotográfico.

Gravímetro. mide la componente vertical de la gravedad;

Tipos de Gravímetros: Hartley, Thyssen, La Coste Romberg, Mott-Smith, Worden.

D. EQUIPO RADIONETRICO.

Electroscopio. capta la presencia en el aire ionizado por radiaciones, presencia y proximidad de minerales radiactivos.

Spintariscopio. caja con placa de sulfuro de zinc, capta la emisión de la muestra por medio de destellos luminosos.

Placas nucleares. son placas fotográficas con bromuro de

Ag, para inducción de la radiación y cambio en la coloración de la Plata.

Contador Geiger-Muller. es una cámara ionizada, tubo con metano y argón a baja presión, y mide décimas de atmósfera, y electrodos, con una diferencia de potencial 800 a 1500 y 1000 Volts, 500 a 900 Volts.

Gammabímetros, Gammáfonos, y Gammámetros. para la detección a la escucha.

Detector ratímetro. miliroentgen (mR)/ hora.

Emanómetro. para Radón ^{222}Rn , isotopo Torio 220 y Actinio 219.

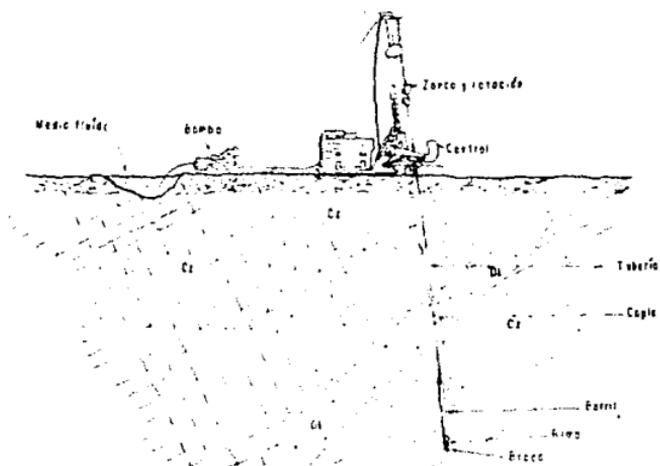
Berilómetro. detector del berilio Y distintas especies mineralógicas.

Lamparas ultravioletas. captan el fenómeno de fosforescencia en carbonatos, fosfatos, arseniados, sulfatos, no fluorescentes; silicatos y micas de Uranio.

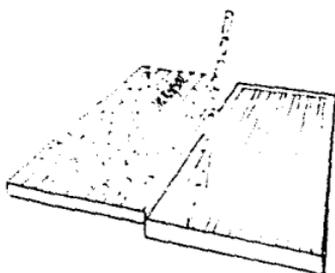
II.3.3. EQUIPO DE PERFORACION.

El equipo usado en la exploración directa (Fig.17.) se enlista brevemente a continuación.

EQUIPO	ENERGIA	PERFORACION	CAPACIDAD	DIAMETRO
COBRA	gasolina	perc-rotación	60 m	22 mm
WINKI	gasolina	rotación		
PACSA				
(JKS.10)	neumática	rotación	60 m	19 mm
BAZOOKA				
(JKS.25)	neumática	rotación	60 m	19 mm
CP 65	neumática	rotación	180 m	43 mm
DIAMEX				
(250)	eléctrica	rotación	250 m	43 mm
LONG YEAR				
(34,44,24)	elec-diesel	rotación	600 m	41.5mm
DIAMON BOART	diesel	rotación	600 m	43 mm
TD-COP-404		percusión	30 m	85 mm
ROTARY-drill	diesel	perc-rotación	300 m	110 mm



BARRENACION A DIAMANTE



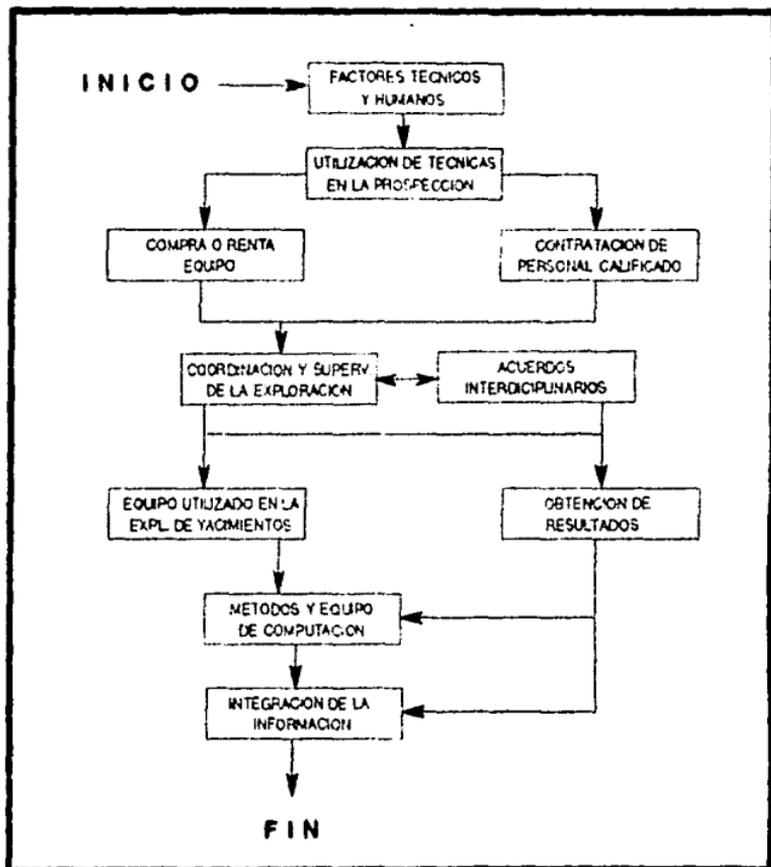
RECUPERACION DE TESTIGOS

HOJA 46-A

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	EQUIPO DE BARRENACION A DIAMANTE
	Enrique García Reimbert
	Sin Escala
	Tesis Profesional 1990

FIG. No. 17

DIAGRAMA DEL CAPITULO "



CRITERIOS ECONOMICOS PARA ESTABLECER UN PROGRAMA DE EXPLORACION.

III.1. PLANEACION Y PRESUPUESTOS EN LA EXPLORACION.

En la planeación de la exploración de yacimientos minerales se toman en cuenta criterios económicos que dependen de la inversión, de los costos, del precio de los metales y minerales en el mercado mundial; dado lo anterior es necesario plantear un programa que incluya un presupuesto con variaciones de las premisas.

La forma más adecuada de elaborar un presupuesto de exploración es a partir de los valores unitarios obtenidos de cotizaciones hechas de promedios de proyectos efectuados anteriormente, aunque se indica que los costos invariablemente tendrán fluctuaciones; aunado a esto se obtendrán las distintas condiciones y rangos del mercado de producción en los materiales, el equipo y el personal que labore en el proyecto. Se tendrá dentro de la elaboración del presupuesto otro método que es la determinación de costos estándares o normalizados, evaluados por áreas como es la de Ingeniería Industrial, de Planeación, Metalurgia, Minas y Geología, para la

obtención de índices de productividad y la utilización de material y equipo para obtener balances favorables en la relación costos - tiempo.

En todos los proyectos las actividades pueden ser aceleradas en su tiempo normal de realización pero con el consecuente aumento de costos de materiales. Todo proyecto debe tener un límite mínimo o máximo de tiempo para su realización; mínimo de acuerdo al tiempo óptimo de realización, máximo al tiempo más tardío de realización.

Un programa y presupuesto de exploración está fundamentalmente dirigido a la generación de reservas económicamente explotables, el objetivo es explorar la continuidad de cuerpos mineralizados y la búsqueda de nuevos cuerpos para establecer el programa de preparación y accesibilidad de los ya conocidos, con el objetivo de cumplir con un programa ya establecido en la estimación de reservas económicas y su explotación; los presupuestos se basan en datos reales e incrementados según los índices económicos que rijan en ese momento. Por esto es importante en el ingeniero geólogo de minas una cultura económica amplia y necesaria para el desarrollo de sus funciones.

III.2. PRESUPUESTO DE PROGRAMA DE EXPLORACION EN SUPERFICIE

Obtenidos los resultados del muestreo de superficie y en el interior de la mina junto con las observaciones de levantamientos geológicos, se realiza un programa de exploración con barrenación. (Fig.18.)

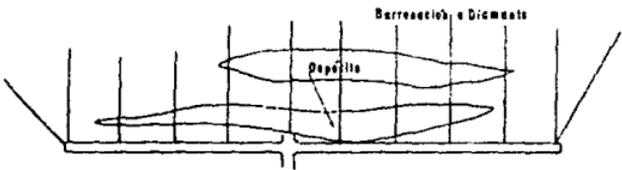
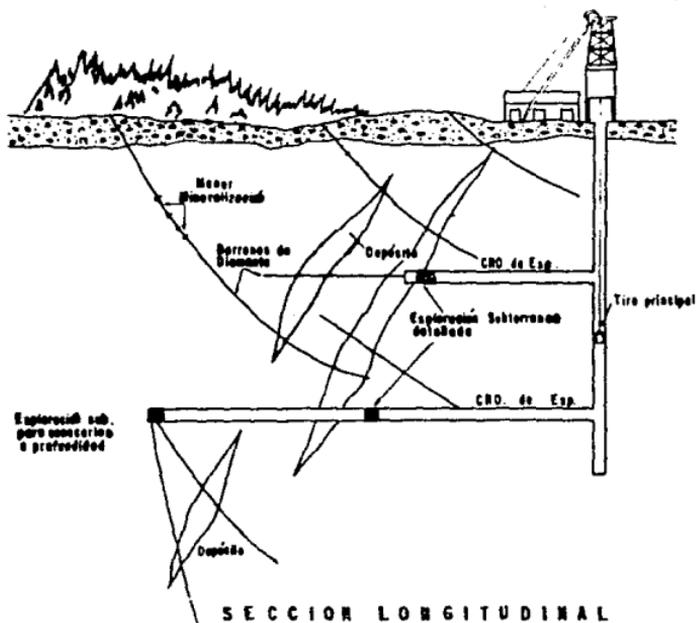
Ejemplo:

MINA

A.1. BARRENACION CON DIAMANTE.

BDD	COORDENADAS		RUMBO	INCL.	LONGITUD
	N	E			
1	1,200,600	301,240	N 20 E	-67	240 m
2	1,200,590	301,220	N 20 E	-67	300 m
3	1,200,420	301,190	N 20 E	-65	345 m
4	1,200,380	301,145	N 20 E	-67	420 m
					Total 1305 m

Estos barrenos hacen un total de 1305 m con un costo aproximado de 110 U.S. dólares por metro, con un total de 143,550 U.S. dólares y se considera que para la realización de este programa de exploración el acceso de la maquinaria a las planillas es franco. El objetivo de los barrenos es el siguiente: BDD 1 y 2: determinar a profundidad la continuación del manto. BDD 3 y 4: comprobar la posible existencia de una chimenea.



HOJA 49.A

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	EXPLORACION CON BARRENACION A DIAMANTE Y OBRA DIRECTA
	Enrique García Reimbert
	Sin Escala
Tesis Profesional 1990	

FIG. No. 18

Así se tiene que para la elaboración de un presupuesto de barrenación se deben tomar los siguientes criterios y variables:

1. Tipo de equipo

- a. Costo de adquisición o renta
- b. Depreciación
- c. Disponibilidad
- d. Costos de operación

2. Ubicación

- a. Establecimiento de la cuadrilla
- b. Contratación de personal
- c. Gastos de infraestructura
- d. otros (brocas, tubos, energía, muestreo, ensayos, etc.)

A.2. BARRENACION CON CIRCULACION INVERSA.

BCI	COORDENADAS		RUMBO	INCL.	LONGITUD
	N	S			
I	1,116.200	420,100	-0-	VERT.	190 m
2	1,240.150	420,200	-0-	VERT.	210 m
3	1,245.175	420,300	-0-	VERT.	190 m
4	1,250.185	420,350	-0-	VERT.	200 m

5	1,255.190	420,400	-0-	VERT.	200 m
6	1,350.200	420,500	-0-	VERT.	220 m
7	1,355.250	420,600	-0-	VERT.	180 m
8	1,400.300	420,700	-0-	VERT.	210 m
9	1,450.350	420,800	-0-	VERT.	220 m
10	1,500.400	420,900	-0-	VERT.	230 m

Total 2050 m

Estos barrenos representan 2050 m de perforación con un costo aproximado de 82,000 U.S dólares, tomando en cuenta que el metro lineal de perforación cuesta 40 U.S. dólares.

El objetivo de este programa de exploración es establecer la continuación del manto y descubrir la presencia y continuidad de una chimenea. Se realiza el programa de exploración y si la barrenación de diamante o la barrenación de circulación inversa tuvieran resultados favorables es posible efectuar con obra directa la exploración subsecuente del manto y la chimenea y ubicación del yacimiento.

III.3. PRESUPUESTO ANUAL DE EXPLORACION SUBTERRANEA 1990.

Ejemplo:

Programa de exploración con barrenación y obra directa con la finalidad de conocer y comprobar la existencia de la chimenea 404, cortada por los barrenos 25 y 401 en el nivel 85 y 440 respectivamente. (Fig.19 y 20.)

CONCEPTO	PROGRAMA	COSTO		COSTO TOTAL
		■ (Directo+Indirecto)		
M.N.				
Frentes, cruceros	900	\$ 200,000		\$ 180,000,000
Contrapozos	100	\$ 95,000		\$ 9,500,000
Rampas	150	\$ 120,000		\$ 18,000,000
Total exploración				
obra directa	1150			\$ 207,500,000
B.D.D (unidad)	1200	\$ 9,000		\$ 108,000,000
B.D.D.(contratistas)	1600	\$ 15,000		\$ 240,000,000
Total exploración				
BDD	2800			\$ 348,000,000
Total	3950			\$ 555,500,000

PROGRAMA DE EXPLORACION PARA EL AÑO DE 1990 OBRA DIRECTA

SANTA ANA: TOTAL METROS PROGRAMADOS = 180 MTS. EN FTES. CROS. C/POZOS Y RAMPAS

LUGAR	O B R A	COORDENADAS		RUMBO	METROS	O B J E T I V O															
		NORTE	ESTE																		
NIVEL 110	CRO. 221 SE	5 521	8 636	N 60° W	40.0 m.	SE CONTINUARA DESARROLLANDO ESTA OBRA HASTA LLEGAR AL DIQUE.															
NIVEL 221	FTE. 430 SW	5 422	8 340	0° ESTE	60.0 m.	CONTINUAR EL DESARROLLO DE LA OBRA Y CONOCER LONGITUDINALMENTE EL CUERPO 203.															
NIVEL 340	C.P. 68 NE	5 430	8 310	- 0 -	30.0 m.	EXPLORAR VERTICALMENTE EL CPO. 203 DEL NIV-340 AL NIV-221.															
NIVEL 440	RAMPA 1820NW	5 440	8 410	N 75° W	20.0 m.	CONTINUACION DE LA RAMPA DENTRO DEL CUERPO 203 INCLINACION 12° COMPROBAR: MINERALIZACION CORTADA POR BNO. 401 (PLANO 2)															
						<table border="1"> <tr> <td>ANCHO</td> <td>Gr/Ton.</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ag</td> <td>Pb</td> <td>Zn</td> <td>Cu</td> </tr> <tr> <td>N.0</td> <td>120</td> <td>3.5</td> <td>4.6</td> <td>0.25</td> </tr> </table>	ANCHO	Gr/Ton.	%	%	%		Ag	Pb	Zn	Cu	N.0	120	3.5	4.6	0.25
ANCHO	Gr/Ton.	%	%	%																	
	Ag	Pb	Zn	Cu																	
N.0	120	3.5	4.6	0.25																	

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	PROGRAMA DE EXPLORACION. OBRA DIRECTA
	Enrique García Reimbert
	Tesis Profesional 1990.

PROGRAMA DE EXPLORACION PARA EL AÑO DE 1990. B. D. D.

LA REFORMA: METROS BARRENADOS = 285.0 METROS

LUGAR	COORDENADAS		BNO.	RUMBO	INCLINACION	METROS	OBJETIVO
	NORTE	ESTE	No.				
NIVEL 40	5433	8491	1	S 26° W	HORIZONTAL	60.0 m.	EXPLORAR FRANJA DE SKARN CON EL ALTO DEL INTRUSIVO CARRIZO PLANO No. ____
NIVEL 50	5490	8667	2	S 67° W	-30°	90.0 m.	EXPLORAR LA PROYECCION DE LA CHIMENEA 404
NIVEL 60	5593	8765	3	S 22° E	HORIZONTAL	50.0 m.	EXPLORAR POSIBLE CONCENTRACION DE SULFUROS EN EL CONTACTO DEL DIQUE.
NIVEL 85	5990	8990	4	S 30° W	HORIZONTAL	85.0 m.	EXPLORAR LA CONTINUIDAD DE LA ESTRUCTURA CORTADA POR EL BARRENO No. 25 PLANO No. ____

HOJA 52 - B

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE EXPLORACION
BARRENACION A DIAMANTE

Enrique García Reimbert

Tesis Profesional 1990.

FIG. No. 20

III.4. EVALUACION DE UN PROYECTO DE EXPLORACION.

La evaluación del proyecto consiste en una estimación a valor actual de costos, ganancias y de la durabilidad del mismo, estimado en tiempo o sea en el número de años de producción.

La producción y explotación de un yacimiento está dado por la capacidad de reservas geológicas probadas del yacimiento, por el costo de tonelada explotada; el beneficio total de la producción está dado por la estimación que se le dé a una tonelada de mineral. Por todo esto en la evaluación que se asigne al programa de exploración, se tendrá en cuenta el valor del mineral y su disponibilidad en tonelaje o reservas potenciales, así como la inversión de capital.

Por eso la determinación del tamaño y volumen del cuerpo es de gran importancia, dependiendo de las condiciones estructurales y del estudio geológico a detalle para determinar si se profundiza en exploración y no desarrollar sin antes tener bases de que hay continuidad del cuerpo y lugares favorables de mineralización, así como la localización de las mejores leyes. La inversión se dará cuando la mena o cuerpo a desarrollar sea suficientemente grande para recomendar su explotación, sus

ingresos por tonelada, beneficio por tonelada, costos de operación, valor presente del mineral o substancias, capital invertido en equipo y su vida media con respecto al cálculo de reservas.

III.5. CALCULO DE RESERVAS Y DETERMINACION DE LAS LEYES.

Para la estimación de recursos minerales y satisfacer la demanda a mediano y corto plazo, se hace el cálculo de reservas. El objetivo es la determinación de la cantidad, ley y tipo de minerales disponibles o que se pueda disponer de ellos a futuro, tomando en cuenta factores económicos, geológicos, técnicos, socio-económicos y políticos. La determinación de las leyes de un cuerpo, se estima con los resultados dados por el laboratorio, de las muestras tomadas a lo largo de la estructura o muestreo de una sección de las obras mineras y de cualquier manifestación observada dentro de la mina. El número de muestras dadas en espacios regulares o con intervalo, dará la ley media más exacta si el muestreo es realizado a todo lo ancho del cuerpo. (Fig.20.A, 20.B.)

III.6. FLUCTUACIONES.

El valor del mineral está sujeto a la ley de la oferta y la demanda, a los precios de los metales o cotizaciones

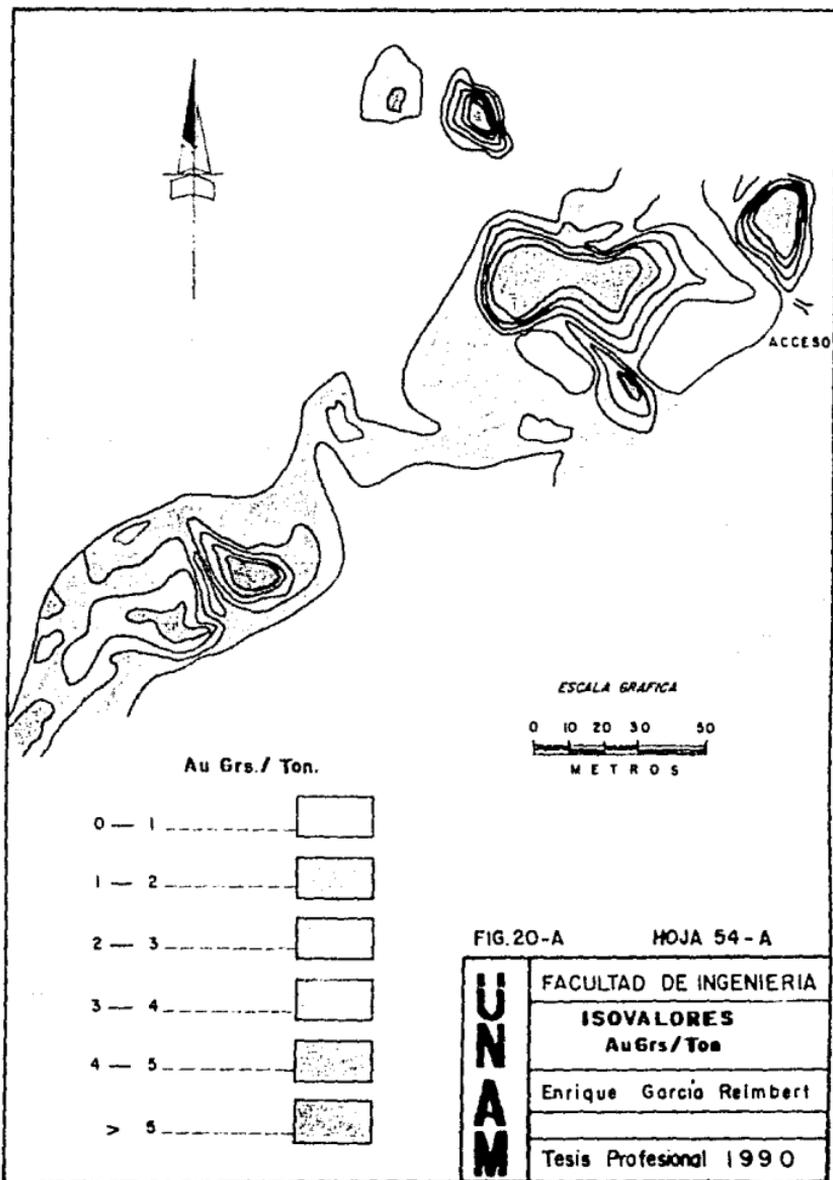
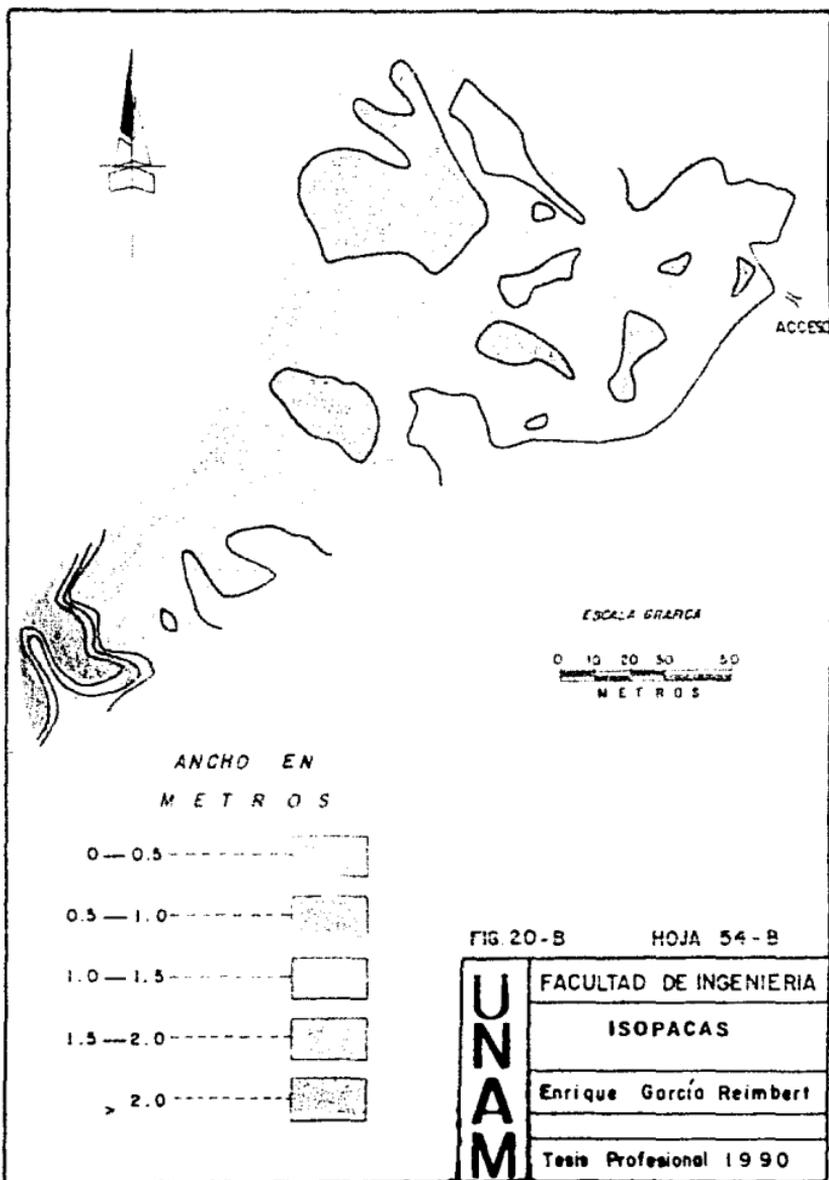


FIG.20-A

HOJA 54-A

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	ISOVALORES AuGrs/Ton
	Enrique García Reimbert
	Tesis Profesional 1990



fijadas por el mercado mundial; puestos a valor en dólares y refiriéndose siempre a toneladas métricas; conviene mencionar que siempre hay que tener constancia en el uso de sistemas estandares de medición y de monedas.

Es por eso, que para el aprovechamiento económico de los minerales es importante hacer una valuación, ya que de ésta depende la inversión de capital y permite que los cuerpos mineralizados sean explotados, beneficiados y comercializados y efectuar un estudio sobre la venta y proceso de beneficio del producto para obtener resultados aceptables.

Las materias primas están sujetas a variaciones en sus cotizaciones generalmente impredecibles, estas fluctuaciones provocan desequilibrio en la economía de los países productores, igualmente en las empresas es causa de riesgos y cargas que vienen a sumarse a las ya existentes por la misma naturaleza de este negocio.

La fijación de precios en las materias primas es variable de un producto a otro, en zonas geográficas diferentes o de un ciclo económico a otro: Ejemplo. La depresión del 29, La post-guerra. Para esto se agrupa a las cotizaciones en:

- Cotizaciones a 30 días.
- Contratos a 6 y 12 meses.
- Transacciones de precios de orden dentro de un grupo.
- Cesión de acuerdos dentro de una cooperativa de producción.

Hay que dejar asentado que la fluctuación en el precio de las materias primas está sujeta por lo general a políticas y tendencias en los consumos y a la modernización de la tecnología, más los intereses de consumidores y productores.

En el presente, la economía a nivel mundial está sujeta a los cambios que los tiempos actuales traen consigo y es por eso que en muchos casos es difícil concertar ideas de índole económico establecidas a futuro.

III.7. FASES DE LA "VIDA UTIL" DE UN YACIMIENTO.

En el establecimiento de criterios económicos y para la determinación de la vida útil de un yacimiento se toman en cuenta los siguientes conceptos.

1. **Prospección.** Descubrimiento de las primeras manifestaciones mineralógicas en la zona de estudio.

2. **Exploración.** Determinación de las características del yacimiento con barrenación de diamante, barrenación de circulación inversa, barrenación de percusión y/o obras mineras; duración entre 1 y 4 años
3. **Investigación.** Duración de un año aproximadamente con trabajos de viabilidad, evaluación y confirmación del yacimiento.
4. **Desarrollo.** Desarrollo de 3 años promedio, infraestructura, preparación y equipo en los lugares de explotación.
5. **Explotación.** Tonelaje y desarrollo del yacimiento para su extracción y beneficio.

Durante la vida útil de una mina se continúa la exploración del yacimiento con objeto de aumentar las reservas de mineral. Aquí se toma en cuenta en base a los estudios realizados, si la exploración se concreta a un lugar limitado en sí o a todo el cuerpo mineralizado en general.

Puesto que es en este momento de la exploración y la investigación cuando la incertidumbre financiera es grande, queda probar que la masa mineralizada es explotable. Los recursos financieros que se utilizan son

tales que se puedan "perder", sin comprometer una estabilidad financiera del inversionista, con el riesgo de pérdida del orden del 90% para los estudios de exploración y del 50% para los trabajos de viabilidad, o sea la investigación, evaluación y confirmación del yacimiento.

Estas dos fases; desarrollo y explotación deben ser financiadas con un fondo financiero propio. La exploración y el reconocimiento preliminar junto con los estudios fotogeológicos, son realizados por lo general por organismos gubernamentales o internacionales aunque existen empresas particulares que los realizan a partir de índices comunes de financiamiento, siempre y cuando exista una geología favorable.

Es por todo esto, que se toma como necesidad una estrategia cimentada en un criterio geológico teniendo en cuenta elementos económicos, sociales, administrativos y políticos. Aunado a esto las compañías particulares que deciden invertir en la exploración buscan a otros socios como son: bancos de inversión, los cuales es probable que se retiren en la segunda etapa que es la investigación de inversiones, puesto que las condiciones cambian siempre cuando se toma la decisión de utilizar equipos para la explotación aumentando considerablemente el capital a invertir.

III.8. TENDENCIAS ACTUALES DE INVERSION.

Con las grandes inversiones mundiales de capitales necesarios para la exploración de minerales, cabe preguntarse si las estructuras tradicionales de la industria minera; mecanismos de comercialización, compañías mineras, mercados financieros; disposiciones fiscales y jurídicas etc. responden en medida de los financiamientos dados a estos sectores;

Ejemplo:

INVERSION MUNDIAL PARA EL AÑO 1989-90.

MILES DE MILLONES U S Dólares/año.

Hierro	8.7	Al	1.2
Cobre	0.6	Ni	0.2

En los últimos años gran parte del total de las inversiones realizadas en la minería se ha visto restringida a un número limitado de proyectos, a causa de los altos costos de inversión por tonelada, baja en los precios de algunos minerales y metales, la inflación y sus alzas recientes, costos del financiamiento, costos de desarrollo y al alto nivel en los inventarios de metales estratégicos.

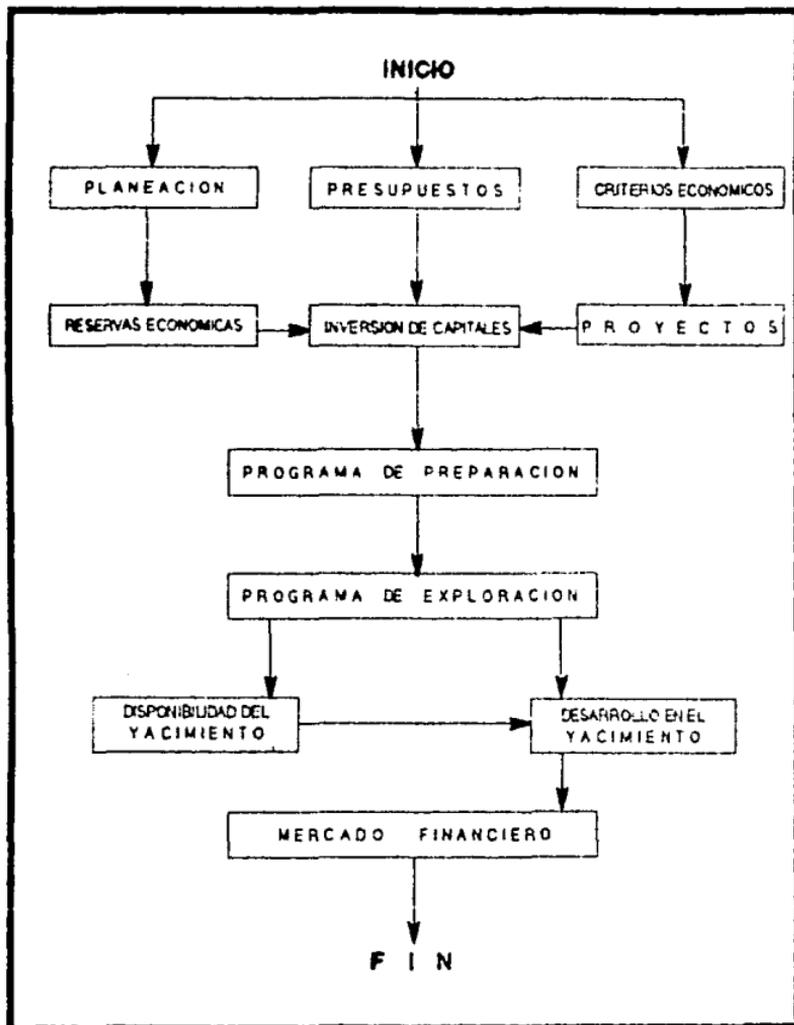
III.9. CRITERIOS DE SELECCION DE INVERSIONES.

En un estudio de inversión se puede prever sobre sus ingresos que dependen de factores como son: costos de explotación, factores técnicos, regularidad en la mineralización, inestabilidad en los precios de venta y demanda de los metales.

Es por eso, que las inversiones dependen de la evaluación de riesgos para tomar decisiones de invertir grandes capitales en proyectos redituables a futuro y para esto se hacen cálculos económicos para la obtención de índices financieros como rentabilidad, flujo de efectivo etc. en los que se interpretan los datos técnicos y comerciales, independientemente de las situaciones sociales y políticas.

Es necesario siempre realizar estudios de sensibilidad, haciendo que las variables vayan inclusive hasta lo absurdo, basado en modelos y métodos financieros de uso común, para tener un margen de seguridad en la inversión tomando en cuenta todos los riesgos posibles.

DIAGRAMA DEL CAPITULO III



PLANEACION Y CONTROL DE LA APLICACION DE RECURSOS EN UN PROGRAMA DE EXPLORACION.

IV.1. METODOS DE PLANEACION DE PROYECTOS.

La planeación tiene como propósito la identificación eficiente de un programa de exploración; su objetivo es la optimización económica por medio de la utilización ordenada de todos los recursos disponibles y por consiguiente la utilización de servicios apropiados para mejores resultados incrementando la efectividad del trabajo, la producción y el desarrollo.

El diversificar el trabajo es de gran utilidad para la planeación y control de los planes de exploración a desarrollar, facilita la organización, mejora el control de operación y determina si es óptimo el propósito del trabajo que se está realizando. La planeación se encarga de fijar responsabilidades en la operación creando equipos de trabajo. Para esto se debe tener en cuenta los medios o recursos necesarios para efectuar la operación, materiales, equipo, personal indicado, instalaciones y de acuerdo a esto valorar la disponibilidad de los recursos.

Entre otras cosas es indispensable saber cuál es el tiempo que se requiere para elaborar el programa de exploración y qué tiempo se empleará en cada operación. El tipo de programa debe ser explicado y tomarse todas las consideraciones que sean necesarias para lograr una perfecta sincronización con las personas que trabajen en él, puesto que tanto la planificación como la ejecución van en estrecha colaboración para lograr la optimación.

Es responsabilidad del ingeniero planear y ejecutar el trabajo de exploración y explotación manejando sus costos de modo que el tiempo y el empleo de maquinaria sea el más indicado para el tipo de operación a ejecutar.

El análisis del valor no es sustituto de los métodos convencionales de trabajo, sino que es un procedimiento para la obtención de mejores resultados, incrementando la efectividad del mismo. Ejemplo: se tiene una máquina perforadora la cual se usa durante un período de n años; su efectividad puede ser mejorada con un control más severo y adecuado de mantenimiento o con la utilización de otros tipos de material como puede ser distinta broca y así lograr una reducción de costos, obteniéndose un resultado económico satisfactorio; la planeación y el control, así como la elección de una adecuada consideración para el análisis, selección y costo del

equipo a utilizar en la exploración del yacimiento, en la herramienta de uso diario que optiman el trabajo.

Así se tiene, el análisis del equipo de perforación, el tamaño de éste, si es de percusión mecánica, con aire comprimido, etc, el costo del equipo, tipo de avance, diámetro y longitud del barreno, si es el adecuado a la dureza y tipo de la roca encajonante. También se tendrá en cuenta la vida media económica del equipo por metros barrenados, el consumo de refacciones, y el control de existencias. Uno de los principales problemas en la operación de la exploración es el suministro de agua, al valorar un proyecto deberá tenerse información sobre la cantidad de agua que se espera encontrar y la que requiere el uso de la máquina.

En conclusión se tiene; que con el descubrimiento de un yacimiento es necesario conocer su potencial para establecer su valor económico, esto involucra una planeación muy cuidadosa en el muestreo de los diversos cuerpos de mineral para así calcular el tonelaje positivo en función de su contenido mineralógico y sus leyes.

La planeación y control es la coordinación del trabajo; visualiza el estado exacto del avance en la exploración anticipandose a demoras u otros problemas y se toma el

tiempo suficiente para preverlos; está claro que es necesario un plan que proporcione un modelo exacto y práctico de la operación; este plan de exploración será aplicado por todas las personas relacionadas con él; aquí se tiene suficiente espacio en la creatividad para desarrollar nuevas técnicas de avance con una secuencia lógica.

IV.1.1. METODO DE RUTA CRITICA.

La planeación se auxilia en las técnicas de programación de proyectos, como son por nombrar las más importantes: El método de ruta crítica y el método de Pert. El método de ruta crítica, representa los programas en forma gráfica, dando prioridad al proyecto de principio a fin, tomando en cuenta la experiencia de trabajos anteriores en un solo tiempo y con un mismo costo y así lograr una mejor combinación en los resultados del proyecto. Ejemplo:

ACTIVIDAD	EVENTO	DURACION
EXPLORACION	COMIENZO DE EXPLORACION	6 MESES
BARRENACION	TERMINACION DE LA BARRENACION	12 MESES
EXPLOTACION	CONTINUACION DE LA EXPLORACION	50 MESES

IV.1.2. METODO DE PERT.

Este método se basa en la probabilidad en el manejo del tiempo dando una media de terminación de cada actividad.

1. tiempo óptimo.
2. tiempo normal
3. tiempo pesimista

Es de suma importancia reducir la duración del proyecto, por tanto hay que buscar un punto de equilibrio entre tiempo y costos para darle una duración mas económica al proyecto; puesto que acortar el desarrollo de una sola operación puede aumentar el costo del proyecto sin disminuir el tiempo total de éste y a la vez, acortar la duración de todas las operaciones podría aumentar el costo del proyecto por tratar de disminuir el tiempo de éste.

Es por todo esto que para el éxito de un proyecto en tiempo y costo, se utilizan combinaciones en los métodos de desarrollo del mismo. Hay que señalar con objetividad todas las operaciones que se tengan que efectuar y que son las generadoras del tiempo total del proyecto, con el fin de no alterar el programa ni su duración. Lo único que hay que manejar, es el programa de prioridades dentro del conjunto, darle su acertada vialidad controlando el tiempo de ejecución y crear lo que se llama ruta crítica.

En cada fase del proyecto es factible realizar cualquier tipo de combinación con la única condición, que sea al menor costo, con el fin de obtener una inversión baja total en su realización, incluyendo el tiempo.

IV.1.3. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

Costos Directos. Se toma como costos directos la mano de obra y los materiales o maquinaria utilizada en un proyecto.

Costos Indirectos. Mantenimiento del equipo, asesorías, almacén, administración, etc.

Puesto que una de las prioridades en la exploración es la rapidez con que se ejecute el trabajo; la reducción en el tiempo de realización de un proyecto en la planeación de la exploración de yacimientos minerales, puede reducir los costos indirectos del proyecto y ser igual en los costos directos de operación, ser mayor en costos si se aumentan el número de máquinas propias, o ser igual en costos si las máquinas son de un contratista.

La lentitud en la realización del proyecto provoca en su caso el aumento de costos, es por todo esto que hay que lograr conjuntar todas las operaciones del proyecto para dar un óptimo resultado.

Se concluye que para el éxito de un proyecto se requiere del conocimiento de los siguientes factores:

1. Las actividades que estén dentro del proyecto.

2. Una secuencia ordenada de las actividades del proyecto.

3. Tiempo de duración de las actividades del proyecto.

4. Costos: aquí se enfatiza que los diferentes departamentos que laboran dentro de una Unidad deben de estar en estrecha colaboración para el éxito del proyecto.

A continuación se da un programa de trabajo con formatos y realización de un proyecto de exploración de yacimientos minerales, en un área determinada.

IV.2. PROGRAMA DE TRABAJO DE EXPLORACION.

A petición del interesado_____con respecto a la exploración del terreno que se encuentra en el fundo_____en colindancia con_____coordenadas_____ubicado en la porción SE del anticlinal_____se dá el programa de exploración con datos, gastos y tiempo de realización del proyecto. Ejemplos.

IV.2.1. COTIZACIONES DE TRABAJO PRELIMINAR.

Gastos que intervienen en las cotizaciones de un proyecto de exploración en su fase preliminar y de campo, incluyendo prospección geofísica.

- Trabajo Preliminar -

Fotogeología juego de líneas de fotografías aéreas de la zona de interés e imágenes de satélite
fotointerpretación
fotointérprete (salario).

Cartografía información preliminar, copias bibliografía, trabajos inéditos, tesis e investigación de datos
planos topográficos, cartas de climas

dibujo

dibujante (salario).

- Trabajo de Campo -

Gastos de - Costos de Operaciones Normales

Operación a. integración de brigadas

-Costos de Servicios Prestados

1. Gastos de vehículo.

reparación, mantenimiento

conservación y operación

a. Operación.

traslado

combustibles

lubricantes

2. Adquisiciones para la operación de
campamento.

a. Campamento.

geológico, topográfico

habitacional, oficina

transporte, cocina

perforación, herramientas, combustibles

3. Gastos de viaje y transporte.

a. Promocionales

b. visitas técnicas

4. Gastos de operación de la brigada.

a. papelería

heliográficas

fotostáticas

fotográficos

publicaciones, artículos de oficina

b. campamentos

c. Geofísicos (métodos eléctrico-magnético)

d. gastos de personal

pasajes, alimentación

habitación

gabinete

personal auxiliar en campo (guías, peones)

suministros

supervisión

e. Mineros.

perforación

transporte

maquinaria

personal (campo, oficina)

5. Previsión social

a. médico

medicinas

honorarios

seguros

6.Sueldos de personal.

a.base

bonificaciones

gratificaciones

vacaciones

7.Arrendamientos.

a.inmuebles, muebles

8.Reparación y mantenimiento de equipo

a.geológico

topográfico

geofísico

barrenación

9.Impuestos y derechos.

a.concesiones mineras

10.Gabinete.

a.elaboración de planos definitivos

b.estudios de viabilidad económica del
proyecto con interés económico

Conclusiones y recomendaciones_____

Tiempo estimado del proyecto_____

Costos subtotales_____

Costo total del proyecto_____

IV.2.2. FORMATO DE UN ESTUDIO GEOLOGICO DE EXPLORACION.

Formato o secuencia del reporte de un estudio geológico de exploración, en el cual la zona de interés muestra posibilidades de mineralización económica.

Fislografía. ubicación geográfica, tipo de provincia, carreteras o caminos de terracerías, si se encuentran rancherías o poblados próximos al área, hidrografía etc.

Historia. antecedentes de explotaciones anteriores o actividad y tipo de beneficio del mineral, compañías o grupo, tipo de explotación, cantidad de toneladas extraídas o posible reapertura de la zona a la explotación actual.

Geología general. geología estructural, anticlinales o sinclinales o cualquier otro dato de localización de estructuras, tipo y nombre de formaciones geológicas edades, tipo de roca, mineralización, descripción macroscópica estudio microscópico o petrológico. En caso de ser la exploración en una zona con antecedentes de minado o con un resultado positivo en mineralización económica, se procede a efectuar estudios del yacimiento a detalle y con exploración de barrenación, complementando estos estudios con exploración geofísica y geoquímica.

Yacimientos. tipo de depósito ,emplazamiento, composición mineralógica, minerales de ganga; minerales de mena, fracturamientos, dirección de la mineralización, fallas; génesis del yacimiento, tipo de reemplazamiento, tendencia de aumento o disminución de la mineralización, rumbos y echados, planos.

Operaciones mineras. de acuerdo con la geología y a los datos estructurales, comportamiento de la mineralización, de la roca encajonante y dependiendo de los factores económicos que determinan el costo por tonelada tumbada; se opta por el método de explotación minera más conveniente, tomando en cuenta los factores anteriores es posible hacer toda la planeación de las obras de preparación y desarrollo que van a constituir la operación.

Como ejemplo de un informe se da la tabla comparativa de avance mensual de exploración con obra directa. (Fig.21.)

IV.3. INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES.

Es de tomarse en cuenta la elaboración de un inventario de recursos minerales en la zona de exploración. Un inventario de mineral se elabora a partir de la estimación del volumen de mineral, que bajo ciertos costos y cotizaciones de los metales pueda ser económicamente

explotado; permite realizar la planeación a mediano y largo plazo de la producción e implantar un ritmo adecuado para la exploración y aumento de recursos minerales.

El mineral se clasifica de la siguiente manera:

MINERAL ECONOMICO

MINERAL MARGINAL

MINERAL SUBMARGINAL

Para la determinación del volúmen se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

V= volúmen

h= altura entre
área

A₁ = área nivel sup.

A₂ = área nivel inf.

volúmen por la densidad = toneladas

IV.3.1. MINERAL ECONOMICO. Es aquel bloque cuya ley media es considerada con un valor superior al valor mínimo costeable (VMC) de acuerdo a las cotizaciones de los metales, sus costos y la paridad que se use para la determinación de éste.

IV.3.2. MINERAL MARGINAL. Es aquel mineral cuya ley media tiene valor superior al costo de operación de la unidad pero inferior al valor mínimo costeable (VMC).

IV.3.3. MINERAL SUBMARGINAL. Es aquel mineral cuya ley media tiene valor menor al costo de operación pero con una cotización, costo y paridad positiva puede alcanzar un rango superior.

A su vez el mineral se divide en función de su existencia:

MINERAL PROBADO O RESERVAS MEDIDAS.

MINERAL PROBABLE O RESERVAS MEDIDAS-INDICADAS.

MINERAL POSIBLE O RESERVAS INFERIDAS.

IV.3.4. MINERAL PROBADO O RESERVAS MEDIDAS. El tonelaje es estimado a partir de obras mineras, afloramientos, zanjas, barrenos; su ley se estima a partir de resultados de muestreo detallado, la geología está bien definida y el tamaño, forma, contenido, calidad y cantidad queda establecido con un margen de confianza superior al 85%.

IV.3.5. MINERAL PROBABLE O RESERVAS MEDIDAS-INDICADAS. La ley y tonelaje se estiman con muestreo de obras mineras, de barrenos y producción, con evidencias geológicas; su grado de certeza está en el orden de 70 y 85%, obliga desarrollo.

IV.3.6. MINERAL POSIBLE O RESERVAS INFERIDAS. La ley y tonelaje se estiman a partir de amplios conocimientos geológicos del depósito, la información se deriva del muestreo de obra minera y de barrenos, su certeza está entre el 50 y 70%, obliga barrenación (BDD).

IV.4.1. RECOMENDACIONES.

Es común clasificar las reservas con un criterio geométrico en positivas, probables y posibles. El criterio tomado para esta estimación parte de los estudios de barrenación, el muestreo en cada una de las obras mineras y en levantamientos topográficos. La estimación puede no ser la correcta, obligando a ajustes en estimación de volumen y en cuanto a sus leyes; esto por cambios en los criterios de clasificación, incertidumbre en la estimación de reservas, en el valor de los metales en el mercado internacional y los costos de producción de una empresa.

El resultado impide un programa de operación sobre una base real y da por consecuencia un bajo rendimiento en la productividad y en la recuperación del mineral beneficiado, debido a la irregularidad que se da en cuanto a su ley.

El objetivo de una correcta estimación de reservas es el determinar el volumen, sus leyes, tipo de minerales y de cuánto se dispone; se toman en cuenta criterios económicos, geológicos, técnicos y políticos; todo esto para tener una óptima planeación de los recursos.

Es por ello que para obtener una realidad en cuanto a estimación de reservas y de leyes es importante aplicar un criterio estadístico para evitar la discrepancia en anchos o leyes anómalas.

La geoestadística estudia la correlación espacial entre resultados de ensayos, el ancho de la muestra y las variables regionales. Esto implica que para una estimación de reservas real se tienen que efectuar estudios de petrología, mineralogía y geología estructural, para considerar su composición, leyes y volumen, además de un amplio criterio geológico.

Con estos parámetros de estudio del comportamiento de la mineralización es posible hacer el cálculo del error de estimación de una ley promedio y del volumen del cuerpo mineralizado, constitución de éste, una optimación en la toma de muestra, distribución de barrenos y selección del método adecuado de explotación.

La integración interdisciplinaria de los elementos humanos en la exploración, explotación y beneficio de un yacimiento mineral y una adecuada planeación de los aspectos económicos, técnicos y políticos dan como resultado una estimación de reservas real.

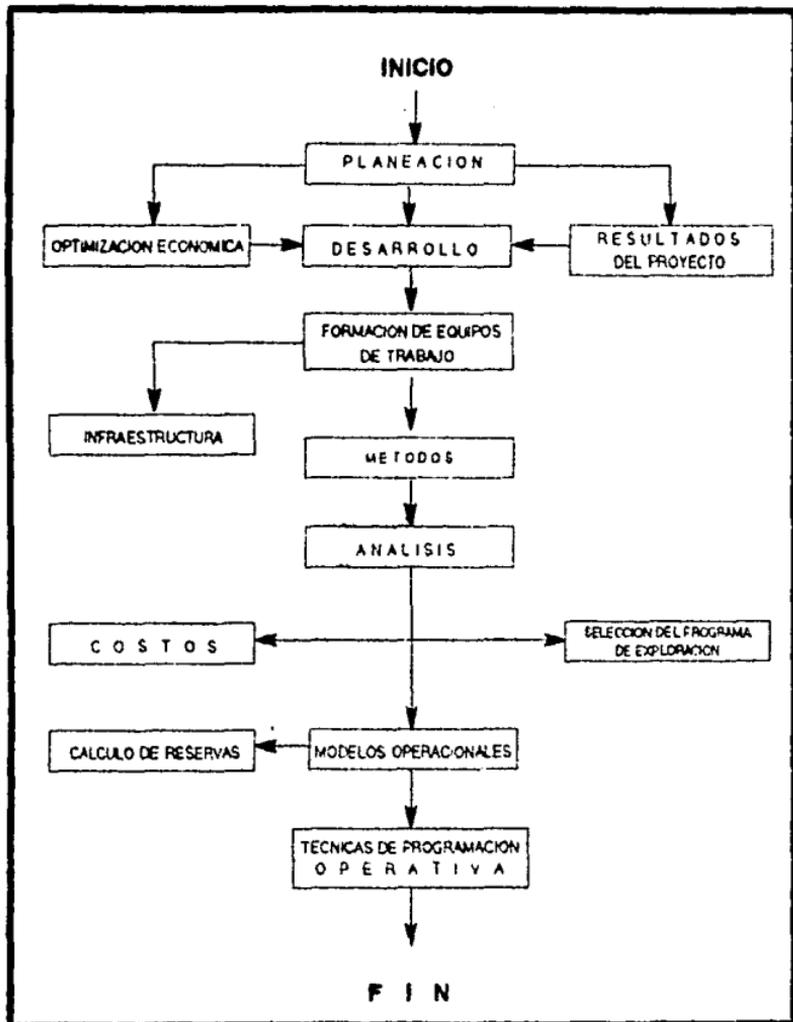
IV.5.1. FICHA DE ARCHIVO PARA PROSPECTOS.

ESTADO _____ MUNICIPIO _____ CLAVE _____
NOMBRE DEL PROSPECTO _____ MES _____ AÑO _____
AUTOR _____ FUNDOS _____
MINAS EXISTENTES _____
ESTRUCTURAS _____
TIPO DE YACIMIENTO _____ FORMA _____
DIMENSION _____
SUBSTANCIAS _____
LOCALIZACION _____
LATITUD _____ LONGITUD _____ ELEVACION SNM _____
VIAS DE ACCESO Y COMUNICACION _____

MUESTREO _____
LEYES DEL MINERAL _____
EVALUACION DEL PROYECTO _____
RESERVAS _____
POTENCIAL _____
ROCAS ASOCIADAS A MINERALIZACION _____
_____ GENESIS _____
MINERAL DE MENA _____
MINERAL DE GANGA _____
PLANILLAS DE BARRENACION _____ CLAVE _____
COORDENADAS DE BARRENOS _____ INCL _____ MTS _____
DESCRIPCION DE NUCLEOS _____

ESTA TESIS NO DEBE SER REPRODUCIDA SIN EL CONSENTIMIENTO DE LA DICIPLINA DE INGENIERIA

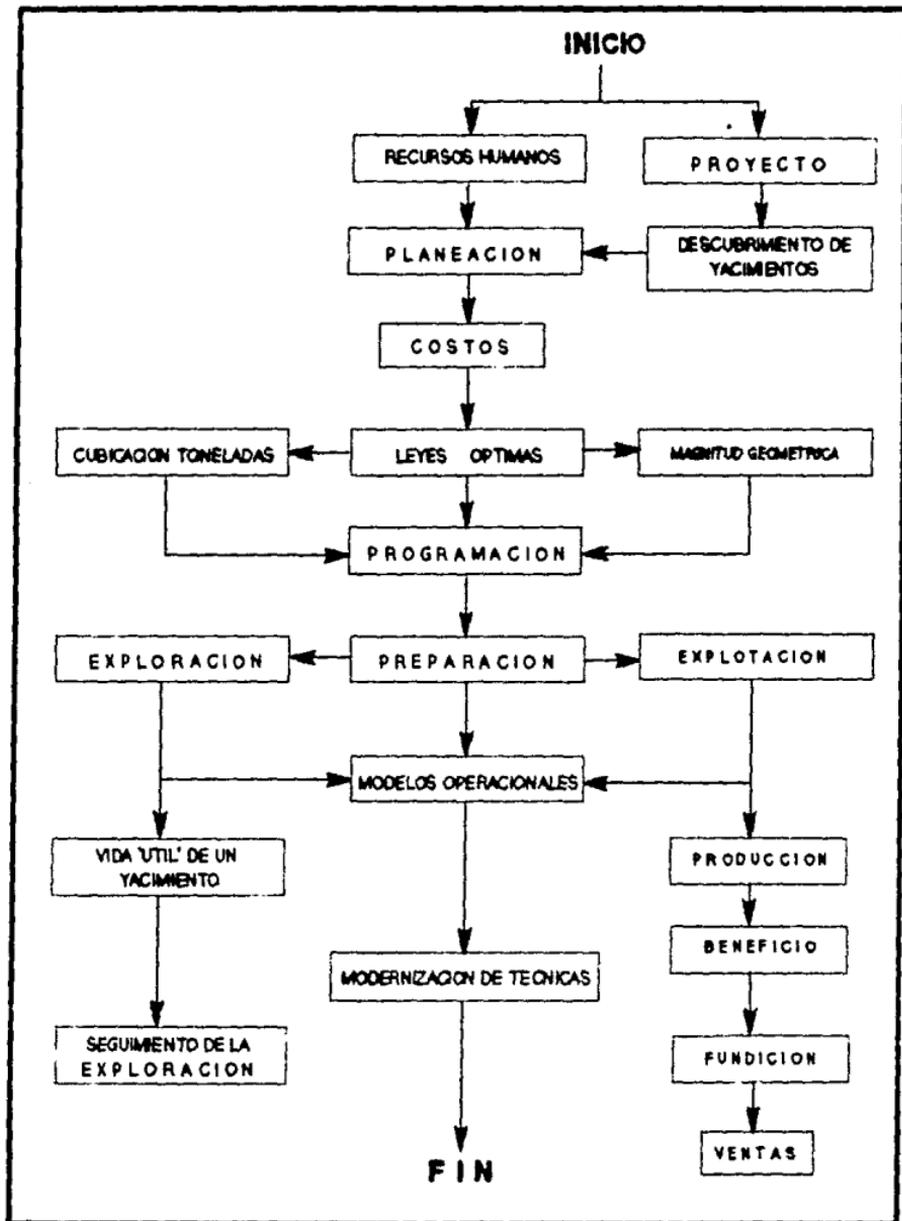
DIAGRAMA DEL CAPITULO IV



Con el fin de agilizar los trámites de registro de solicitudes de una concesión minera, es de suma importancia renovar y modernizar los sistemas y métodos actuales por medio de una cartografía minera computarizada y una buena capacitación del personal dedicado a esta industria.

Aunado a esto es indispensable la desincorporación de zonas y sustancias que se consideran como reserva nacional con esta medida será posible incrementar la exploración en la búsqueda de nuevos yacimientos y aumentar el crecimiento de la minería en México.

DIAGRAMA DEL CAPITULO V



BIBLIOGRAFIA

Berlanga Gutiérrez J.M., Obregón Andría J.J. 1981, Apuntes de Geoestadística, Edición de la F.I. de la U.N.A.M, Registro Derechos de Autor 32/81, México, D.F. pp 1-28, 29-56, 98-140. Primera Edición.

Briones y García A. 1978, Estudio de Viabilidad; La Evaluación Geológico-Minera, en base al trabajo "Evaluación Geológica Minera", Manual Minero Antológico, Publi-Noticias, S.A. México, D.F. pp 35-39.

Brumblay U, R. 1969, Análisis Cuantitativo, Edición de Cía. Editorial Continental S.A. (autorización. Barnes & Noble Inc.), New York, U.S.A. pp.

Campbell I, Gary M., McAfeedr R., Wolf C.L. Glossary of Geology. editors 1974, American Geological Institute, Washington, D.C, pp. Tercera Edición.

Cantos Figuerola J. 1974, Tratado de Geofísica Aplicada, Librería Ciencia-Industrial, I.G.M.E, Madrid, España. Segunda Edición. pp 450-471.

Campbell I. 1974, Glossary of Geology, American Geological Institute, Wash, D.C. U.S.A. Tercera Impresión, pp 1-805.

Cardona J. 1978, Aspectos Básicos en la Planificación Minera Moderna, (de Introducción a la Planeación Minera Moderna), Manual Minero Antológico, Publi-Noticias, S.A. México, D.F. pp 21-26.

Código de Nomenclatura Estratigráfica 1970, Instituto de Geología U.N.A.M, Sociedad Geológica Mexicana, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica. México, D.F. pp. 1-28. Segunda Edición.

Compton R.R. 1970, Geología de Campo, Copyright 1962 por John Wiley & Sons, Inc. U.S.A., Copyright Editorial Pax-México, Librería Carlos Césarman, S.A. México, D.F. pp 1-243. Primera Edición.

Chocat Ch. 1978, Coors d' Economie Minerale. Ecole des Mines de Nancy. Nancy, France. Capítulo II.

Del Valle E. 1984, Apuntes de Introducción a la Geofísica, Ciencias de la Tierra, Departamento de Geofísica, Edición de la F.I de la U.N.A.M, México, D.F. pp 109-175.

Del Valle E. 1987, Apuntes de Introducción a los Métodos Geofísicos de Exploración, Ciencias de la Tierra, Departamento de Geofísica, Edición de la F.I de la U.N.A.M México, D.F. pp 17-342.

Escandón Valle F.J. 1975, Recursos y Reservas Minerales, Criterios y Métodos para su clasificación, Geólogo Consultor, N.M.Sta.Ma.de La Paz y Anexas,S.L.P. México. Minero Noticias, AIMMGM. pp 27-33.

Estudio Geostatístico preliminar, subniveles 4,5. Concordia NW, "El Monte", San Fco. Zimapán Hgo. México Archivo Geología, 1983, Cia Fresnillo, S.A de C.V. pp 1-23

Franco López M. 1965, Elementos para Explotación de Minas, Edición de la F.I. de la U.N.A.M, México, D.F. pp 1-66, 1-38, Primera Parte, Segunda Parte.

Garbert Gottfried. 1984, Manejo de datos de Campo y de Mapas Geológicos. Geomimet, Epoca XI, May-Jun. # 129 México, D.F. pp 97-109.

García Reimbert R.L. 1989, Apuntes del Curso de Economía Minera, de la F.I. de la U.N.A.M, México, D.F. inéditos.

Garza Mercado A. 1978, Manual de Técnicas de Investigación El Colegio de México, sexta reimpresión, pp 17-41, 109-117

Gómez De la Rosa E. 1989, El reto de la Exploración Minera ponencia, Foro de consulta Popular sobre Energéticos y Minería, Geomimet, XVI Epoca, Jul-Agos. #160 México, D.F. pp 67-70.

Gómez Fregoso M. 1979, Exploración Geoquímica Aplicada a la Minería, Geoquímica de México, S.A, Chihuahua, Chih. Curso, AIMMGM. pp 1-52.

González R.J. 1937, Lozano G.R., Hierro I., Guía del Explorador Minero, Análisis y Ensayes de Minerales, Geología, Edición de la F.I., Instituto de Geología de la U.N.A.M, México, D.F. pp 1-13, 14-29, 29-39, 85-95.

Gorshkov G, Yakushova A. 1977, Geología General, Editorial Mir, Moscú, U.R.S.S. Segunda Edición, pp 62-64, 80-100.

Guerra Peña F. 1980, Fotogeología, Edición de la F.I. de la U.N.A.M, México, D.F. pp 9-14, 27-31. Primera Edición.

Herbert Dreschsler D. 1983, Financiación Minera, Diseños de Plantas de Procesos Minerales, Universidad British Columbia Vancouver, Canadá. Revista Geomimet, México, D.F. Primera Parte, tercera época May-Jun. # 123, pp 99-107, Segunda Parte, tercera época Jul-Agos. # 124, pp 23-30, Tercera Parte, tercera época Sept-Oct. pp 74-83.

Hamilton W.R., Woolley A.R., Bishop A.C. 1977-1980, The Larousse Guide to Minerals, Rocks And Fossils, Larousse & Co. Inc. N.Y. E.U.A. pp 1-320. Tercera Edición.

Hoare H.R., 1986, Uso del Análisis de Red en la Administración de Proyectos, Editorial Diana, México, D.F. pp 9-11, 57-80, 115-140, Tercera Edición.

Importantes Aspectos Legales para el cumplimiento de Concesiones Mineras. 1990. recopilación de archivo, Fondos Mineros, Piso 9, SIPSA de C.V. México, D.F. s/pp.

Kerr F.P., P.H.D., 1977, Optical Mineralogy, Mc Graw-Hill. U.S.A. Cuarta Edición.

Kunz B.F., Mendoza L.R., 1981, La Concesión Minera Análisis Técnico y Legal, 1980, El Régimen Fiscal de los Contratos Mineros, Geomimet, Tercera Epoca, May/Jun. #105 pp 23-26.

Labrot J.C, Lefevre E., Chiles J.P., 1978, La Géostatistique, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 75737 Paris, France. pp 1-16, 17-20. Geología Archivo, "El Monte", "Sn Fco", Cía Fresnillo, S.A de C.V. Zimapán Hgo. México.

Laneyrie P. 1977, Estimation rapide de la Rentabilité provisionnelle d'un Project Minier. Bureau de Recherches Géologique et Minières, Orleans, France. pp 2-5.

Lee Moreno J.L. 1989, Exploración Técnica Moderna en la pequeña y mediana Minería, Geomimet XVI Epoca Marz-Abr. # 158. México, D.F. pp 63-67

Legislación Minera, Leyes y Códigos de México, 1988, Ley Reglamentaria de Artículo 27 Constitucional en Materia Minera. Editorial Porrúa, Edición # 18, México. pp 1-355.

Maksimov A., Miloserdina G., Eriomin N., 1973, Breve Curso de Prospección Geológica, CCRCCP, Moscú, Editorial Mir. pp 11-249.

Mendoza Lugo R., 1987, Manual de Trámites Legales de Concesiones Mineras, IFIMS, México, D.F. pp 11-12, 15-20, 22-49, 66-67. Primera Edición.

Mc Kinstry E. 1977, Geología de Minas, Prentice-Hall, Inc., de Englewood Cliffs. N.J., U.S.A. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. Esp. pp 1-560. Cuarta Edición.

Montes de Oca M. 1970, Topografía, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México, Cuarta Edición pp 21-60, 203-214.

Ordoñez Cortés J.E. 1990, Evolución de la Minería Mexicana hacia el Siglo XXI, conferencia Ene.1990, Academia Mexicana de Ingeniería. Geomimet XVII Epoca Mar-Abr, # 164 México, D.F. pp 57-76.

Sogerem Génie M. 1978, Desde el descubrimiento de un Mineral hasta la venta del Concentrado, Manual Minero Antológico, Publi- Noticias, S.A. México, D.F. pp 35-39.

Trejo De La Cruz M., 1975, Guías útiles en la prospección de minerales, en el distrito minero de Zimapán Hgo, México D.F. I.P.N. Tesis Profesional. E.S.I.A. pp 11-13, 18-48.

Villanueva Lagar J.I. 1990, Modernización de la Regulación Minera. (Dir. Gral de Minas SEMIP), Geomimet, XVII Epoca Mar-Abr. # 164, México, D.F. pp 78-81.

Wendell C., Fenner P., Hill M. 1979, Geo-Escritura, Una guía para escribir, editar e imprimir en las Ciencias de la Tierra. Copyright, American Geological Institute, U.S.A Tercera Edición. Primera Edición en Español, editado por CFE, 1980, C. Editor, México, D.F. pp 6-11, 22-36, 69-84.