

24; 33



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



**“PROSPECCION Y EVALUACION DE LOS
YACIMIENTOS FERRIFEROS EN LA
FRANJA PONIENTE DEL CUERPO DE
FERROTEPEC. LAS TRUCHAS, MICH.”**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a :

Raúl Valencia Sánchez



México, D. F.

1988



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.

I N D I C E

CAPITULO I.

	INTRODUCCION	PAGINA
1.A	Objetivos del trabajo	1
1.B	Trabajos previos	1
1.C	Método de trabajo	3
1.D	Agradecimientos	4

CAPITULO II.

	GENERALIDADES	
2.A	Localización	5
2.B	Vías de comunicación	5

CAPITULO III.

	FISIOGRAFIA	
3.A	Provincia fisiográfica	7
3.B	Geomorfología	7
3.C	Hidrografía	8

CAPITULO IV.

	GEOLOGIA	
4.A	Geología regional	9
4.B	Litología y estratigrafía	10

	PAGINA
4.B.1) Cretácico	11
4.B.2) Terciario	12
4.B.3) Cuaternario	21
4.C Geología Estructural	22
4.D Geología Histórica	25

CAPITULO V.

METODOS DE EXPLORACION

5.A Fotointerpretación	28
5.B Métodos geofísicos: magnetometría	29
5.C Geología superficial	35
5.D Barrenación con diamante	37

CAPITULO VI.

YACIMIENTOS MINERALES

6.A Descripción de los cuerpos minerales	41
6.B Mineralogía	43
6.C Génesis	48
6.D Calidad del mineral	52

CAPITULO VII.

EVALUACION

7.A Muestreo y análisis de núcleos	53
7.B Registros gráficos de barrenos	54
7.C Secciones geológicas.	56

	PAGINA
7.D Leyes medias	57
7.E Reservas de mineral de hierro	58
7.E.1) Definición de las reservas	58
7.E.2) Métodos de cálculo	59

CAPITULO VIII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
--------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	68
--------------	----

TABLAS Y FIGURAS	
------------------	--

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.A Objetivos del trabajo

La planta de concentración metalúrgica de S.I.C.A.R.T.S.A., fue diseñada y construida para concentrar minerales magnéticos; se pretende continuar el beneficio de este tipo de mineral, por lo cual los objetivos principales de este trabajo son:

- 1.- Delimitar la zona mineralizada, para planear la forma y dimensiones de los tajos de explotación.
- 2.- Incrementar las reservas de mineral de hierro tipo magnético para continuar con una adecuada disponibilidad de mineral y así prolongar la operación de las instalaciones existentes.
- 3.- Alargar la operación de la planta de concentración magnética que se encuentra trabajando actualmente.

1.B Trabajos previos

Los yacimientos ferríferos de "Las Truchas" son conocidos desde fines del siglo pasado; se tiene noticia de que la primera solicitud formal de concesión minera fue en el año de 1905. En ese año, la "Cía. Minas de fierro del Pacífico, S. A.", realizó el primer estudio técnico sobre -

estos yacimientos con numerosas obras de exploración directa, como socavones y zanjas sobre los afloramientos.

Posteriormente los Ings. Barrera, Segura, González Reyna y Pérez Siliceo, realizaron levantamientos geológicos de reconocimiento durante los años de 1927 a 1938.

A partir de 1948 el Gobierno Federal Mexicano a través del Instituto Nacional para la Investigación de los Recursos Minerales (I.N.I.R.M.), inició la prospección de los yacimientos.

En 1959 la Fried Krupp Rohstoffe Essen por encargo de la Comisión del Tepalcatepec visitó los yacimientos de las Truchas, con el propósito de realizar un estudio de factibilidad económica para el aprovechamiento del mineral de hierro.

En el año de 1963, el Consejo de Recursos Naturales No Renovables realizó, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas (O.N.U.) los primeros estudios de Aeromagnetometría con vuelos a 300 m de altura y fotogeología regional y editó los resultados en planos a escala 1:50,000.

Sin embargo, los trabajos más amplios de exploración con el objeto de cuantificar los yacimientos fueron efectuados por este mismo Instituto hasta el año de 1966 los -

cuales consistieron de:

- Levantamientos geológicos y topográficos
- Levantamientos geofísicos
- Perforación de 46 barrenos de diamante
- Reapertura de socavones
- Muestreo y análisis del mineral
- Evaluación preliminar de reservas

En el período 1972-1978 SICARTSA ha efectuado trabajos de exploración a detalle para completar la información existente, dichos trabajos consisten en:

- Levantamientos topográficos
- Magnetometría terrestre
- Levantamientos geológicos
- Barrenación de diamante
- Evaluación de reservas

1.C Método de Trabajo

El método de trabajo seleccionado para la exploración del prospecto, se desarrolló con base en los siguientes puntos:

- a) Compilación y análisis de la información
- b) Interpretación fotogeológica en escala 1:10,000
- c) Levantamiento topográfico
- d) Levantamiento geológico

- e) Levantamiento magnetométrico
- f) Barrenación de diamante.

Con la información obtenida de los núcleos, generados - en la barrenación con diamante se prepararon:

- a) Muestreo y análisis de núcleos
- b) Registros gráficos de barrenos (geogramas)
- c) Tablas de leyes medias
- d) Cálculo de reservas.

1.D Agradecimientos

Agradezco a Siderúrgica Lázaro Cárdenas "Las Truchas", S. A., las facilidades para la elaboración del presente estudio y de manera especial al Sr. Ing. Germán Arriaga, por su acertada asesoría de este trabajo. También deseo agradecer a la Sra. Gloria Vargas Velasco, por el mecanografiado del mismo, así como a todas las personas que - con sus comentarios, orientaciones y apoyo contribuyeron al mejor desarrollo del citado estudio.

C A P I T U L O I I

GENERALIDADES

2.A Localización

El distrito ferrífero "Las Truchas" se localiza en la porción sureste del estado de Michoacán, en el municipio de Lázaro Cárdenas, aproximadamente a 25 Km en línea recta hacia el noroeste de la ciudad del mismo nombre. Figura II.1.

El área estudiada ocupa una superficie aproximada de 0.54 Km² situada en las coordenadas geográficas:

18°00' Latitud Norte

102°27' Longitud al W. de Greenwich

su distancia al mar es de 3.5 km en línea recta hacia el sur y su altitud media es de 60 m.s.n.m.

2.B Vías de comunicación

La región de Las Truchas se encuentra comunicada al resto del país, a través de tres vías terrestres principales:

La Carretera Federal No. 37 (Playa Azul-Uruapan-Morelia), La Carretera Federal No. 200 (Lázaro Cárdenas-Zihuatanejo-Acapulco) y la Carretera (Playa Azul-Coahuayana-Colima).

PLANO DE LOCALIZACION GEOGRAFICA YACIMIENTO FERROTEPEC

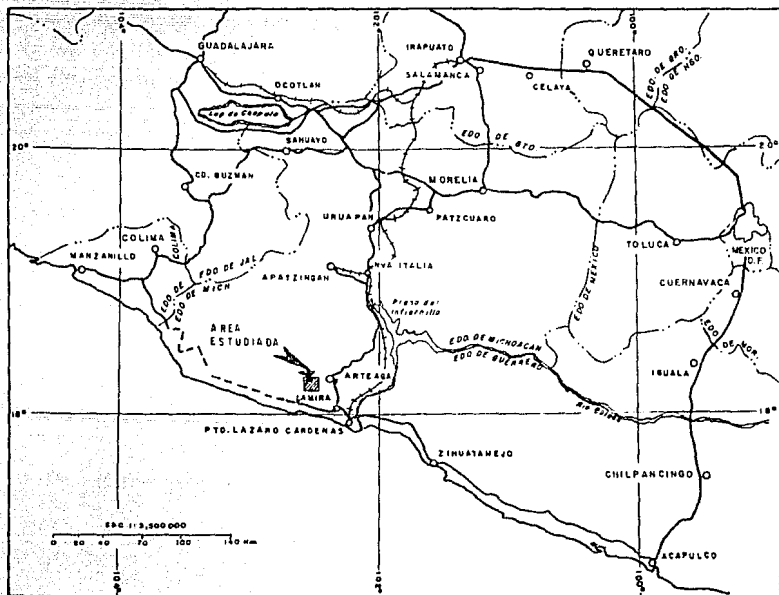
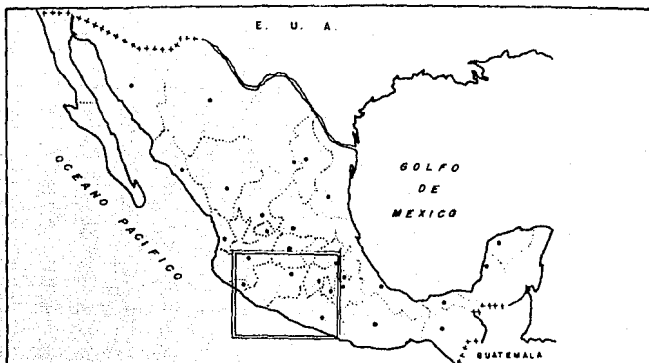


FIGURA II.1

La localidad, además de su comunicación por carretera, está ligada al sistema ferroviario nacional, por la vía férrea, Uruapan-Coróndiro-Lázaro Cárdenas.

En vuelos comerciales diarios se puede llegar desde la ciudad de México al puerto de Zihuatanejo o bien a Cd. Lázaro Cárdenas, Mich.

Las comunicaciones marítimas se realizan por medio de las instalaciones del puerto Lázaro Cárdenas, Mich. situado en la desembocadura del río Balsas.

C A P I T U L O I I I

FISIOGRAFIA

3.A Provincia fisiográfica

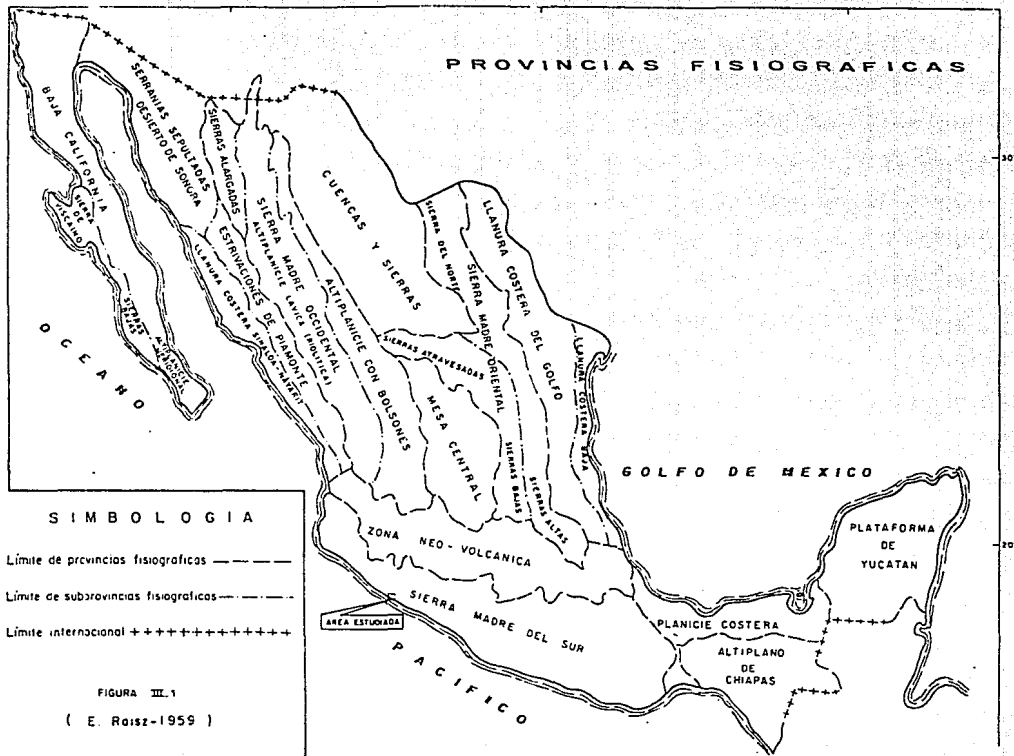
La región ferrífera de "Las Truchas", se encuentra en una zona de transición entre la Sierra Madre del Sur al norte y la Planicie Costera del Pacífico hacia el sur. Según Raisz (1959), la zona pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y se encuentra en el flanco meridional de la misma. Figura III.1

3.B Geomorfología

El paisaje regional que se observa está representado por cerros con formas topográficas redondeadas, de baja elevación con pendientes abruptas; éstas fueron originadas por los diferentes grados de resistencia a la erosión y al intemperismo.

Los afloramientos de mineral de hierro por lo general ocupan las partes más altas de los cerros.

De acuerdo con el proceso erosional, las cimas tienen una elevación más o menos uniforme, la cual varía entre 200 y 300 m.s.n.m. Existen ríos y arroyos que atraviesan la zona y han profundizado sus cauces sobre fallas y fracturas, originadas por emplazamientos de intrusivos y



tectonismo.

Los procesos geomorfológicos destructivos son avanzados, característicos de la etapa de madurez.

3.C Hidrografía

El drenaje se puede considerar como de tipo exorreico; en él, todos los escurrimientos superficiales fluyen hacia el mar.

Los sistemas de drenaje pueden variar de acuerdo a la estructura de las rocas y a los rasgos regionales; los dendríticos son cuando se encuentran desarrollados de acuerdo con las estructuras litológicas, y rectangulares o de enrejado, si su desarrollo se encuentra regulado por fallas y fracturas.

La principal vía de drenaje a la que concurren todos los arroyos del área es el río Acalpican; es el de mayor cuenca hidrológica y vierte sus aguas directamente al Océano Pacífico.

Existen arroyos de menor importancia como las Tazas, El Bordón, El Colomo, etc. que vierten sus aguas al río Acalpican, él cual a su vez las vierte hacia el mar.

C A P I T U L O I V

GEOLOGIA

4.A Geología regional

En la región de la costa del Océano Pacífico, se tienen reportados afloramientos de rocas ígneas intrusivas de composición granítica en forma de cuerpos batolíticos - que originaron un intenso metamorfismo de contacto en - las rocas ígneas volcánicas y sedimentarias.

Regionalmente, las rocas ígneas están representadas por rocas subvolcánicas de la familia diorita-andesita, granodioritas, dioritas, pórfidos dioríticos, andesitas y diques aplíticos. Existen derrames y tobas de composición andesítica muy extensos cuya edad no se ha determinado con precisión. Se sitúan tentativamente en el Cretácico Inferior.

Dentro del área del presente estudio, según E. Mapes - (1959), la intrusión granodiorítica de la zona de Truchas, afectó formaciones mesozoicas del Cretácico Medio (calizas) la cuales fungieron como receptoras de la mineralización de hierro.

Las rocas sedimentarias aflorantes se pueden agrupar en calizas, areniscas, conglomerados y aluviones que varían en edad desde el Cretácico Medio hasta el Reciente.

Las rocas metamórficas corresponden al tipo pirometamático de edad terciaria.

En una franja situada a lo largo de la Sierra Madre del Sur se localizan numerosos yacimientos de hierro que constituyen la región con mayores reservas en el país; tal es el caso de los yacimientos de "Las Truchas", en Michoacán. Su origen se atribuye a procesos de metasomatismo de contacto a consecuencia del efecto de intrusiones ácidas e intermedias del Cenozoico Inferior en las calizas cretácicas (Gómez, 1961; Mapes, 1959; Pineda et al., 1969; Zamora et al. 1975).

Las zonas de skarn presentaron las condiciones óptimas para la mineralización en la zona de contacto (G. Arriaga, 1968).

4.B Litología y Estratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área, abarca rocas pertenecientes a un intervalo geológico comprendido entre el Cretácico Inferior y el Reciente. Se pueden identificar varios grupos principales de rocas; las más antiguas están constituidas por rocas andesíticas subvolcánicas de probable edad Cretácico Inferior y constituyen la base de la columna sedimentaria conocida.

Las rocas sedimentarias abarcan los tipos continental y

marino; su edad varía del Cretácico Medio al Cuaternario y están representadas por:

Calizas, conglomerados y areniscas.

Las rocas ígneas intrusivas son relativamente abundantes y corresponden al Terciario, representadas por:

Granodioritas, tonalitas, dioritas, diques de andesita y aplita.

Las rocas metamórficas están representadas por:

skarn, hornfels y anfibolitas.

En el presente estudio se hace una breve descripción de las rocas antes mencionadas; se pone énfasis en las adyacentes a la zona del proyecto y relacionadas con la mineralización.

Se describirán los tipos litológicos existentes de acuerdo a su posición estratigráfica.

4.8.1 Cretácico

Las rocas cretácicas pertenecen a una serie de sedimentos marinos constituidos por calizas, las cuales se presentan alteradas y en parte metamorfoseadas (Formación Morelos). Los afloramientos son escasos, se encuentran aislados y esporádicos como remanentes erosionales en -

forma de lentes y casquetes.

Megascópicamente la caliza se presenta de color gris - claro y oscuro, compacta, silicificada y recristalizada de grano grueso. Debido a su recristalización, es muy difícil observar fósiles; sin embargo, se considera que puedan corresponder al Cretácico Medio (Albiano) (E. Ma pes, op. cit.).

En Ferrotepec Poniente, se comprobó en varios barrenos la existencia de caliza metamorfozada, la cual subyace a la unidad metamórfica. Superficialmente pueden observarse afloramientos al norte sobre el arroyo Las Tazas y al NW cerca del rancho el Colomo.

4.B.2. Terciario

Las rocas que pertenecen a este sistema se pueden agrupar tanto en ígneas como metamórficas y sedimentarias - dentro de los periodos comprendidos entre el Paleoceno y el Mioceno.

a) Rocas Ígneas

Las rocas ígneas que agrupan tanto intrusivas como extrusivas, están representadas por granitos, granodioritas, dioritas, pórfidos dioríticos, andesitas, tonalitas y aplitas. Afloran principalmente sobre el arroyo Las Truchas en los cortes naturales del terreno.

Asimismo en la mina Ferrotepec (actualmente en explotación) y en los núcleos de barrenación de Ferrotepec Poniente, fueron observadas algunas de estas rocas.

Granito

Roca ígnea intrusiva cuya composición varía desde granito hasta una granodiorita, según aumenta o disminuye el contenido de feldespatos potásicos y plagioclasas.

Megascópicamente es de color claro a gris oscuro de grano medio.

Al microscopio se observa una textura equigranular con desarrollo cristalino que varía de anedral a subedral. Sus minerales esenciales son: microclina, plagioclasas, cuarzo; los principales minerales accesorios son biotita y hornblenda y en menor porcentaje magnetita, titanita y apatita; sus minerales secundarios comunes son clorita e hidróxido de hierro como limonita y goehtita. (Clasif. de G. Arriaga, 1968).

Granodiorita

Con este término se designa a la roca ígnea intrusiva de estructura compacta que megascópicamente presenta una textura fanerítica equigranular gruesa y de color blanco grisáceo. Al microscopio se observa una textura holocristalina, hipidiomórfica de grano grueso.

Sus minerales esenciales son microclina, cuarzo, oligoclasa y andesina.

Diorita

Roca ígnea intrusiva plutónica o hipabisal, megascópicamente se observa de color verde en superficie fresca y se oscurece en las muestras alteradas, de estructura compacta y textura porfídica. Al microscopio presenta textura holocristalina, hipidiomórfica de grano medio.

Los minerales esenciales son andesina y oligoclasa, en los accesorios se tienen ferromagnesianos como augita y hornblenda verde; además, titanita, apatita y magnetita.

Dentro de los secundarios se presentan epidota, calcita, clorita e hidróxidos de hierro. (Clasif. de G. Arriaga, 1968).

Tonalita

Roca ígnea intrusiva, megascópicamente es de color gris claro con algunos tonos amarillentos de estructura compacta y textura fanerítica de grano medio. Al microscopio se observa textura holocristalina de grano medio, constituida por abundantes cristales subedrales de plagioclasas sódico-cálcicas (oligoclasa y andesina) y cuarzo anedral como minerales esenciales; como accesorios se presentan hornblenda subedral, trazas de biotita

ta cloritizada y como secundarios epidota. (Clasif. - del I.M.P., 1982).

Andesita

Roca ígnea extrusiva equivalente de la diorita que se presenta como hipabisal; megascópicamente es de color verde oscuro, textura porfirítica. Al microscopio se observa textura holocristalina inequigranular. Sus minerales esenciales son andesina, oligoclasa y hornblenda, como accesorio magnetita y sus minerales secundarios comunes son caolín, sericita y calcita. (Clasif. de G. Arriaga, 1968)

Los afloramientos de estas rocas son escasos generalmente como corrientes de poco espesor y/o como emplazamientos hipabisales.

Aplita

Con este término se designa a la roca granítica de origen hipabisal, la cual megascópicamente presenta un color gris claro, textura sacaróide de grano muy fino, al microscopio se observa textura holocristalina de grano fino, equigranular.

Sus minerales esenciales son el cuarzo y ortoclasa, los accesorios son biotita, moscovita y andesina.

Esta roca se presenta en forma de diques, repartidos -

irregularmente en todo el distrito; su espesor varía de 0.5-5.0 m. Se pueden observar en los cortes de núcleos de barrenación y en la mina Ferrotepec.

b) Rocas Metamórficas de contacto.

Las rocas metamórficas son las más importantes en el distrito desde el punto de vista económico, ya que son las que encajonan directamente a los depósitos ferríferos.

Están representadas por una amplia variedad de rocas producto de metamorfismo ígneo. Deben su origen al emplazamiento de intrusiones ácidas e intermedias que están afectando a rocas carbonatadas. A estas rocas se les ha asignado tentativamente una edad del Paleoceno de acuerdo con su posición estratigráfica, aunque no se encuentran precisamente datadas.

Las principales rocas producidas por metamorfismo de contacto son:

SKARN

Roca de metamorfismo de contacto, en cuyo proceso se ocasiona la descarbonatación de las calizas y la formación de minerales de alta temperatura como el granate y la epidota.

El skarn se localiza en un área intermedia de la aureo-

la de metamorfismo y constituye una excelente guía petrográfica para la prospección de mineral de hierro en el área de Las Truchas, Mich.

Se pueden definir dos tipos diferentes de skarn de acuerdo a su composición mineralógica: skarn de granate y skarn de epidota.

El skarn de granate presenta color pardo claro con textura granoblástica de grano medio. sus minerales principales son andradita, calcita y cuarzo y en menor proporción contiene epidota, sericita, piritita, magnetita y hematita; si la roca se enriquece de estos últimos pueden llegar a formar verdaderas menas de hierro.

El skarn de epidota es una roca color verde claro con tonalidades grisáceas, textura granoblástica cuyos minerales principales son: epidota, calcita, cuarzo y en menor proporción contiene hornblenda, clorita, magnetita y piritita.

Estas rocas representan la ganga más abundante en la mineralización.

HORNFELS

Es una roca metamórfica de contacto formada por procesos endógenos del metamorfismo ígneo.

El hornfels se localiza en la zona interior de la aureo

la metamórfica en contacto con la diorita, por lo que su metamorfismo es más intenso que en el skarn.

Megascópicamente se observa de color gris verdoso con tonalidades claras; puede presentar bandas alternadas que varían del verde claro a tonalidades rojizas y cremas. El tamaño del grano es variable desde los granos microcristalinos a los criptocristalinos con marcada textura córnea. Los minerales constituyentes de esta roca son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, hornblenda y epidota; además, contiene pirita, calcita y clorita. Esta roca está asociada directamente al mineral de hierro.

Anfibolita

Las anfibolitas al igual que el hornfels y el skarn, deben su origen al metamorfismo de las calizas.

Son rocas metamórficas de grano fino cuyos principales minerales son: hornblenda y feldespatos cálcicos, los que constituyen el mayor porcentaje de la roca y además pueden contener granate, calcita y en cantidades menores cuarzo.

c) Rocas Sedimentarias

Formación Ferrotepec

En esta Formación se han agrupado una serie de sedimentos marinos constituidos por una alternancia de areniscas con-

glomerados y areniscas calcáreas con abundantes fósiles que llegan a constituir verdaderas coquinas. Estos sedimentos son considerados como de edad terciaria (Mioceno), de acuerdo con la identificación de los diversos fósiles de invertebrados reconocidos en el área (J.W.Durham-Shelton P. Apegate, Espinoza Arrubarena, Instituto de Geología U.N.A.M., 1981). Sus afloramientos abarcan una extensión aproximada de 50 km y se extiende al oeste de Ferrotepec hasta Las Peñas, Mich.; al este, hasta la presa José Ma. Morelos (La Villita) sobre el río Balsas y de 1500 a 2000m hacia el sur.

Las rocas sedimentarias se presentan estratificadas, bien cementadas con echados de 13° a 15° al sur en los sedimentos más antiguos y débilmente consolidados con echados casi horizontales en los estratos más jóvenes; en conjunto, la estructura corresponde a un homoclinal, afectado por numerosas fallas normales con desplazamientos mínimos. La sección estratigráfica tipo de estos sedimentos tiene un espesor aproximado de 28m y se encuentra al oeste del tajo poniente de la mina Ferrotepec en donde se observa con mayor claridad.

Las características litológicas y las relaciones estratigráficas, permiten establecer diferencias entre los sedimentos de la Formación Ferrotepec. Lo cual se verificó en la siguiente sección medida.

LITOLOGIA	ESPESOR
Areniscas con capa de arcilla pardo rojizas	2.70 m
Conglomerados con guijarros y rodados mayores de 20 cm	2.50 m
Areniscas calcáreas azul verdoso	2.35 m
Conglomerados con rodados mayores de 30 cm	0.45 m
Arenisca gris	2.65 m
Concreciones grises con madera fósil	0.80 m
Concreciones irregulares grandes con madera	2.30 m
Concreciones manchadas limoníticas con conchas y madera	0.45 m
Concreciones raras de arenisca gris	1.70 m
Sedimentos calcáreos grises con guijarros, conchas y madera	2.80 m
Areniscas grises con escasas concreciones y madera	2.30 m
Calizas con abundante ignofósiles	0.20 m
Arenisca azul grisácea con cieno y fósiles	1.50 m
Arenisca gris claro con fósiles y pocas conchas	1.20 m
Coquina fósil	0.60 m
Arenisca gris claro con abundantes fósiles	1.80 m
Arenisca cienosa gris oliva con moldes de fósiles y pocas conchas	0.62 m
Conglomerado basal bien cementado con conchas de ostrea, guijarros y rodados de hierro y basamento metamórfico.	0.26 m
TOTAL:	27.18 m

En una sección típica de esta unidad, se identificaron los siguientes fósiles

Nautiloideos: - - - cima la unidad

Aturia Angustata

Pelecípodos:

Andara (cunearca)

Chione (Lirophora)

Gasterópodos:

Conus Boggsi

Conus (Leptoconus)

Turritela (Bactrospira)

Turritela (Ocayana)

Turritela sp Ocayana variedad Boesel

Cirripedos:

Balanus

Equinoideos:

Encope

El paquete sedimentario descansa en discordancia erosio-
nal sobre las rocas metamórficas de principios del Ter-
ciario y directamente sobre el mineral de hierro.

4.B.3 Cuaternario

Los sedimentos recientes están constituidos por terra-
zas fluviales, abanicos aluviales y suelos residuales,
los que cubren las partes bajas de la Planicie Costera,
así como los cauces y desembocaduras de los ríos.

La formación deltaica del río Balsas se encuentra a -

25 Km al E. de donde se localiza el prospecto; en el río Acalpican se pueden apreciar dos terrazas aluviales bien definidas.

En los depósitos abundan los sedimentos derivados de rocas graníticas y en las vecindades de éstos es muy común observar suelos residuales con óxido de fierro y minerales arcillosos debidos a la oxidación supergénica.

4.C Geología Estructural

El distrito "Las Truchas", forma parte de las unidades tectónicas conocidas como Macizo de Michoacán-Guerrero y Cuenca del Balsas (Alvarez Jr. Manuel, 1959), así como del batolito que se extiende en la costa del Pacífico - (Estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero).

Mediante el estudio estructural con imágenes del satélite ERTS se observan al W de la desembocadura del río Balsas y al W-NW de los depósitos ferríferos "Las Truchas" grandes rasgos estructurales paralelos a la costa del Océano Pacífico de gran distorsión orogénica y tectónica, (Salas, G.P., 1975).

En el área tuvieron lugar dos etapas de actividad plutónica; una premineralización consistente en el emplazamiento de un cuerpo granodiorítico que al intrusionarse metamorfoseó y plegó la estructura de las rocas calcá-

reas preexistentes y la otra postmineralización, manifiesta por la intrusión de diques de aplita, diorita y andesita. Esta afecta tanto a cuerpos mineralizados como a las rocas encajonantes.

Los intrusivos hipabisales están repartidos irregularmente en todo el distrito; estos cuerpos presentan un rumbo general NW con echados casi verticales y tienen espesores que varían desde unos cuantos centímetros hasta 5m. aproximadamente.

Manifestaciones volcánicas de rocas andesíticas en forma de tobas y derrames, se localizan al norte del yacimiento Ferrotepec.

La estructura regional de las calizas, presenta serias dificultades para determinarla ya que los rasgos estructurales han sido enmascarados por alteraciones de metamorfismo, silicificación y recristalización; además, la erosión ha sido muy intensa.

A través de interpretación fotogeológica, observaciones de campo y datos aportados por la barrenación de diamante, se pueden definir algunos rasgos estructurales como fallas y fracturas.

El primer sistema de fallas que se determinó se considera premineralización y se localiza al norte del yacimien

to Ferrotepec; consiste en fallas de tipo normal con una orientación preferente E-W y un desplazamiento indeterminado, las cuales han sido afectadas por una falla posterior orientada N-S.

El primer sistema de fallas está atravesado por un segundo sistema de igual importancia con rumbo NS -NW que origina estructuras tipo fosas y pilares; en este sistema las fallas son de tipo gravitacional y se consideran posteriores al intrusivo y al mineral ya que afecta a dichos cuerpos.

Los planos de falla están rellenos por lo general de una capa de roca molida y lixiviada proveniente de los relieves de la roca fallada.

Dada las características tectónicas de la zona, las unidades litológicas en general se encuentran sumamente fracturadas, lo cual se observa claramente en los taludes de los tajos de la mina Ferrotepec. Las fracturas principales presentan una orientación preferente N-S, paralelas al segundo sistema de fallas; probablemente hayan sido formadas como consecuencia del tectonismo y/o por el emplazamiento intrusivo, ya sea directamente o durante la etapa de enfriamiento que precedió a los procesos metalogénéticos.

Las fracturas se encuentran rellenas por óxidos de fie-

rro y yeso, los cuales se depositaron a consecuencia de la circulación de aguas subterráneas.

Por lo general la mayor parte de las vías de drenaje se encuentran reguladas por los sistemas de fallas y fracturas.

4.D Geología Histórica

La evolución geológica y los fenómenos asociados del área de Las Truchas parece tener la siguiente cronología.

Durante el Cretácico Inferior la región se vió sujeta a una intensa actividad volcánica con la extrusión de rocas piroclásticas de composición andesítica que forman la base de la columna sedimentaria; esto es posible reconocerlo en las localidades de La Aparecida, Mich. y - El Jabalí, Gro.

A principios del Cretácico y hasta el Aptiano, el área sufre una subsidencia, ocasionando que las partes positivas sean sumergidas en un mar somero de poca circulación

Las condiciones marinas prevalecientes durante el Cretácico Medio hasta el final del Albiano, culminaron con el depósito de calizas en mares epicontinentales.

Durante el Albiano continuó la transgresión marina hacia el continente, prevaleciendo condiciones irregulares del fondo marino, originando en las partes someras ambientes adecuados para el depósito de grandes espesores de sedimentos calcáreos de facies someras, que constituyen la Formación Morelos; estas rocas se originan principalmente por la precipitación de carbonatos que saturaban las aguas marinas y por el desarrollo de organismos constructores de bancos arrecifales como lo demuestra la presencia de Neríneas, actaenoellas, capríidos, miliólidos, etc.

A fines del Cretácico y principios del Terciario, tienen lugar grandes movimientos orogénicos como consecuencia de la Orogenia Laramide, lo que provocó la emersión del continente y un intenso plegamiento y fallamiento de las rocas mesozoicas preexistentes, las que quedaron sujetas a la erosión.

Los intrusivos granodioríticos que afectan y cambian la composición química de las rocas preexistentes, asociados a fenómenos de metamorfismo de contacto y que originan los diferentes tipos de skarn y hornfels, así como la mineralización de hierro, se les ha asignado una edad radiométrica de 84 ± 6 m.a. por el método Potasio Argón (I.M.P., 1982), que los sitúa en el Cretácico Superior (escala de tiempo del Fanerozoico)

Durante el Terciario hay una intensa actividad volcánica de tipo explosivo que se manifiesta con la extrusión de rocas subvolcánicas de composición andesítica.

Al iniciarse el Mioceno, se manifiesta en el área una transgresión marina; esto da como resultado el depósito de sedimentos terrígenos derivados de rocas ígneas y metamórficas, que cubren en discordancia erosional al mineral de hierro.

A fines del Terciario se desarrolla magmatismo en el sistema de fracturas; esta actividad magmática, se manifiesta en forma de diques de pórfidos dioríticos, de aplita que atraviesan a la granodiorita, al skarn y hornfels, en igual forma a los depósitos de mineral de hierro.

Durante el Terciario predominan los depósitos continentales, quedando expuestas las rocas a la erosión, ciclo que continua hasta la actualidad. Tabla IV.1.

C A P I T U L O V

5. METODOS DE EXPLORACION

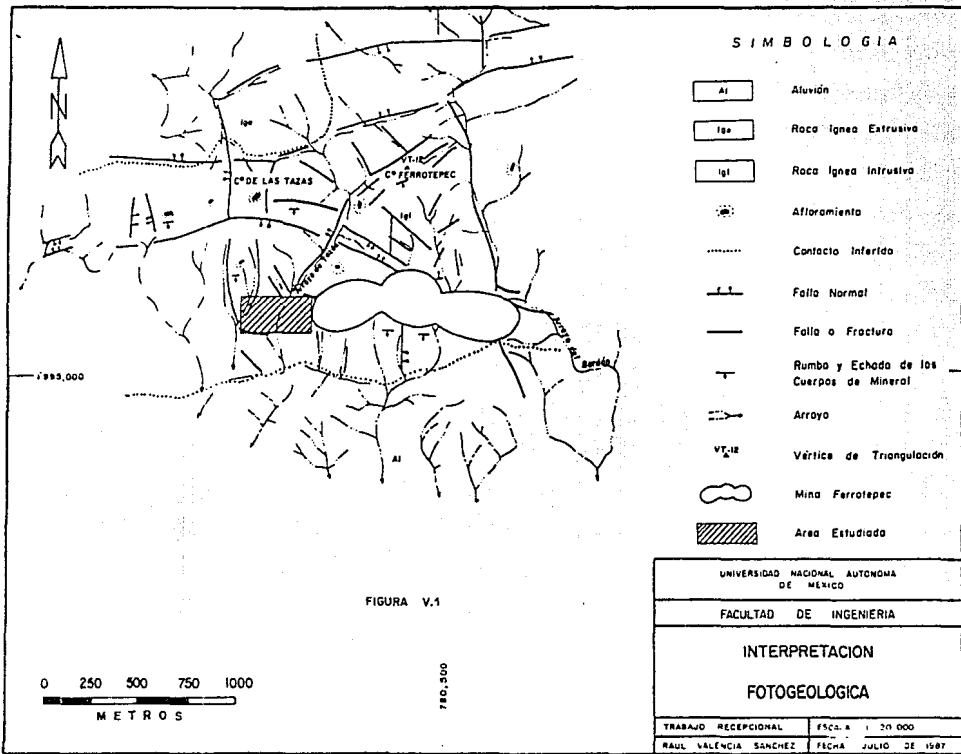
Los métodos básicos de exploración utilizados para la - evaluación geológica del yacimiento Ferrotepec Pte., - con el fin de incrementar sus reservas fueron: fotoin- terpretación, magnetometría, levantamientos geológicos superficiales y barrenación con diamante.

En los siguientes párrafos se describe la forma de apli- cación y las técnicas empleadas en cada método.

5.A Fotointerpretación

El objetivo principal que se sigue con la utilización - de la fotointerpretación, es el de apreciar en las imá- genes fotográficas los rasgos físicos del terreno, sus estructuras, su geomorfología, y en este caso en parti- cular, la presencia de zonas ferríferas. Figura V.1

En el área en cuestión, se utilizaron fotografías aéreas escala 1:10,000, en las que se pudieron definir tres uni- dades litológicas diferentes, manifestadas por formas - conspicuas del relieve o cambios abruptos de pendiente; sin embargo, para la diferenciación entre los tres tipos de unidades, así como en la delimitación de los aflora- mientos de hierro, fue necesario recurrir al reconoci-



miento geológico de campo. Con los datos obtenidos se define un complejo metamórfico de forma alargada con rumbo E-W demasiado fallado y fracturado y cubierto, en su porción sur, por sedimentos marinos y aluviones recientes; en la porción SE, se observa una serie de rocas extrusivas (derrames andesíticos)

En el área se presentan dos fallas principales, una con rumbo NE-SW y echado hacia el NW (regulando el cauce del arroyo "Las Tazas") y la otra con rumbo N-S y echado indeterminado, sobre el arroyo "La Agonía"; los cuerpos mineralizados están afectados por varias fracturas perpendiculares a las fallas principales con las que es posible asociarlas.

La interpretación fotogeológica presenta limitaciones para estudios detallados debido a la presencia de una densa vegetación que oculta los rasgos del terreno.

5.B Métodos geofísicos

Magnetometría

Para investigar la continuidad de la mineralización hacia el poniente de la mina Ferrotepec, SICARTSA efectuó un levantamiento de magnetometría terrestre a detalle. De los métodos geofísicos de exploración conocidos, el más apropiado en la prospección de yacimientos ferrife-

ros magnéticos es la magnetometría, y en este caso en particular, fue usado en el distrito "Las Truchas" debido a que la magnetita es el mineral de mena que se presenta como principal constituyente de los yacimientos en el área.

El instrumento utilizado en el yacimiento, fue el magnetómetro portátil, marca SCINTREX, tipo FLUXGATE, modelo MF-2-100, el cual mide la componente vertical del campo magnético.

La magnetometría se basa en la medición (utiliza un magnetómetro) de las variaciones del campo magnético. Se define como el espacio a través del cual la fuerza o influencia de un magneto es ejercida y se presenta gráficamente como una serie de líneas curvas y continuas que indican la dirección de la fuerza magnética en cualquier punto del campo. A dicha fuerza magnética se le conoce como intensidad magnética.

A cualquier variación del campo magnético normal de la tierra se le denomina con el término "Anomalía"; esas variaciones pueden ser atribuidas a unidades litológicas y principalmente a estructuras mineralizadas con propiedades magnéticas.

Ahora bien, para que pueda ser registrada una anomalía magnética es requisito indispensable que exista suscepti

bilidad de contraste, o sea una diferencia en la cantidad de líneas de fuerza magnética que fluyen a través de rocas.

Ahora, desde el punto de vista magnético, las rocas que constituyen la corteza terrestre pueden ser divididas en:

- a) Diamagnéticas. Se caracterizan por carecer de permeabilidad magnética; es decir, no permiten el paso de líneas de fuerza magnética a través de ellas; lo que origina una susceptibilidad negativa; aquí se incluyen a todas las rocas que no contienen minerales ferromagnéticos, como ejemplo la caliza, el yeso, etc.
- b) Paramagnéticas. Son aquellas rocas que distorsionan el campo magnético terrestre; concentran las líneas de fuerza en ellas, por lo tanto tienen susceptibilidad positiva; esto es debido a que contienen minerales ferromagnéticos. La concentración del número de líneas de fuerza es mayor en tanto aumenta el contenido de minerales ferromagnéticos hasta llegar a construir estructuras con un campo magnético propio, por ejemplo la magnetita, ilmenita, pirrotita, franklinita, etc.

La técnica empleada para efectuar los estudios magnetomé

tricos consistió en cubrir el área seleccionada con líneas orientadas y trazadas topográficamente. Son paralelas entre sí y espaciadas a una distancia de 25m en zonas magnéticamente anómalas y levantamiento de detalle. La dirección de las líneas, así como su espaciamiento se establecieron a partir de una línea base levantada también topográficamente, a partir de la cual se alinearon las brechas con rumbo norte-sur; se instalaron las estaciones de lectura a intervalos de 12.5 m sobre cada línea.

Las observaciones magnetométricas se efectuaron con una lectura sobre cada estación establecida cuando la variación de los valores era normal. Se redujo la distancia donde se registraban valores fuera de rango.

El sistema es muy útil, porque permite diferenciar claramente entre anomalías de zonas mineralizadas y zonas con mineral flotante cuya polaridad magnética es desorganizada y sin continuidad lateral.

Las correcciones de las lecturas tomadas se hicieron de acuerdo a las variaciones del campo magnético; se procedió a tomar la primera lectura en la estación base previamente establecida y después, en un intervalo de 1 a 2 horas, la lectura en la misma base. Después el método que se sigue en la corrección, es construir una gráfica en la cual el eje de las abscisas corresponde a los -

tiempos transcurridos para cada estación de lectura, y el eje de las ordenadas dá los valores inicial y final de la estación base fijada. Por lo que las correcciones dependen principalmente del tiempo transcurrido entre la lectura inicial en la base, hasta el momento de efectuar la que se corrige.

Los datos obtenidos después de tomadas y corregidas las lecturas se transcriben a un plano en el que se dibujan las líneas y estaciones de lectura localizadas y alineadas previamente en el campo; con esto, se elaboran planos de isovalores. Se unen las lecturas corregidas, por medio de curvas se toma en consideración su valor representado en gammas y con ello se obtiene la configuración del plano magnetométrico.

La unidad estandar utilizada en magnetometría es el "oersted" que equivale al "gauss". En literatura geofísica, esta es una unidad muy grande para utilizarse. En la práctica, se usa más comunmente la "gamma" definida como 10^{-5} oersted.

El objetivo de la magnetometría a detalle, es delimitar zonas anómalas de interés; mediante la interpretación de los datos obtenidos en el campo y basados en los planos magnetométricos se puede determinar la distribución y geometría de la unidad magnética. Posteriormente se

confirma dicha interpretación por medio de exploración directa y se definen las causas de las anomalías.


El levantamiento magnetométrico realizado en Ferrotepec Poniente, dió resultados muy positivos. Se evidenciaron dos zonas anómalas, a las que se les denominó como anomalía FP-1 y anomalía FP-2; FP representa la abreviación del nombre del prospecto y el número es progresivo y arbitrario para cada anomalía. Figura V.2

La anomalía FP-1 se encuentra junto al tajo poniente de la mina Ferrotepec; tiene una longitud de 340 m y una anchura variable de 100 a 30 m; presenta una conformación excéntrica alargada y está constituida por altos magnéticos que varían de 5000 a 15000 gammas. La baja intensidad que manifiesta la anomalía se debió a la profundidad en que se presenta el cuerpo mineralizado. No se registró un bajo magnético a causa del echado casi vertical que tiene el cuerpo mineral.

La anomalía FP-2, es una faja casi continua con una longitud de 320m y amplitud variable de 200 a 50m. Está constituida por altos magnéticos que van de 30000 a 70000 gammas y bajos magnéticos de 25000 a 35000 gammas. El relieve magnético presenta cambios muy marcados que están relacionados con la profundidad a que se encuentra la mineralización.

FIGURA V.2

LEYENDA

-  CURVAS 1:10000 BARRAS
-  CURVAS 1:10000 BARRAS
-  CURVAS 1:1000 BARRAS
-  ALTO INDICADO
-  BARRA MAGNETICA

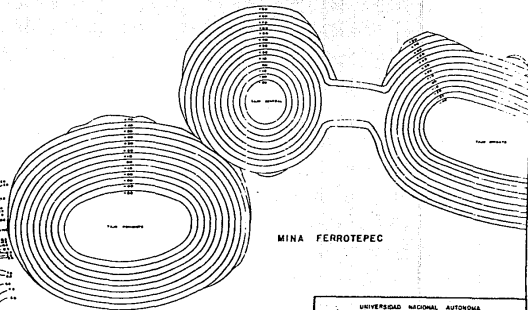


ANEXO PP-2



ANEXO PP-1

YACIMIENTO FERROTEPEC PONIENTE



MINA FERROTEPEC



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO MAGNETOMETRICO	
TRABAJO RECEPTORIAL	ESCALA 1:4000
RAUL VALENCIA SANCHEZ	FECHA: JULIO DE 1987

Estas dos anomalías presentan algunos rasgos magnéticos, como deflexiones bruscas, alineamientos de curvas de iso valores y cambios de polaridad que sugieren la existencia de fallas, fracturas o interrupciones del cuerpo mineral.

Los barrenos de diamante perforados sobre la anomalía - FP-1 reafirmaron plenamente su interpretación.

5.C Geología superficial

Levantamiento geológico

Se realizaron caminamientos a lo largo de las mismas líneas utilizadas para el levantamiento magnetométrico: - los datos geológicos superficiales observados se refirieron a las estaciones establecidas; así se facilitó la correlación entre los valores magnetométricos y los datos geológicos obtenidos.

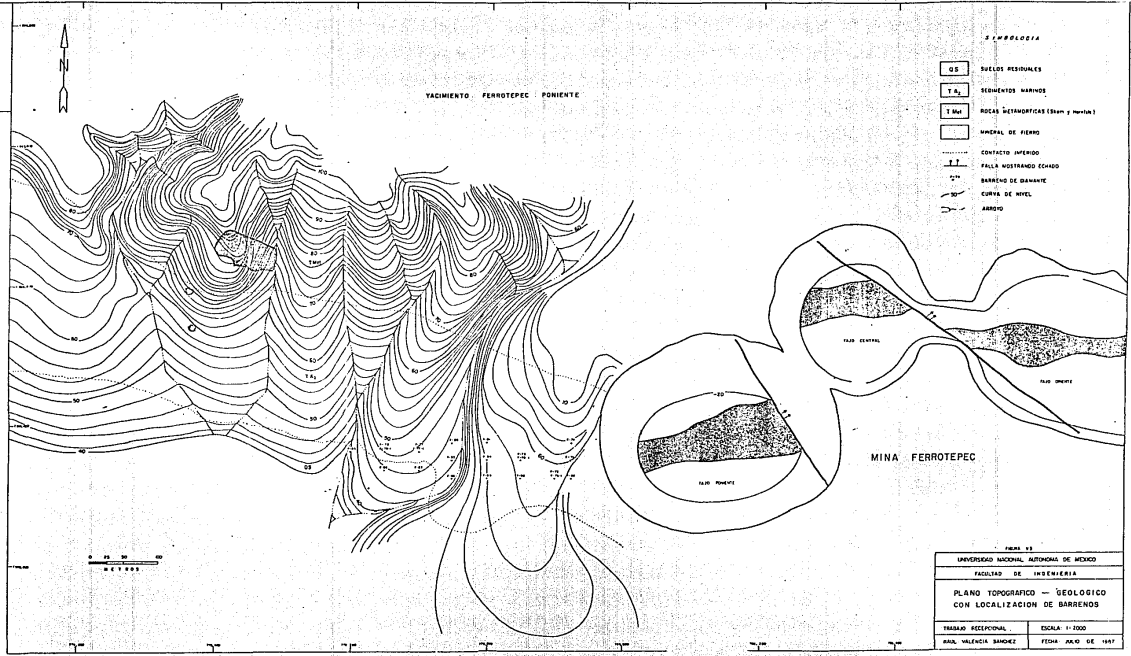
Por medio de levantamientos geológicos a detalle, se localizó un afloramiento en la porción N-W del prospecto, con un área aproximada de 900m^2 de orientación E-W. Aparentemente esta pequeña masa mineral forma parte de un solo cuerpo, cuya estructura tiende a ser la de una masa tabular con echado casi vertical hacia el sur, aunque a profundidad no se tienen referencias de ello. Figura V.3

Ahora bien, debido a que los caminamientos fueron de una

YACIMIENTO FERROTEPEC PONIENTE

LEGENDA

- OS SUELOS RESIDUALES
- T₁ SEDIMENTOS MARINOS
- T₂ ROCAS METAMORFICAS (Esbozo y muestra)
- MINERAL DE HIERRO
- CONTACTO IMPERIO
- +—+—+— FALLA MOSTRANDO ECHADO
- +—+—+— BARRENO DE GRANITE
- +—+—+— CURVA DE NIVEL
- +—+—+— ARROYO



MINA FERROTEPEC

FIGURA 12

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
PLANO TOPOGRÁFICO — GEOLÓGICO CON LOCALIZACIÓN DE BARRENOS	
TITULAR RESPONSABLE	ESCALA 1:1000
RAÚL VILÉNICA BARROET	FICHA JULIO DE 1987

utilidad relativa a causa del paquete sedimentario y los suelos residuales que cubrían los yacimientos en esta zona, se llevó a cabo como complemento de la información un levantamiento geológico con plancheta sobre el talud del tajo poniente de la mina Ferrotepec. Se basó este levantamiento en dos vértices de control de la mina, ya conocidos. El procedimiento fue el siguiente: centrar el aparato en el primer vértice, tomar línea en el segundo e instalar un punto auxiliar lo más cerca posible al área que se mapea; dicho punto, se localiza por intersección; el aparato se centra en el segundo vértice y se toma línea del primero. Ya con el aparato puesto en el punto auxiliar localizado se visa a cualquiera de los vértices, se dirigen radiaciones a los puntos de interés geológico, como contactos, fallas y fracturas. Los puntos así obtenidos de las radiaciones, se reducen al horizonte.

Se trasladan al plano adicionado a la mesa de trabajo con sus elevaciones; cabe aclarar que todo esto se hace en el campo al momento de efectuar el levantamiento.

Con este levantamiento geológico con plancheta se pudo delimitar una estructura mineralizada de forma tabular con echado de 80° hacia el sur y un espesor de 40m. Este cuerpo se reduce a profundidad y está encajonado por rocas metamórficas de contacto (skarn y hornfels) tanto

al bajo como al alto. Toda la estructura está cubierta por una unidad sedimentaria de aproximadamente 25 a 30m de espesor y un echado de 18° hacia el sur, que pudo observarse desde el nivel +30 hasta el nivel -30. Ya que actualmente se encuentra en explotación, esta unidad se tumbó como tepetate.

La exploración del subsuelo se proyectó y realizó después de haber obtenido la máxima información tanto de magnetometría, como de geología superficial.

5.D Barrenación con diamante

SICARTSA. por medio de su departamento de exploración, elaboró un programa de barrenación con diamante en el prospecto "Ferrotepec Poniente". Este programa tuvo como objetivo primordial, corroborar la interpretación basada en los estudios previos de magnetometría y geología superficial; además con los resultados de los barrenos se pudieron evaluar las reservas de mineral de hierro, el zoneamiento y las leyes del yacimiento. Algunos barrenos se perforaron exclusivamente con fines de exploración geológica.

El programa consistió en la perforación de 20 barrenos (4 inclinados y 16 verticales) con recuperación de núcleos dividido en dos etapas: la primera fue en plan piloto, consistente en 5 barrenos verticales, perforados -

con el fin de verificar la anomalía existente y la segunda de 16 para estudios a detalle.

Los barrenos se localizaron sobre una retícula topográfica orientada norte-sur. El espaciamiento entre barrenos fue de 50m con rumbo E-W y de 25m al N-S, para cubrir las anomalías magnéticas. Figura V.3

Uno de los métodos más rápidos para conocer la posición, espesor, calidad de los cuerpos mineralizados y datos del subsuelo en forma inmediata, es el de barrenación con recuperación de núcleos; además esta técnica exploratoria es básica para definir estrategias de producción y beneficio metalúrgico del mineral.

Ya en el desarrollo de la barrenación y debido a la poca dureza del material superficial, se usaron brocas tricónicas de 4½" y 2¾" hasta atravesar el paquete de rocas sedimentarias; posteriormente, se continuó con broca de diamante diámetro "NQ" (2¾") con recuperación de núcleos en rocas metamórficas y con mineral de hierro.

Las muestras de canal, obtenidas con broca tricónica se muestrearon cada 5 metros y se almacenaron en bolsas de polietileno etiquetándolas con el número de barrenos y la profundidad correspondiente al intervalo muestreado.

Los núcleos recuperados se clasificaron megascópicamente

y fueron almacenados en cajas de madera, debidamente - identificadas con el número de barreno y el tramo perforado correspondientes.

La profundidad total de los barrenos se fijó con base a las características litológicas de los núcleos recuperados, en el espesor y geometría de los cuerpos encontrados en los barrenos adyacentes; también se consideró conveniente no alcanzar profundidades mayores a 250 metros, ya que se estima incosteable la extracción de minerales a esas profundidades.

Para llevar a cabo el programa se utilizaron dos perforadoras marca LONG YEAR modelo 38, una perforadora marca - LONG YEAR modelo 44, 3 bombas para fluidos de perforación marca BEAN-ROYAL modelo 535 R.O.

Con el objeto de comprobar la verticalidad e inclinación de los barrenos perforados, se hicieron una serie de observaciones con inclinómetros de medición que no se afectaran con el magnetismo local.

Dichas observaciones se hicieron con la ayuda de un barril muestreador NQ, al cual se le adaptó en su base, - con una cápsula de aluminio desmontable, con un espacio anular interno en donde se coloca una probeta de cristal desechable con 5cm de ácido fluorhídrico diluido en aceite soluble al 10%. Esto provoca una reacción exotérmica

ca y marca en el cristal la traza del nivel superior de la solución después de permanecer dentro del barreno a la profundidad investigada durante 10 minutos. la determinación de la inclinación del barreno corresponde al ángulo formado entre el nivel que se marco en el cristal de la probeta y el eje mayor de la misma a partir de la horizontal. El rumbo no puede ser determinado con este método.

El total de metros perforados fue de 3293.39; de los cuales 737.50m se barrenaron con broca tricónica sin recuperación y 2555.89m con broca de diamante y una recuperación total de 91.64% de los cuales corresponden, 1663.87m a tepetate y 892.02 a mineral con 88.44 y 97.62% de recuperación respectivamente; por tanto se obtuvieron resultados satisfactorios.

C A P I T U L O VI

6. YACIMIENTOS MINERALES

El yacimiento Ferrotepec Poniente forma parte del depósito Ferrotepec; el conjunto pertenece a una pequeña porción de el distrito ferrífero "Las Truchas", en el cual las condiciones geológicas son muy similares. Se sitúa en la parte central de la provincia metalogenética de la Sierra Madre del Sur en la costa del Pacífico (Salas, - G., 1980), que abarca los estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero.

Los procesos que dieron origen a los yacimientos ferríferos en el distrito, como se mencionó anteriormente, fueron producto de metasomatismo de contacto, debido a intrusiones ácidas e intermedias del Cenozoico Inferior en rocas carbonatadas cretácicas (Gómez, 1961, Zamora et al. 1975, Mapes, 1959)

La abundancia de granate y epidota presentes en el yacimiento confirma este proceso.

6.A Descripción de los cuerpos minerales

El área correspondiente a la porción estudiada en el yacimiento Ferrotepec Poniente, presenta formas topográficas suaves con elevaciones medias de 60 m.s.n.m.; los afloramientos son muy escasos debido tanto al depósito -

de sedimentos marino-terrestres de plataforma, como a las acumulaciones de suelos residuales; sin embargo, mediante la interpretación geológica del subsuelo, se pudo apreciar que la estructura mineralizada se prolongaba con rumbo este-oeste; está constituida esencialmente por magnetita y un echado entre 70° y 80° hacia el sur. Su espesor promedio es de 40m y su longitud de 300m, considerada desde la mina Ferrotepec hasta el barreno F-78 límite de la mineralización hacia el poniente en donde el espesor del cuerpo mineral es muy irregular y se adelgaza hasta perderse totalmente (barrenos F-86 y F-95). El cuerpo profundiza a -120m bajo el nivel del mar y tiene una elevación general de +20m.s.n.m.

Las rocas encajonantes pueden observarse tanto al norte como al sur de la estructura y corresponden al tipo de rocas metamórficas de contacto principalmente skarn de epidota y granate, además el mineral se encuentra intrusado por diques de aplita y diorita.

6.B MINERALOGIA

En el yacimiento de hierro "Ferrotepec Poniente" la mena está constituida principalmente por magnetita de color negro azulado y brillo metálico. En algunas zonas se presenta en cuerpos de magnetita masiva, compacta y de cristalización homogénea y en otras, asociada con roca metamórfica del tipo skarn de granate y epidota que en forma convencional se le ha clasificado como mineral de magnetita diseminada. Dentro del cuerpo mineralizado se encuentran minerales de ganga representados por: pirita, calcopirita, granate, epidota, hornblenda, cuarzo, clorita y calcita. Los sulfuros de fierro se consideran impurezas por su contenido de azufre pero este no es mayor del 3%. El contenido de fósforo, como impureza, únicamente se presenta como indicios.

La hematita se presenta en este yacimiento en una porción mínima; este mineral se origina cuando la magnetita se encuentra en un medio reductor y por ello pasa de estado ferroso al férrico.

En las partes superiores del cuerpo se observa como la oxidación afectó a los sulfuros de hierro y forma los minerales goethita-limonita.

Los minerales que constituyen la mena y la ganga, pueden ser diferenciados de acuerdo a su origen en hipogenéticos y supergenéticos. (Tabla VI.1)

MINERALES HIPOGENETICOS PRIMARIOS

TABLA VI.1.

VARIEDAD	FORMULA
Magnetita	$Fe_3 O_4$
Especularita	$Fe_2 O_3$
Pirita	$Fe S_2$
Calcopirita	$Cu Fe S_2$
Granate Variedad Andradita	$Ca_3 Fe_2 (Si O_4)_3$
Yeso	$Ca SO_4 \cdot 2 H_2 O$
Cuarzo	$Si O_2$

MINERALES SUPERGENETICOS SECUNDARIOS

Hematita	$Fe_2 O_3$
Limonita	$H Fe O_2$
Goethita	$H Fe O_2$
Epidota	$Ca_2 (Al, Fe)_3 O(OH) Si O_4 Si_2 O_7$
Clorita	$Mg_5 Al (OH)_8 Al Si_3 O_{10}$
Sericita	$(Al SiO_3 O_{10}) K, Al (OH)_2$

Los minerales supergénicos se formaron por alteración de los primarios; se presentan como pseudomorfos de ellos.

A continuación se describirán algunos de estos minerales.

MAGNETITA

Es el mineral más importante en el yacimiento; constituye casi la totalidad del mineral de mena. Es de color negro azulado, raya negra, brillo metálico y algo muy característico de este mineral son sus propiedades magnéticas, aparece en masas de grano basto o fino, o en agregados compactos. Al microscopio generalmente se presenta en masas compactas con inclusiones o vetillas de otros minerales.

HEMATITA

El segundo mineral de importancia de los yacimientos del distrito lo constituye la hematita; su abundancia es muy reducida en relación a la magnetita. Megascópicamente presenta color pardo rojizo, raya roja, ligeramente magnética; se presenta en masas compactas. Al microscopio se observa dentro de la magnetita y en los bordes de ésta.

La mayor parte de la hematita presente es probable que -

sea un producto de la alteración de la magnetita por procesos supergenéticos, por lo que es más abundante en la zona de oxidación. Además se presentan algunas variedades en la hematita, siendo la más frecuente la martita, que es un mineral pseudomorfo de la magnetita, originado por la oxidación de ésta, de aspecto poroso y débilmente magnética; en menor abundancia se encuentra la especularita, sin llegar a constituir menas; existe sólo como relleno de fracturas, tanto en los cuerpos minerales como en las rocas encajonantes.

PIRITA

La pirita se encuentra en gran cantidad diseminada dentro de la mena o como vetillas, las que en ocasiones llegan a tener hasta 1.5cm de espesor. Sus cristales desarrollan hábito cúbico, pero también se pueden observar - de forma irregular, variando sus tamaños de 0.01-1.00cm

Es uno de los minerales de ganga más abundantes de la estructura mineralizada, siendo eliminado en la zona de - oxidación por procesos de lixiviación.

CALCOPIRITA

La Calcopirita se encuentra en cantidades muy reducidas, por lo general asociada con la pirita en pequeñas vetillas, también existe diseminada o en pequeñas fracturas

dentro de la roca encajonante.

Tanto la pirita como la calcopirita son de origen hidrotermal.

MINERALES DE OXIDACION

La alteración por oxidación afectó tanto a la mena como a la roca encajonante, normalmente en la parte superior. En la mena se manifiesta por la alteración de los sulfuros y da como resultado los minerales goethita y limonita. En la roca encajonante el intemperismo produjo arcilla residual conocida como suelos lateríticos de color rojizo, lo cual indica una concentración de hidróxidos de fierro; sin embargo estos suelos no llegan a formar una mena por su bajo contenido de fierro.

La sucesión mineralógica indica el orden de depositación de los diferentes minerales que constituyen un yacimiento. Este orden depende de la evolución de las condiciones físico-químicas del medio donde se formó.

La sucesión relativa de los minerales hipogenéticos del depósito parece guardar el siguiente orden (G. Arriaga - 1968).

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. Granate | 6. Hornblenda |
| 2. Magnetita | 7. Pirita |
| 3. Calcopirita | 8. Epidota |
| 4. Cuarzo | 9. Clorita |
| 5. Sericita | |

La temperatura de formación del yacimiento puede definirse por la presencia generalizada de granate variedad andradita cuya temperatura de formación es de 800°C aproximadamente.

Según Lindgren la formación de silicatos de calcio ocurre entre 400 y 500°C. Además se ha visto a partir de análisis texturales (G. Arriaga 1968) que los minerales de mena se depositaron después de la formación del Skarn de granate; por lo que es muy probable que la temperatura de formación haya estado entre 600 y 700°C

6.C GENESIS

Tomando en consideración las características estructurales del yacimiento, su composición mineralógica, así como sus relaciones con las rocas encajonantes, es evidente que el origen del yacimiento está íntimamente ligado con la intrusión de magma en rocas sedimentarias calcáreas; ésto ocasiona el metamorfismo ígneo y metasomatismo de contacto, por lo que el yacimiento pertenece a este grupo; es decir, a yacimientos ferríferos de metasomatismo de contacto. La abundancia de granate y epidota en el yacimiento caracteriza a este proceso.

En las rocas en las cuales se ha introducido un magma, ocurren profundos cambios físico-químicos, mineralógicos y texturales ocasionados por calentamiento e infiltra-

ción de constituyentes magmáticos.

Si los efectos son térmicos y sin adición de nuevos materiales se efectúa un metamorfismo de contacto, manifestado por cambio textural y de composición mineralógica en la zona marginal del intrusivo.

Dicho metamorfismo es más intenso en las proximidades del intrusivo; disminuye a medida que se aleja del mismo y forma a su alrededor una aureola metamórfica. Los cambios se deben al calor, la presión y los volátiles del magma.

En el área referida en el presente trabajo, los procesos descritos tuvieron lugar en rocas carbonatadas (caliza) - con la consiguiente eliminación de CO_2 y la descarbonatación de las mismas; debido a las elevadas temperaturas aportadas por el intrusivo tiene lugar la formación de los minerales granate y epidota y da como productos del metamorfismo el skarn y el hornfels. Se tiene una zona interior, cercana al intrusivo, constituida por hornfels y anfibolitas; una zona intermedia representada por skarn de granate y epidota y una zona periférica formada por caliza recristalizada y silicificada. Todas estas rocas se encuentran asociadas al mineral de hierro como roca encajonante.

Otro factor muy importante para la formación de este ti-

po de yacimientos es el proceso de disolución y reemplazamiento llamado "metasomatismo", en el cual una disolución portadora de mineral, que normalmente está a temperatura elevada, puede reaccionar con otro mineral y disolverlo por entero o en parte y simultáneamente depositar otro en su lugar.

Los procesos térmicos en la formación del yacimiento actuaron sobre rocas calcáreas; éstas sufren una transformación a rocas silicatadas. Luego, las adiciones de la cámara magmática aportaron los constituyentes para la formación de los depósitos de óxidos de fierro; además, el agua magmática debió haber contribuido en mucha parte para el transporte de los óxidos; estos pudieron haber sido transportados como cloruro ferroso, que por cambio en la fugacidad del oxígeno provocaron la precipitación del metal en forma de óxidos.

Además de grandes aportaciones de minerales de mena, durante la fase metasomática, hubo pérdidas en las rocas calcáreas de bióxido de carbono y óxido de calcio.

Actualmente los técnicos de la Superintendencia de Geología y Exploración de SICARTSA manejan otra hipótesis genética, en particular para los depósitos de "El Volcán", que pertenecen al mismo distrito ferrífero "Las Truchas".

Los eventos en los que basan su hipótesis se resumen de la siguiente manera:

- a) Depósito de la secuencia vulcanosedimentaria de edad Jurásico Medio-Cretácico inferior en el fondo de los mares geosinclinales y de plataforma. Durante esta etapa, los magmas al enfriarse despedían gases de cloruro ferroso y de silicio, los cuales al entrar en contacto con el agua de mar se precipitaban en una mezcla fina de óxido de hierro y sílice según la siguiente ecuación:



El cloro libre se asocia con el sodio disuelto en el agua marina para formar Na Cl

En condiciones de reducción se precipitan principalmente magnetita y sulfuros, así como calcita cuando el fondo se saturaba de bicarbonatos.

- b) Basculamiento de la secuencia por efectos de la subducción. Durante este período se forman grandes masas batolíticas de composición granodiorítica-sienítica.
- c) Removilización por efectos de la temperatura y soluciones neumatolíticas e hidrotermales del mineral sedimentario preexistente.
- d) Depósito del mineral sobre planos de estratificación concordantes con la secuencia vulcanosedimentaria y sobre fracturas. Durante esta misma etapa, y por -

los mismos flúidos se desarrolla la alteración (potásica, granatización y silificación) de las rocas encajonantes.

- e) Intrusión de diques de aplita y microdiorita, que afectan el cuerpo intrusivo, a la secuencia vulcano-sedimentaria y a la mineralización.
- f) Alteración hidrotermal (caolinización, sericitización de la roca encajonante y alteración supergénica (oxidación) por intemperismo de los cuerpos minerales.

6.D CALIDAD DEL MINERAL

El mineral encontrado con la barrenación de diamante en el yacimiento Ferrotepec Poniente, en general es de buena calidad tanto por su contenido de hierro como por el bajo contenido de impurezas y que al ser tratado por métodos de concentración magnética a baja intensidad, puede ser enriquecido.

El mineral de hierro tiene como leyes medias promedio, las siguientes:

Hierro Total 46.23%

Hierro Magnético 36.60%

C A P I T U L O VII

EVALUACION

7.A Muestreo y Análisis de Núcleos

Los núcleos recuperados de los barrenos perforados con diamante en el yacimiento Ferrotepec Poniente, fueron muestreados y analizados. El objetivo fue cuantificar sus contenidos químicos y de esta forma conocer las leyes medias de hierro e impurezas presentes en el yacimiento.

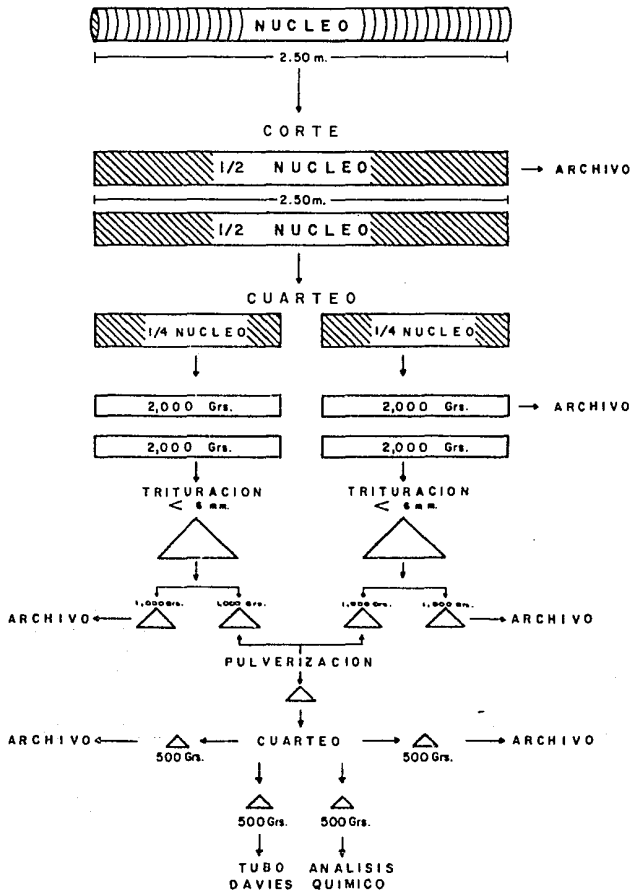
Para efectuar los análisis químicos, primeramente los núcleos de barrenación fueron seccionados longitudinalmente con discos de diamante y posteriormente cuarteados a intervalos de 2.50m; se tomó como referencia el nivel del mar, con el fin de obtener muestras representativas de acuerdo con los niveles de explotación.

La preparación mecánica de las muestras incluyó:

- Corte de núcleos
- Trituración
- Cuarteo y
- Pulverización

El procedimiento empleado en la preparación mecánica de los núcleos, se muestra en el diagrama VII.1

DIAGRAMA PARA EL MUESTREO DE NUCLEOS



Las muestras de mineral de hierro así obtenidas de los núcleos fueron analizadas por:

- a) Hierro total
- b) Hierro magnético

Cada quinta muestra, representativa de un banco de nivel de explotación en intervalos de 10m, fue analizada por:

- a) Fósforo
- b) Azufre
- c) Sílice

La determinación de los contenidos de hierro total, fósforo, azufre y sílice, se efectuó por vía húmeda y del hierro magnético mediante el método Satmagan.

Se analizaron un total de 335 muestras con mineral de hierro.

Se consideró el mineral de hierro como mena, cuando el contenido de hierro magnético fue mayor de 20% y menor de 35% para mineral diseminado y de 35% en adelante para mineral masivo.

7.8 Registros gráficos de barrenos

Por cada barreno perforado se elaboró un registro gráfico (geolograma) con el propósito de hacer más explícita la información, anotando en cada geolograma los datos -

del barreno.

- a) Nombre del yacimiento
- b) Localización
- c) Número de barreno
- d) Elevación
- e) Rumbo
- f) Inclinación
- g) Diámetro del núcleo
- h) Profundidad total
- i) Compañía y tipo de perforadora empleada
- j) Fecha de inicio y terminación del barreno.

También se muestra la información geológica; se anota la descripción litológica y mineralógica de los materiales cortados, se indican las profundidades, espesores y el porcentaje recuperado.

Igualmente se muestran los resultados de análisis químicos con número de muestra e intervalo muestreado. Se anota también el peso específico por muestra y el perfil litológico con su simbología respectiva, escala 1:500.

Por último algo importante que debe referirse es el nivel del mar, como base para los tramos de muestreo.

Figura VII.1

7.C Secciones Geológicas

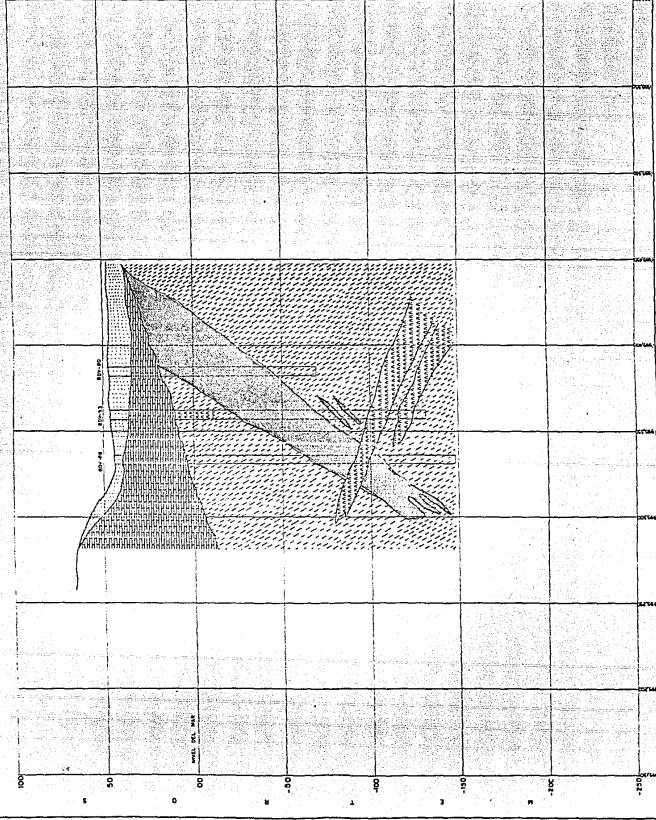
De la información geológica obtenida de los núcleos de la barrenación en el yacimiento Ferrotepec Poniente, se elaboraron secciones geológicas para definir la distribución del cuerpo mineral en el espacio.

Los barrenos colocados en las secciones se correlacionaron con los adyacentes; se tuvieron en consideración las leyes medias de los intervalos con mineral y la proyección de los rasgos estructurales, para la configuración del depósito y de esa manera poder determinar los desplazamientos que sufrió el cuerpo mineral. Figuras VII.2 y 3

Cuando los barrenos no se alojan en una sección, se proyectan perpendicularmente a la más próxima, siempre que la distancia a la que fuera a proyectarse no rebasara los 10m.

Para la interpretación del yacimiento se elaboraron 11 secciones verticales en escala 1:1000, de las cuales 8 corresponden a secciones norte-sur con una separación entre ellas de 50m y 3 con orientación oriente-poniente y separación de 25m.

Como la explotación del yacimiento no será selectiva, sino que se utilizará el sistema de tajo abierto; cuando se encontraron tramos de material estéril no mayores de 2.50m dentro de la estructura mineralizada, éstos -

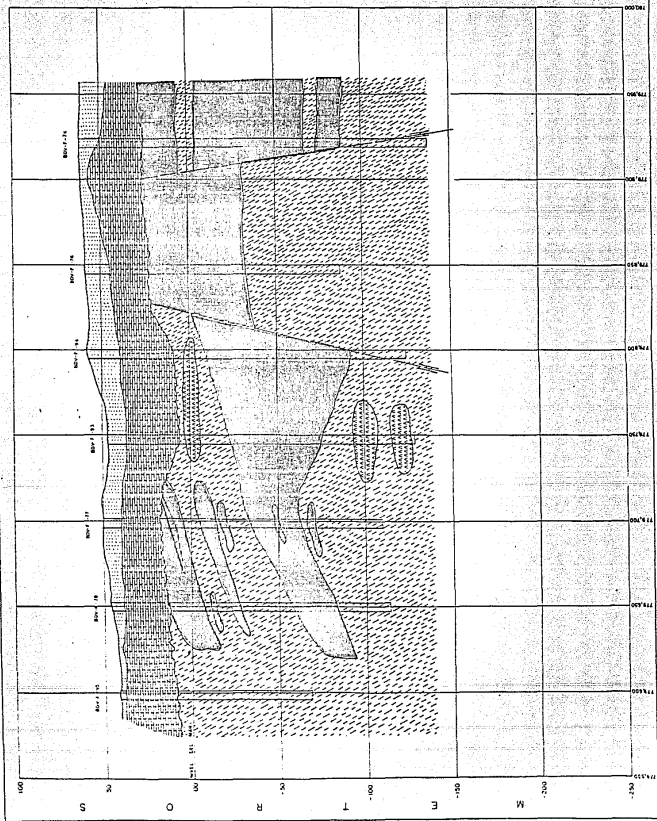


S. P. P. P. S. C. C. C. C.
 ESCALAS
 SEDIMENTOS
 ARENAS
 GNEISS
 GNEISS METAMORFICOS (SIN FOLIACION)
 MARFIL DE FIERRO
 SINDENACION








S.P.P.P.
 ESCALA GEOLÓGICA
 A TERCERA REDUCCIÓN

VECINDAD TERMOESTERIO PONIENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
SECCION N-S	
E. J. P. P. P.	
TRABAJOS DE INVESTIGACION	FECHA: JUNIO DE 1967
FECHA: 1968	



S. P. A. P. I. S. E. P. A.

-  BUCLOS RESERVALES
-  TERMINERAS MINERAS
-  PARQUES NATIONALES
-  BOCAS RESERVALES TIEMPO PERMANENTE
-  MANTAL DE PIEDRA
-  FALLA IMPEDIDA
-  DISTRIBUCION

INSTITUTO
 ESCUELA NACIONAL DE INGENIERIA
 Y FACULTAD DE INGENIERIA

INSTRUMENTO FERROVIARIO POMEYOTE

FIGURA: 1412 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA	
S E C C I O N E - W N.º 1790,350	
TRABAJO RECTORIAL BAIL VALDEZ LAMARCA	ESCALA: 1:1000 FECHA: AÑO DE 1937

fueron incluidos dentro de la mena; se tomó en cuenta la dilución del contenido en fierro con la consecuente disminución de las leyes en hierro total y magnético.

7.D Leyes Medias

Las leyes medias se calcularon de acuerdo a los resultados de los análisis químicos obtenidos en el laboratorio.

Primeramente se calculó la ley media por barreno y se combinó después con la de los barrenos adyacentes; así se obtiene la ley media por sección; combinada ésta, con las leyes medias de las otras secciones dió como resultado la ley del yacimiento.

Las leyes medias se calcularon de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$Lm B = \frac{\sum (Pe \times \%)}{\sum Pe}$$

Lm B = Ley media del Barreno

Pe = Peso específico por muestra

% = Por ciento en ley por muestra

$$Lm S = \frac{\sum (Cm B \times Lm B)}{\sum Cm B}$$

Lm S = Ley media de la sección

Cm B = Corte en mineral (por barreno existente en la sección)

$$Lm Y = \frac{\sum (Cm S \times Lm S)}{\sum Cm S}$$

Lm Y = Ley media del yacimiento

Cm S = Corte en mineral de las secciones.

El cálculo de leyes medias por sección se presenta en la tabla No. VII.2

7.E Reservas de mineral de hierro

7.E.1 Definición de las reservas

Se definen como reservas de mineral de hierro, las acumulaciones explotables para la producción de hierro y acero en las condiciones tecnológicas, económicas y locales existentes.

Las reservas consideradas como tales, se agrupan en probadas o positivas y probables, aunque las diferentes categorías pueden ser objeto de aumento o disminución; en el caso de las reservas probadas éstas pueden variar dentro de un rango de 20% con relación a lo estimado, basado en la consideración de que el reemplazamiento no es homogéneo sino que se restringe a determinados horizontes seleccionados; se debe restar un porcentaje del orden del 20% a dichas reservas con la intención de tener un margen de seguridad dentro de los cálculos estimados.

La evaluación de las reservas positivas se realizó tomando en consideración las secciones geológicas construidas con los barrenos perforados. Cuando existe únicamente un solo barreno, se tomó como mineral positivo

el que se encuentra dentro de una área de 25m alrededor del barreno mismo.

No todo el mineral localizado es técnica o económicamente explotable y recuperable, sino que está en función de las características geológicas del yacimiento y del método seleccionado para su extracción.

7.E.2 Método de cálculo

Para el cálculo de las reservas positivas de mineral de hierro del yacimiento Ferrotepec Poniente, se consideró al mineral contenido entre secciones geológicas, esto es, entre cada dos secciones contiguas o adyacentes en función de su espesor, ley mínima de 20% de hierro magnético y tomando como superficie mineralizada la calculada con planímetro polar en las secciones geológicas - escala 1:1000.

Para obtener el volumen, se utilizó el método del prismoide, dada la conformación estructural del yacimiento.

La fórmula del método es:

$$V_{1-2} = \frac{(A_1 + A_2) + \sqrt{A_1 \times A_2}}{3} \times D_{1-2}$$

Donde:

$$V_{1-2} = \text{Volumen del cuerpo mineralizado comprendido entre las secciones 1 y 2}$$

A_1, A_2 = Area mineralizada en cada una de las secciones.

D_{1-2} = Distancia entre las dos secciones.

El peso específico del mineral, se consideró de 3.5 para el diseminado y de 4.0 para el masivo.

Para obtener el resultado final en toneladas de mineral de hierro, se multiplica el volumen por la densidad del mineral y se suman los tonelajes de cada uno de los bloques calculados.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 YACIMIENTO FERROTESPEC PONIENTE
 TABLA DE LEYES MEDIAS POR SECCION
 TABLA VII . 2

- 61 -

SECCION	BARR. QUE INFLU.	MAGNETITA MASIVA			MAGNETITA DISEMINADA			TOTAL POR BARRENOS			TOTAL POR SECCION		
		CORTE	Fe M.	Fe TOT.	CORTE	Fe MAG.	Fe TUT.	CORTE	Fe MAG.	Fe TOT.	CORTE	Fe MAG.	Fe TOT.
9,599	F-95	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -
9,649	F-86	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	54.34	36.15	45.21
	F-78	36.56	40.26	49.32	15.28	28.92	38.53	51.84	36.92	46.14			
	F-78I	0.00	- 0 -	- 0 -	2.50	20.25	28.85	2.50	20.25	25.85			
9,699	F-87	5.00	39.20	49.20	20.00	23.50	32.60	25.00	26.64	35.92	96.26	34.21	43.36
	F-77	34.55	40.08	49.40	19.21	28.86	38.50	53.76	36.07	45.51			
	F-77I	10.00	46.38	54.35	7.50	29.85	38.07	17.50	39.30	47.37			
9,747	F-88	13.89	41.60	51.00	17.01	27.10	38.30	30.90	33.62	44.01	141.00	35.91	46.86
	F-93	47.50	41.12	51.15	5.00	27.20	38.15	52.50	39.79	49.91			
	F-80	46.15	36.00	49.00	11.45	24.00	32.00	57.60	33.61	45.62			
9,797	F-89	45.05	41.23	50.46	44.25	24.61	34.10	89.30	32.99	42.35	186.54	33.93	43.47
	F-94	37.50	45.06	54.67	52.24	27.19	37.05	89.74	34.66	44.41			
	F-81	7.50	36.40	45.50	0.00	- 0 -	- 0 -	7.50	36.40	45.50			
9,847	F-90	57.58	42.38	52.59	41.34	28.48	37.99	98.92	36.57	46.49	149.64	37.60	47.35
	F-96	29.70	47.36	56.31	21.02	28.65	38.74	50.72	39.61	49.03			
	F-76I	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -			
9,897	F-75	38.41	44.00	53.34	21.34	25.15	34.55	59.75	37.27	46.63	90.46	40.57	49.81
	F-75I	30.71	47.00	56.00	0.00	- 0 -	- 0 -	30.71	47.00	56.00			
	F-92	30.00	42.08	52.72	10.00	24.91	35.55	40.00	37.79	48.43	173.78	38.55	47.77
	F-74	80.00	46.94	56.57	28.78	30.13	38.78	108.78	42.49	51.85			
	F-79	0.00	- 0 -	- 0 -	25.00	22.63	28.95	25.00	22.63	28.95			
RESUMEN:		550.10	42.77	52.61	341.92	26.67	35.98	892.02	36.60	46.23	892.02	36.60	46.23

El cálculo de las reservas se hizo sobre:
secciones geológicas norte-sur.
secciones geológicas este-oeste.

El total de reservas evaluadas se presenta en la Tabla VII.3

TABLA VII.3 CALCULO DE RESERVAS...

RUMBO DE LAS SECCIONES	TONELADAS DE MINERAL		
	MASIVO	DISEMINADO	T O T A L
Norte-Sur	4'255,676	1'304,914	5'565,590
Este-Oeste	3'792,792	1'013,774	4'806,566
PROMEDIOS	4'024,234	1'159,344	5'183,578

La situación actual del yacimiento Ferrotepec de acuerdo con el incremento de reservas calculadas se observa en la Tabla VII.4

TABLA VII.4. ...

MILLONES DE TONELADAS

AÑO DE ESTIMACION	CALCULADAS	EXTRAIDAS	IN SITU	RECUPERABLES 90%
1974	14.6	10.5	4.1	3.69
1982	5.2	0.0	5.2	4.68
TOTALES	19.8	10.5	9.3	8.31

En las tablas VII.5 y VII.6 en base al método descrito anteriormente se detallan los cálculos de reservas positivas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
YACIMIENTO FERROTEPEC PONIENTE
CALCULO DE RESERVAS POSITIVAS EN SECCIONES
NORTE - SUR
MAGNETITA MASIVA

TABLA VII.5

SECCIONES	BARRENOS QUE INFLUYERON	AREA M ²	DISTANCIA SECCIONES M	VOLUMEN	P. E.	TONELADAS METRICAS
779,921 INFLUENCIA (E)	74,79,92	3,400	50	170,000	4.0	680,000
779,921 779,897	74,79,92 75,751	3,400 3,700	24	85,144	4.0	340,576
779,897 779,847	75,751 76,761,90	3,700 4,025	50	193,066	4.0	772,266
779,847 779,797	76,761,90 81,89,94	4,025 3,800	50	195,583	4.0	782,334
779,797 779,747	81,89,94 80,88,93	3,800 3,350	50	178,616	4.0	714,466
779,747 779,699	80,88,93 77,771,87	3,350 1,775	48	126,050	4.0	504,200
779,699 779,649	77,771,87 78,781,86	1,775 1,425	50	79,833	4.0	319,334
779,649 INFLUENCIA (W)	78,781,86	1,425	25	35,625	4.0	142,500
TOTALES:				1'063,917		4'255,676

MAGNETITA DISEMINADA.

SECCIONES	BARRENOS QUE INFLUYEN	AREA M ²	DISTANCIA SECCIONES M	VOLUMEN M ³	P. E.	TONELADAS METRICAS
779,921 INFLUENCIA (E)	74,79,92	2,325	50	116,250	3.5	406,875
779,921 779,897	74,79,92 75,751	2,325 537	24	66,316	3.5	232,107
779,897 779,847	75,751 76,761,90	537 350	50	22,000	3.5	77,000
779,847 779,797	76,761,90 81,89,94	350 1,325	50	39,250	3.5	137,375
779,797 779,747	81,89,93 80,88,94	1,325 1,050	50	81,316	3.5	284,607
779,747 779,699	80,86,93 77,771,87	1,050 450	48	36,450	3.5	127,575
779,699 INFLUENCIA (W)	77,771,87	450	25	11,250	3.5	39,375
TOTALES:				372,832		1'304,914

TOTAL MAGNETITA MASIVA 4'255,676 TON

TOTAL MAGNETITA DISEMINADA 1'309,914 TON

GRAN TOTAL: 5'565,590 TON

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

YACIMIENTO FERROTEPEC PONIENTE

CALCULO DE RESERVAS POSITIVAS EN SECCIONES
ESTE - OESTE

MAGNETITA MASIVA TABLA VII.6

SECCIONES	BARRENOS QUE INFLUYEN	AREA M ²	DISTANCIA SECCIONES M.	VOLUMEN	P. E.	TONELADAS METRICAS
1'995,385 INFLUENCIA (N)	79,80,81	5,175 5,175	25.00	129,375	4.0	517,500
1'995,385 1'995,360	79,80,81 74,76,77,78 93,94,95	5,175 16,100	25.00	253,358	4.0	1'013,433
1'995,360 1'995,335	74,76,77,78 93,94,95 75,86,87 88,89,90,92	16,100 9,799	25.00	320,491	4.0	1'281,966
1'995,335 INFLUENCIA (S)	75,86,87 88,89,90,92	9,799 9,799	25.00	244,974	4.0	979,896
TOTALES:				948,198		3'792,792

MAGNETITA DISEMINADA

SECCIONES	BARRENOS QUE INFLUYEN	AREA M ²	DISTANCIA SECCIONES	VOLUMEN M ³	P. E.	TONELADAS METRICAS
1'995,385 INFLUENCIA (N)	79,80,81	1,025 1,025	25.00	25,625	3.5	89,687
1'995,385 1'995,360	79,80,81 74,76,94,93 77,78,95	1,025 3,350	25.00	51,900	3.5	181,650
1'995,360 1'995,335	74,76,94,93 77,78,95 75,86,87,88 89,90,92	3,350 4,450	25.00	98,375	3.5	244,312
1'995,335 INFLUENCIA (S)	75,86,87,88 89,90,92	4,550 4,550	25.00	113,750	3.5	398,125
TOTALES:				289,650		1'013,774

TOTAL MAGNETITA MASIVA 3'792,792 TON.

TOTAL MAGNETITA DISEMINADA 1'013,774 TON.

GRAN TOTAL: 4'806,566 TON.

C A P I T U L O VIII

8. Conclusiones y recomendaciones

8.A Conclusiones

Con los barrenos perforados se lograron cumplir los principales objetivos trazados para el "Prospecto Ferrotepec Poniente"; se incrementaron las reservas de mineral de hierro en 5.2 millones de toneladas y se estimó que el yacimiento tiene como ley media promedio 36.60% de fierro magnético y 46.23% de fierro total.

La exploración directa del yacimiento consistió básicamente en la perforación de 16 barrenos con diamante, 12 verticales y 4 inclinados con un metraje total de 2425m; de estos, 1687.50m se perforaron con coronas de diamante de diámetro NQ (2 3/4"-2 3/8") con recuperación de núcleos y 737.50m con brocas tricónicas y obtención de muestras de canal; del total de metros perforados, 573.32m cortaron mineral de hierro y 1851.58m rocas sin mineralización.

Las recuperaciones de núcleos fueron de 559.69 y - - - 1036.90m para mineral de hierro y roca no mineralizada, respectivamente. En porciento, éstas son de 97.62 para el mineral de hierro, 93.06% para roca sin mineralización y de 94.61% para el total nucleado. Estas recuperaciones son bastante aceptables.

La columna geológica que aflora en la región comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, sin embargo las rocas encajonantes son skarn y hornfels producto del metamorfismo ígneo. Los cuerpos minerales se encuentran cubiertos en discordancia erosional por depósitos sedimentarios marinos del Mioceno.

La mineralización de hierro está constituida principalmente por magnetita.

El origen del yacimiento está relacionado con la intrusión granodiorítica en rocas sedimentarias calcáreas.

En las rocas en las cuales se ha introducido un magma - ocurren profundos cambios físicos, químicos, mineralógicos y texturales ocasionados por calentamiento e infiltración de constituyentes magmáticos.

Si los efectos son térmicos y sin adición de nuevos materiales se efectúa un metamorfismo de contacto, manifestado por cambio textural y de composición mineralógica en la zona marginal del intrusivo.

Otro factor muy importante para la formación de este tipo de yacimientos, es el proceso de disolución y reemplazamiento llamado metasomatismo, en el cual una disolución portadora de mineral, que normalmente está a temperatura elevada, puede reaccionar con otro mineral y disolverlo por entero o en parte y simultáneamente deposi-

tar otro en su lugar. Luego las adiciones de la cámara magmática aportaron los constituyentes para la formación de los depósitos de óxidos de hierro. Por lo que el yacimiento pertenece al tipo de yacimientos ferríferos de metasomatismo de contacto.

B.B Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de análisis, evaluación geológica e interpretación geofísica del yacimiento, es recomendable perforar por lo menos 3 barrenos, para definir los límites del tajo de explotación; además se tiene posibilidad de incrementar las reservas.

Los barrenos propuestos son:

BARRENO	LOCALIZACION	PROFUNDIDAD
F-79	25 m al N de F-80	100.00 m
F-97	25 m al S de F-89	220.00 m
F-98	25 m al S de F-90	220.00 m

Es recomendable también continuar con los estudios geológico-magnetométricos, barrenación piloto y a detalle si se requiere, sobre la anomalía FP-2 localizada en la porción NW, circunvecina al área de Ferrotepec Poniente; es necesario ver además, la posible continuidad lateral de dicha anomalía. De igual manera, si resulta positivo, analizar el costo-beneficio de incluirlo en el nuevo plan de minado para la ampliación de Ferrotepec Poniente.

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

- ARRIAGA, G. y ESTRADA S. Estudio geológico-geofísico de los yacimientos ferríferos de Las Truchas, Mich. C.R.N.N.R. México, 1968.
- BATEMAN, ALAN M. Yacimientos minerales de rendimiento económico. Edit. Omega, S. A. Barcelona 1957.
- MAPES V., EDUARDO. Los yacimientos ferríferos de Las Truchas, Mich., Bol. 46 C.R.N.N.R. México, 1959.
- SALAS, G.P. Provincias metalogenéticas de la república mexicana, 1980 informe 21-E C.R.N.N.R.
- BILLINGS. M.P. Geología estructural. Editorial Eudeba. Buenos Aires, 1965.
- KRAUS, E.H./HUNT, W.F./RAMSDELL, L.S. Mineralogía Ediciones del Castillo, S. A., Madrid, España 1967.
- The American Association of Petroleum geologists studies in geology No. 6 1978.
Escala de tiempo del Fanerozoico.
- MORAN, D.J. Geología de la república mexicana. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería México, 1984.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- LEET, L. y JUDSON, S. Fundamentos de geología física
Editorial Limusa-Wiley, S. A. México, 1968.
- MONTES DE, M. Topografía. Editado por Representaciones
y servicios de Ingeniería, S. A. México, 1970.
- BALBONTIN MONTAÑO, E. Depósitos metasomáticos de mineral
de hierro en la costa occidental del país.
yacimiento Ferrotepec. Lázaro Cárdenas, Mich.,
Tesis, U.A.S.L.P., 1975.
- MORENO MARTINEZ, G. Análisis y evaluación geológica para
incrementar reservas de mineral de hierro, en
el yacimiento Ferrotepec, municipio de Lázaro
Cárdenas, Mich., Tesis, U.A.S.L.P. 1982.
- VARIOS. Archivos del departamento de Geología y
Exploración SICARTSA. Lázaro Cárdenas, Mich.
México.