

- TAYLOR, G. C. (1960) *Geología de la Isla de Margarita, Venezuela*. Cong. Geol. Venez. III, Caracas, 1959, Mem., T. 2, p. 838-894.
- TAYLOR JR., H. P. y NOBLE, J. H. (1960) *Origin of the ultramafic complexes in southeastern Alaska*. Cong. Geol. Internac. XXI, Copenhagen, 1960, Report, Pt. XIII (Petrographic Provinces, Igneous and Metamorphic Rocks), p. 175-187.
- TELLO, M. (1941) *Yacimiento de cromita, Paraguaná, Edo. Falcón*. Min. Minas e Hidroc., Caracas, informe inédito.
- THAYER, T. P. (1966) *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process*. Amer. Min., Bull., Vol. 51, Nos. 5 & 6, p. 685-710.
- y BROWN, C. E. (1961) *Is the Tinaquillo, Venezuela "pseudogabbro" metamorphic or magmatic?* Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 72, N° 10, p. 1.565.
- THOMPSON, A. G. (1966) *Nickel*. En: Mining, 1966: reseña anual publicada por Mining Journal, London, p. 47-56.
- TURNER, F. J. y VERHOOGEN, J. (1960) *Igneous and metamorphic rocks*. 2^a ed., McGraw-Hill, New York, 694 p.
- VLETTTER, D. R. (1955) *How Cuban nickel ore was formed. A lesson in laterite genesis*. Eng. & Min. Journ., Vol. 158, N° 10, p. 84-87.
- WARE, G. C. (1963) *Nickel*. Minerals Yearbook, Vol. I: Metals and Minerals, U.S. Bur. Mines, p. 843-857.
- (1965) *Nickel*. En: Minerals facts and problems. U.S. Dept. Inter., Bur. of Mines Bull. 630, p. 607-619.
- WHITTAKER, E. J. W. y ZUSSMAN, J. (1956) *Characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction*. Min. Mag., Vol. 31, p. 107-126.
- YODER, H. S. (1952) *The MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O system and the related metamorphic facies*. Am. Journ. Sci., Bowen Vol., Part 2, p. 569-627.

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS
DIRECCION DE GEOLOGIA
VOLUMEN VIII
MAYO, 1967
NUMERO 16

EVALUACION DE LOS YACIMIENTOS DE LATERITAS
NIQUELIFERAS EN LOMA DE HIERRO,
ESTADOS ARAGUA Y MIRANDA

por H. LAVIE

INDICE DE MATERIAS

	PAG.
RESUMEN	200
INTRODUCCION	200
HISTORIA PREVIA	201
METODOS DE INVESTIGACION	202
EXPLORACION DE SUPERFICIE	202
TRABAJOS TOPOGRAFICOS	202
EXPLORACION DEL SUBSUELO	203
PROCESOS DE DESMUESTRE Y PREPARACION DE MUESTRAS	205
ESTUDIO ANALITICO	206
INTERPRETACION DE LOS DATOS EXPLORATORIOS	206
ZONIFICACION	206
Zona 1	206
Zona 2	207
Zona 3	207
Zona 4	207
PERFILES EXPLORATORIOS	207
MAPAS ISOPACOS E ISOGRADOS	207
LATERITIZACION Y GENESIS DEL YACIMIENTO	208
ETAPAS EN LA MINERALIZACION DEL NIQUEL	210
CALCULO DE RESERVAS	212
CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS	213
BIBLIOGRAFIA	214

RESUMEN

Los yacimientos de lateritas niquelíferas de Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda, fueron descubiertos en 1941 y estuvieron en concesión hasta 1960, fecha en la cual se declaró la caducidad de ésta. A partir de ese año se inició un programa de evaluación de dichos yacimientos, con miras a determinar su potencialidad económica.

Este programa de evaluación consistió básicamente de los puntos siguientes:

1. Reconocimiento geológico de superficie.
2. Trabajos topográficos preliminares.
3. Prospección en el subsuelo por medio de sondeos y pozos exploratorios.
4. Desmuestre sistemático.
5. Análisis químicos a muestra representativas.
6. Cálculos de cubicación de reservas.

Los resultados del programa se dan a conocer en el presente trabajo.

INTRODUCCION

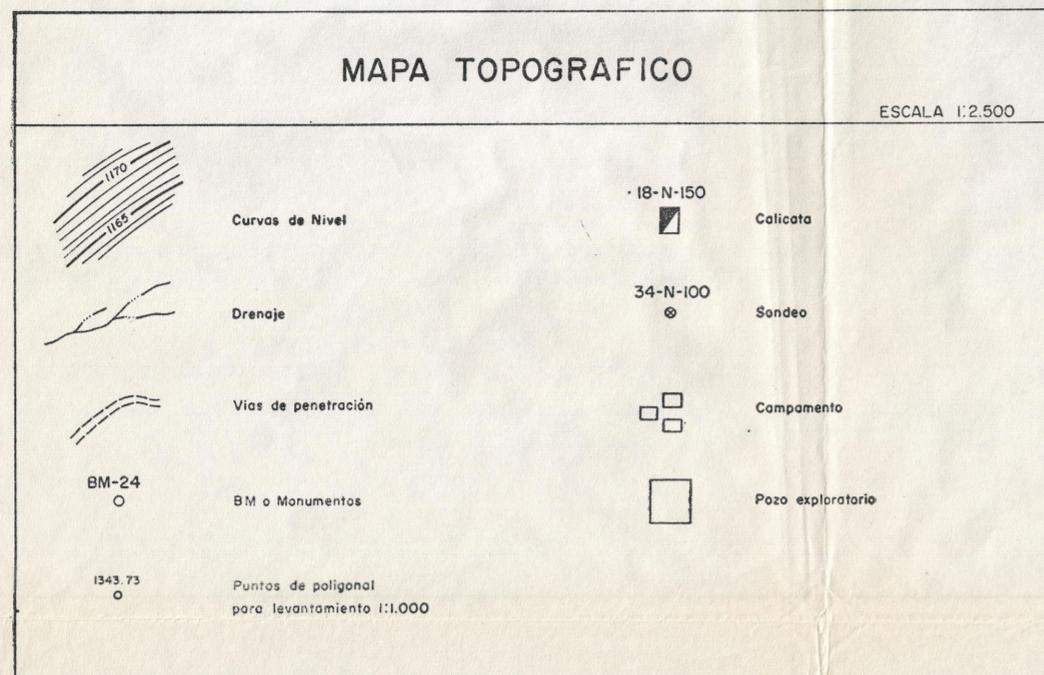
El presente trabajo analiza los resultados de estudios realizados por las Direcciones de Geología y Minas, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, en el lapso comprendido entre 1960 y 1966, para evaluar los yacimientos de lateritas niquelíferas de Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda.

Estos yacimientos se asocian con la masa más importante de la faja de peridotita serpentinizada de la Cordillera de la Costa, que en Aragua y Miranda forma lineamientos subparalelos a lo largo del fallamiento regional que constituye el límite de la Formación Paracotos. Esta faja se encuentra expuesta en forma discontinua desde Tácata, Estado Miranda, hasta Tinaquillo, Estado Cojedes. La masa de Loma de Hierro propiamente dicha, aflora unos 20 kilómetros al sur de Tejerías, formando un cuerpo continuo que se extiende por unos 21 kilómetros de distancia en dirección N 70° E, desde unos 4 kilómetros al oeste del caserío de Tiara, hasta las proximidades de Tácata, con una anchura variable entre 1 y 5 kilómetros.

La masa se encuentra en contacto de falla con la roca-caja ⁽¹⁾, con cuyas estructuras muestra una relación general de concordancia. La ausencia de evidencias de metamorfismo de contacto en la roca-caja adyacente, y la persistencia de los contactos de falla, indican que las masas serpentinizadas alcanzaron su posición actual a consecuencia de un tectonismo postintrusivo, mediante reintrusión sólida durante la deformación posterior al Paleoceno que afectó a la región. Diversos argumentos sugieren una edad comprendida entre el Cretáceo Medio y comienzos del Cretáceo Superior para la intrusión ultramáfica original (SHAGAM, 1960).

MAPA TOPOGRÁFICO

⁽¹⁾ Formación Tucutunemo (esquistos filíticos, metarenásicas, metaconglomerados y caliza negra), cerca del contacto superior del Miembro volcánico de Los Naranjos (metabolas verdes), al norte y oeste; y Formación Volcánica de Tiara (basaltos, conglomerados volcánicos y tobas, asociados con intrusiones gabróicas y diabásicas), al sur y este.



NOTA ACLARATORIA Los cuatro mapas pertenecientes a la Zona II, después de elaborados, fueron reducidos a su mitad, por exigencias de impresión y presupuesto.

MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA 1:2.500



Bloques para cubicación
5.000 m³ c/u con indicación
de límites del Yacimiento

Tonelaje húmedo total 24.489.444
Tonelaje seco total 17.142.631

Número de bloques cubicables	286
Área total	1.430.000 mts. ²
Espesor promedio	10.14 mts
Peso específico	1.793 T/m ³
Humedad	30,0 %
Tanor promedio	1.48 % de Níquel

%	TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR ÁREA		
1.478	Níquel Ni	252.922,18	
40,57	Hierro FeO ₃	6.920.480,13	
0,039	Cobalto Co	10.131,40	
15,64	Magnesio MgO	2.682.568,78	
23,29	Silicio SiO ₂	3.993.067,18	
	Aluminio Al ₂ O ₃		
	Cromo Cr ₂ O ₃		
0,020	Fósforo P ₂ O ₅	3.508,54	
3,76	Pártido de roja PR	1.673.120,78	

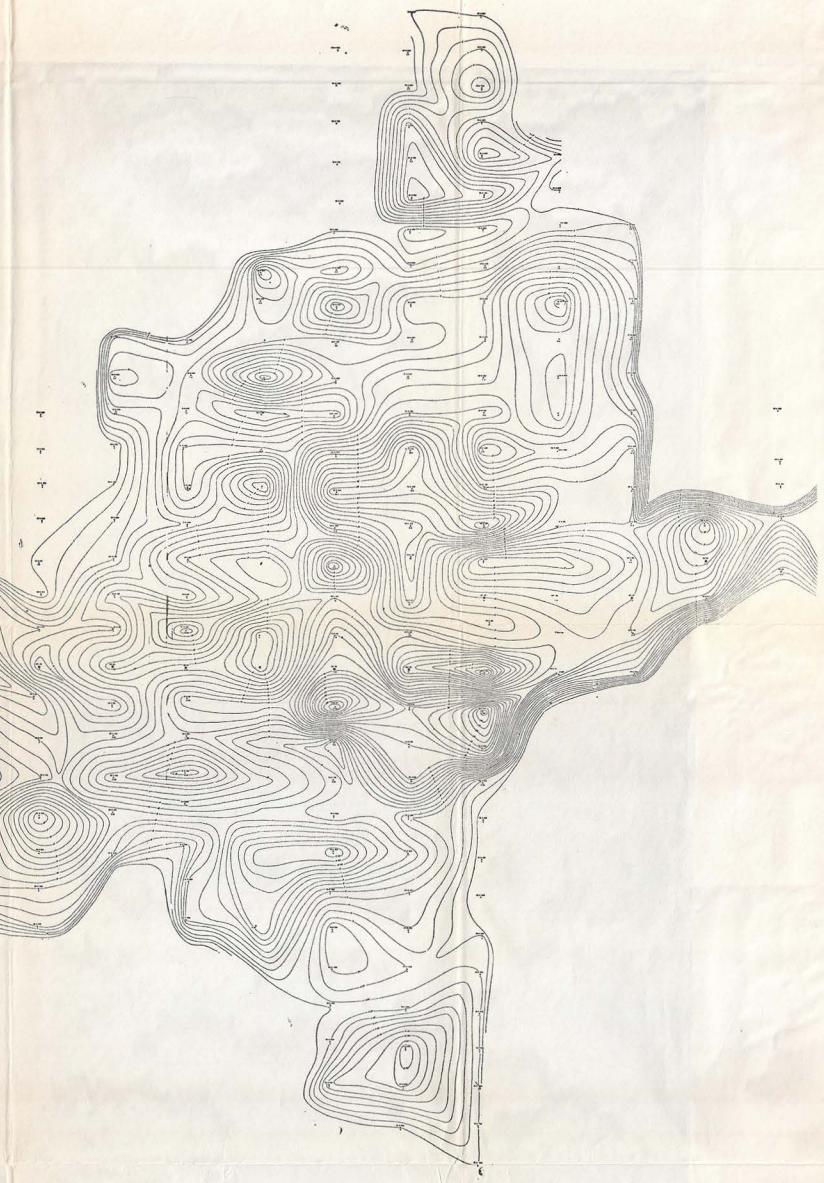
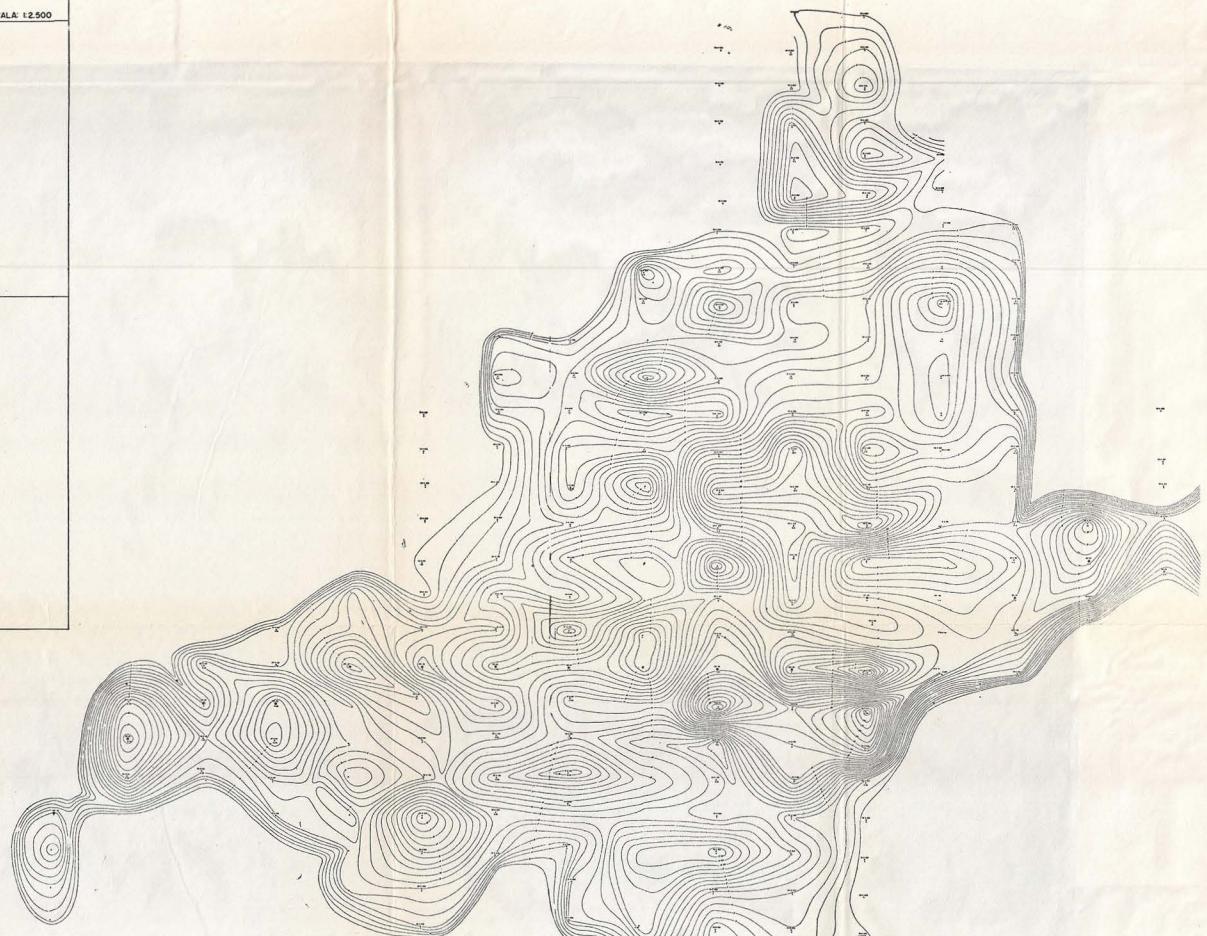
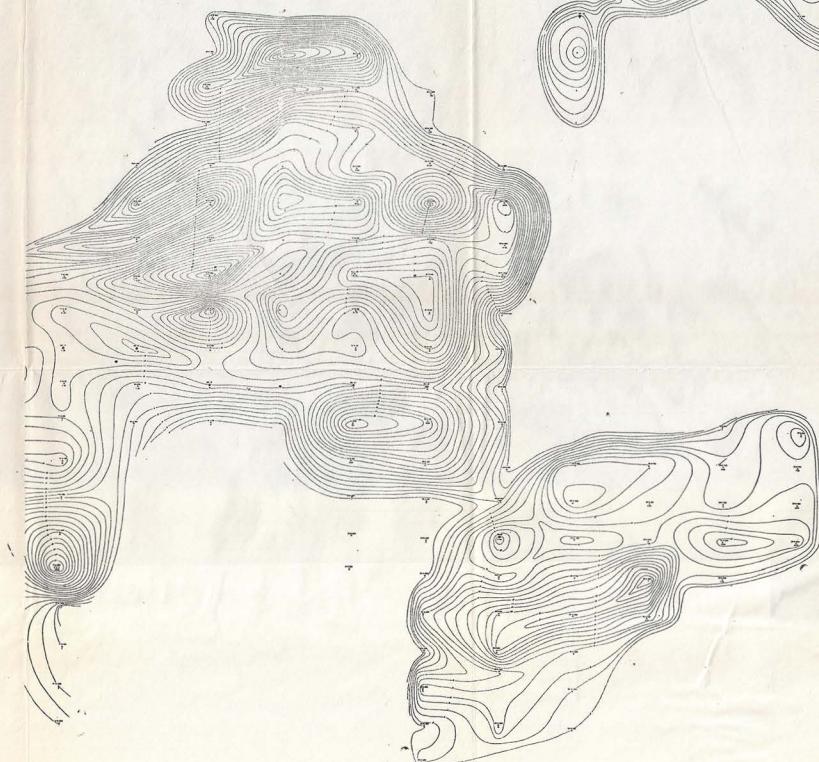
MAPA DE CURVAS ISOPACAS

ESCALA: 1:2.500

Curvas Isopacas con indicación de espesor.
Intervalos de 1 metro, interpoladas en base
a puntos de referencia exploratoria.

17-S-150
○
15

Punto de referencia con indicación de profundidad
total de lo meno en el catágo



NOTA ACLARATORIA Los cuatro mapas pertenecientes a la Zona II, después de elaborados, fueron reducidos a su mitad, por exigencias de impresión y presupuesto.

AREA II



MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA: 1:2.500

% de Ni
+2.25
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
0-1%

17-5-500

1.57

Punto de referencia con indicación del Tenor
Pronedio del Catá

1.50
1.75
2.00
2.25
2.50
2.75
3.00

Curvas Isogradas con indicación del Tenor
interpolado en base a puntos de referencia
exploratoria.



NOTA ACLARATORIA Los cuatro mapas pertenecientes a la Zona II, después de elaborados, fueron reducidos a su mitad, por exigencias de impresión y presupuesto.

MAPA DE LOCALIZACION
DE
MUESTRAS Y CALICATAS

(NIQUEL ASOCIADO A LAS PERIDOTITAS DE TINAQUILLO,
ESTADO COJEDES)

250 0 500 1000
ESCALA 1:25.000

LEYENDA

ROCAS SEDIMENTARIAS

Aluvion.
ROCAS METAMORFICAS

Filtos. con lentes de calizas.

Pseudogabro.

Gneiss granatifero-piroxenico-anfibolico-plagioclasico.

ROCAS IGNEAS

Dunita serpentinizada.

Piroxenita.

Areas con abundantes diques acidos.

Diques sencillos de apita o pegmatita.

Contactos geologicos observados, inferidos y dudosos.

Falla observada, aproximada y dudosa.

Fallas mayores de corrimiento observadas y aproximadas.

Capas ricas en antibolos o enstatitas.

Rumbos y buzamientos.

Dioclases.

Largos cristales orientados.
Lineacion determinada por paralelismo de minerales, ejes de pliegues menores, y mas raramente interseccion de planos-S.

Rumbo de las vetas de fibras transversales de asbestos.

Cantera o cielo abierto.

Intervalos de las curvas de nivel 20 mts.

0 - 5 % Ni.

5 - 01 % Ni.

10 - 17,5 % Ni.

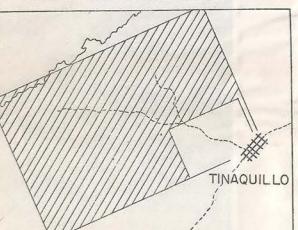
Calicato.

Serpentina fresca.

Serpentina meteorizada.

Serpentina rellenando fracturas.

MAPA DE LOCALIZACION



SITUACION RELATIVA



MAPA BASE DE D.B. MACKENZIE - MARZO 1957

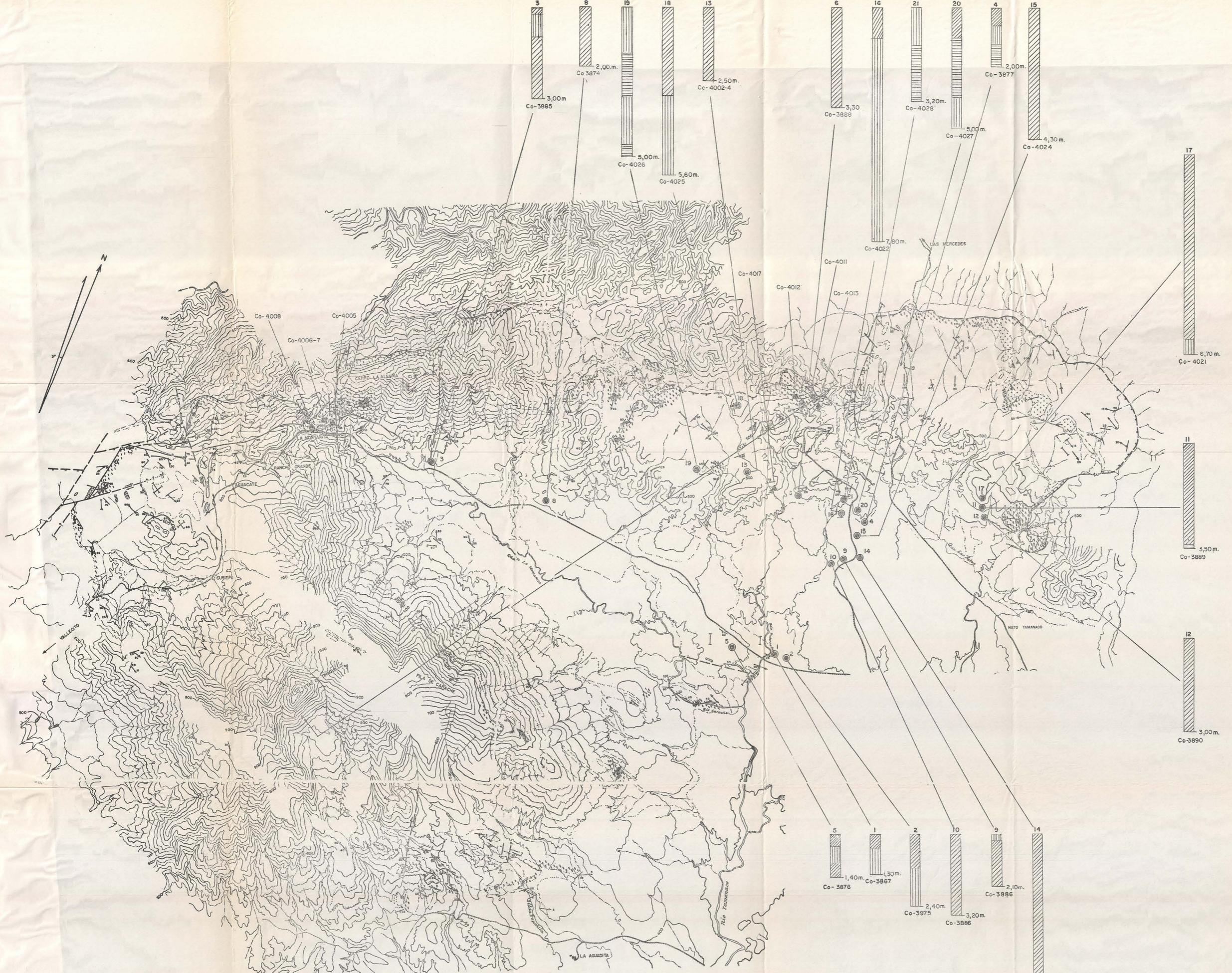
COMPILADO: JEAN PASQUALI Z.

NOVIEMBRE 1966

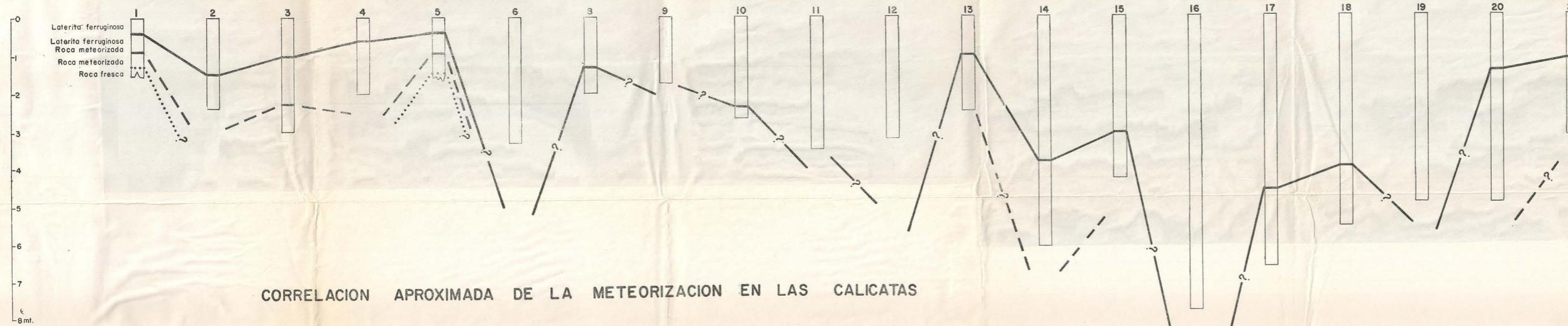
DIBUJADO: JAIME VILANOVA

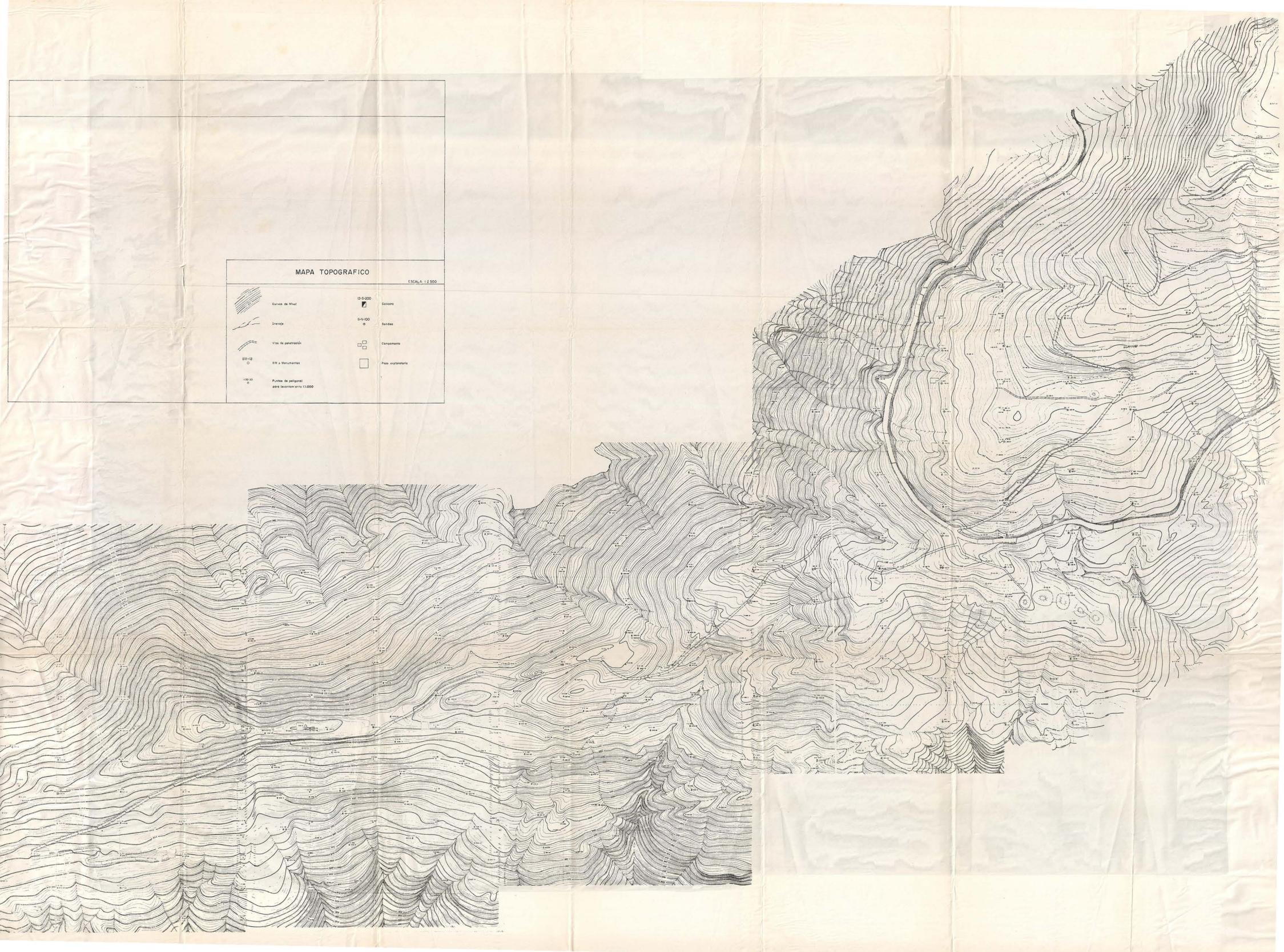
REVISADO: CECILIA MARTIN BELLIZZIA

APROBADO: A. VIVAS RAMIREZ



CORRELACION APROXIMADA DE LA METEORIZACION EN LAS CALICATAS

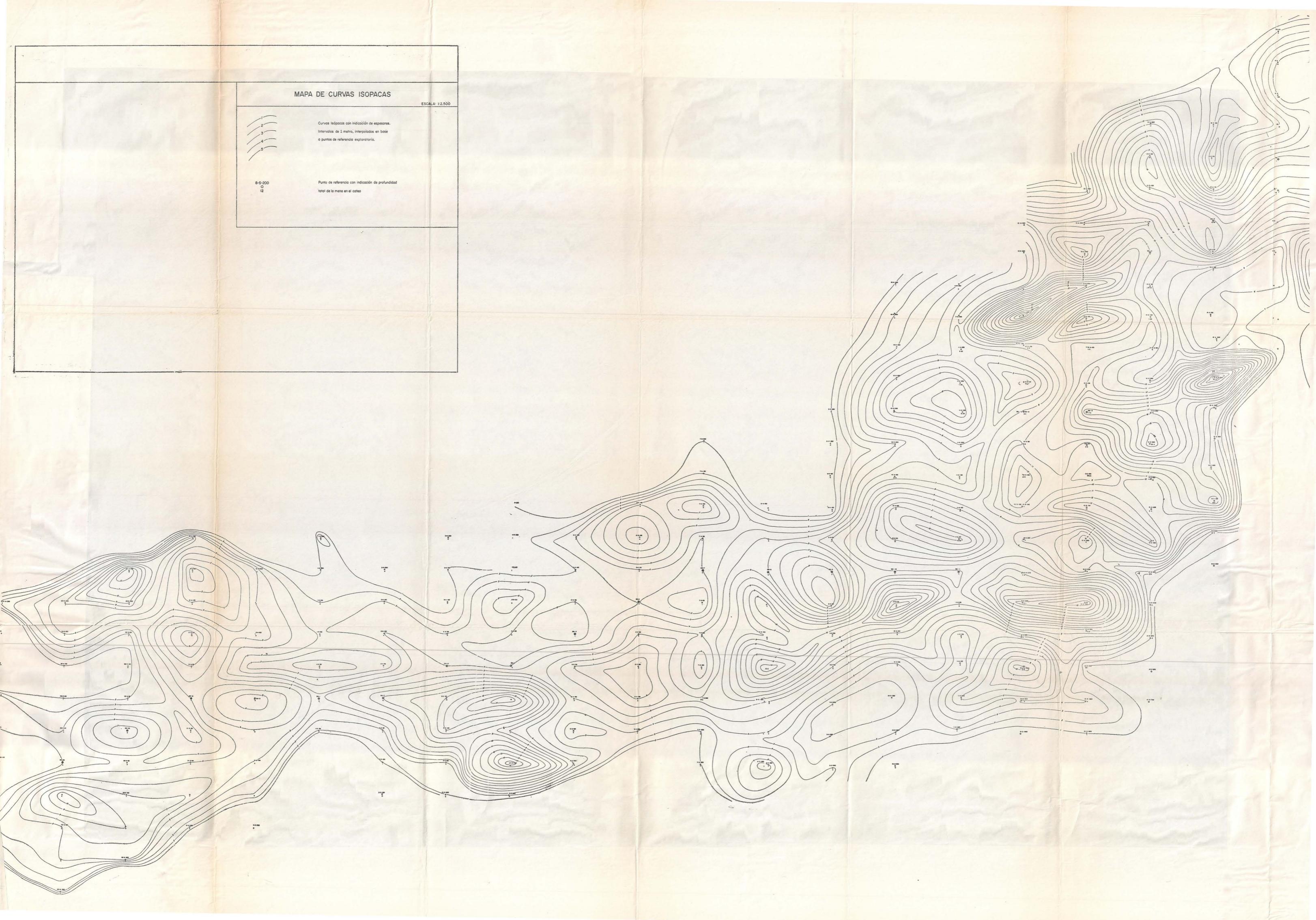
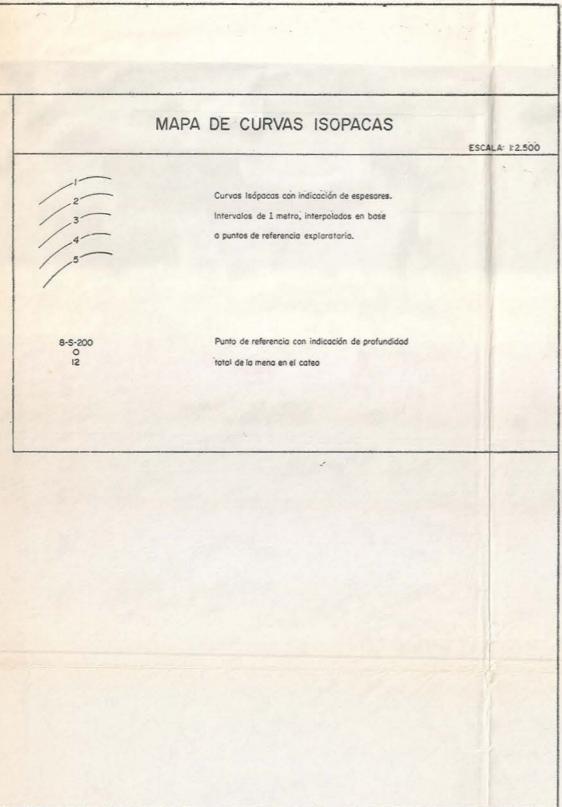




MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA: 1:2.500

	Bloques para cubicación 5000 m² c/u con indicación de límites del Yacimiento	Tonelaje húmedo total _____ Tonelaje seco total _____
		12.288,053 8.232,996
Número de bloques cubicables _____	%	TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR ÁREA
Número de bloques cubicables _____	1.66	Níquel Ni 137.068,61
Área total _____ 1.175.000 m²	2.889	Hierro FeO ₃ 2.378,51 2,54
Espesor promedio 6,75 m.	0,03	Cobalto Co 2488,62
Peso específico 1,534 T/m³	19,40	Magnesio Mg 1597.593,16
Humedad 33 %	33,38	Silicio SiO ₂ 2748.328,23
Tenor promedio 1,66 % de Níquel	2,91	Aluminio Al ₂ O ₃ 240.110,07
	2,73	Crómico Cr ₂ O ₃ 225.096,33
	0,02	Flesto PbO ₂ 1.700,22
	10,36	Pérdida al rojo PR 852.938,39



REPÚBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA Y MINAS

EVALUACIÓN DE LATERITAS NIQUELIFERAS EN LOMA DE HIERRO
ESTADOS ARAGUA Y MIRANDA

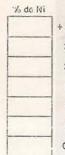
AREA I



MAPA INDICE CENSO AÑO 1:75.000

MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

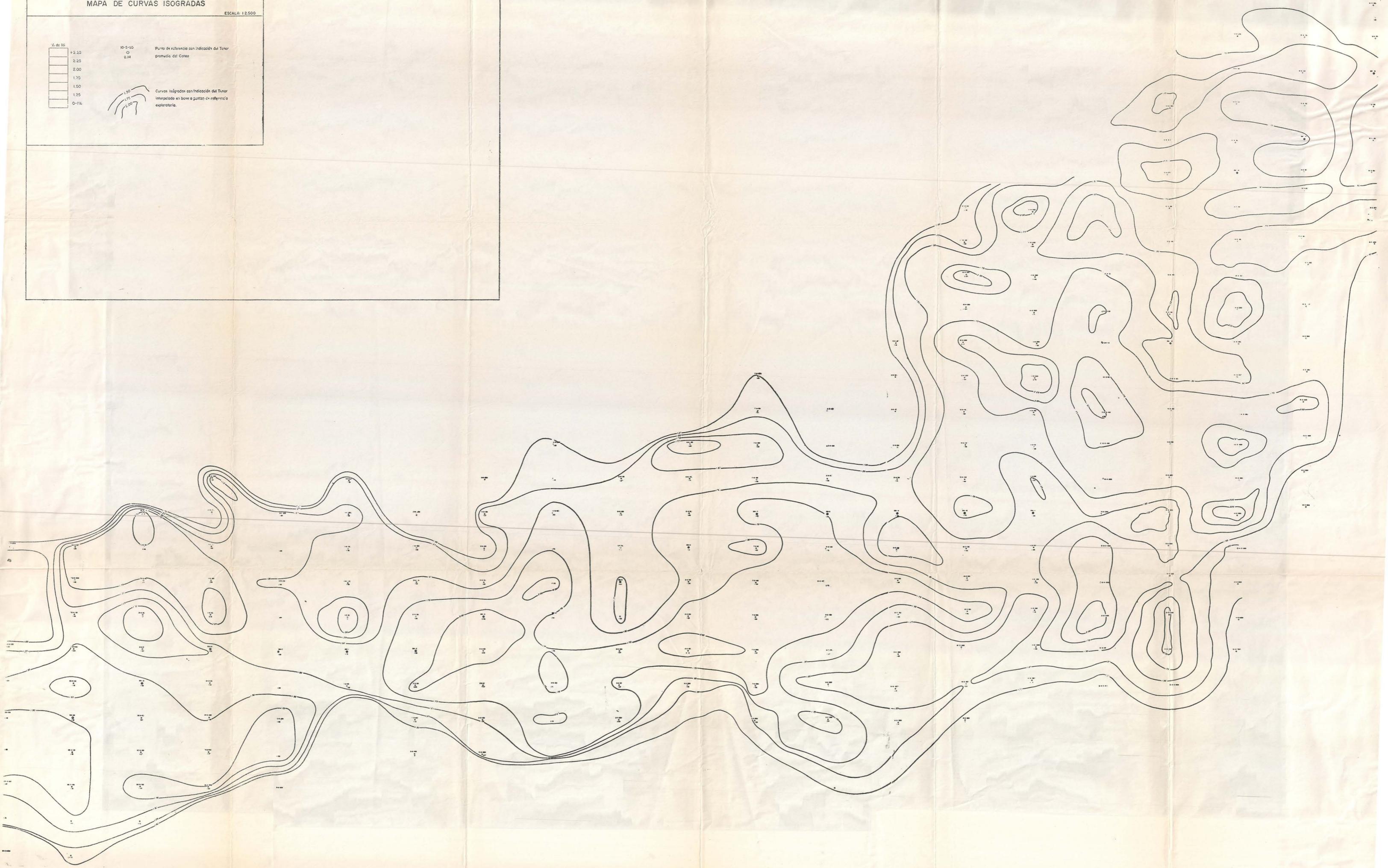
ESCALA: 1:2.500



+2.25
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
0-1%
10-5-100
0
2.34

Punto de referencia con indicación del Tenor promedio del Corteo

Curvas Isogradas con indicación del Tenor interpolado en base a puntos de referencia exploratoria.



La roca es harzburgita serpentinizada, maciza y de composición mineralógica relativamente constante, en forma de un sill de unos 700 metros de espesor, con abundantes diaclasas orientadas en diferentes direcciones. En general, la roca es de color verde a verde oscuro, y ha sido intrusión localmente por diques piroxénicos, probablemente relacionados con la intrusión de las volcánicas de Tiara (SMITH, 1953).

La peridotita, por su mayor resistencia a la erosión, forma colinas de elevación mediana, cuyas crestas están cubiertas por productos lateríticos residuales, en los cuales el enriquecimiento supergénico ha concentrado cantidades apreciables de minerales de hierro y níquel. La laterita es el vestigio erosional de la peridotita sometida a procesos de meteorización intensa bajo condiciones alternas extremas de humedad y aridez.

En la zona de Loma de Hierro, el manto laterítico cubre una superficie de unas 600 hectáreas y delimita la extensión del yacimiento níquelífero, cuyo espesor promedio es de 6,36 metros. El yacimiento, producto de la alteración *in situ* de la peridotita, es similar a los yacimientos explotados en Cuba, República Dominicana, Nueva Caledonia, Estados Unidos (Oregón), Islas Filipinas, Islas Célebes, etc.

HISTORIA PREVIA

Los yacimientos de Loma de Hierro fueron descubiertos en 1941 por los Ingenieros de Minas ENRIQUE RUBIO S., MANUEL TELLO B. y CARLOS FERNANDEZ DE CALEYA.

En 1946, con fecha 4 de noviembre, la compañía International Nickel, a través de su filial en Venezuela, Meridional de Minas, adquirió 4.800 hectáreas de concesiones: Camedas 1, 2, 3, 4 y 5, San Antonio, San Onofre 1, 2 y 3 y El Tigre y efectuó trabajos exploratorios consistentes de vías de penetración, pozos exploratorios de diferentes dimensiones, hitos topográficos y pilas de mineral proveniente de los pozos.

Por problemas de carácter legal se declaró la caducidad de estas concesiones en 1960 (Decreto N° 1.031 del 27 de agosto, aparecido en la Gaceta Oficial).

El reconocimiento a escala nacional de áreas potenciales de laterita níquelífera y una prospección de carácter regional en el yacimiento de Loma de Hierro y sus alrededores dio por resultado que la Dirección de Geología se abocara a la explotación en detalle para la evaluación de esta zona, considerada como la más promisoria de todas las investigadas en el país.

La documentación técnica disponible sobre el área de las concesiones fue muy escasa por no existir comunicaciones de la compañía concesionaria en cuanto a los trabajos exploratorios efectuados por ellas. No obstante, se elaboró un anteproyecto de trabajos exploratorios a realizarse a partir de los límites de la concesión. Declarada su caducidad, se modificó el proyecto para incluir la evaluación sistemática. En noviembre de 1960 se presentó el "Proyecto de Evaluación de los Yacimientos de Lateritas Níquelíferas en Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda" que fue aprobado y los trabajos se iniciaron en diciembre de 1960.

Mediante la investigación bibliográfica previa a base de datos solicitados a compañías explotadoras de yacimientos similares en Oregón, Cuba, Nueva Caledonia, etc.,

se logró acumular la información que sirvió de base para la planificación regional y económica del estudio.

METODOS DE INVESTIGACION

EXPLORACION DE SUPERFICIE

Las investigaciones se iniciaron con un reconocimiento geológico general de la zona, cuya superficie aproximada es de 1.400 hectáreas. A base de trabajos y publicaciones previas, mapas de base topográficos a escala 1:25,000 de la Cartografía Nacional, fotografías aéreas de la zona y la revisión de los datos sobre el terreno, se compiló un mapa geológico de la intrusión de peridotita y de las formaciones adyacentes (véase Lámina I).

Una vez definida la posición geográfica del cuerpo intrusivo y explorada su superficie, se delimitó a grandes rasgos el manto laterítico que lo cubre parcialmente, determinándose inicialmente una superficie de algo más de 331 hectáreas. El área y los espesores calculados a la vista indicaban un yacimiento de proporciones considerables, y los análisis químicos de muestras superficiales arrojaron tenores apreciables; por consiguiente se decidió proceder a la investigación sistemática en la superficie y el subsuelo para obtener la ubicación fija del yacimiento.

TRABAJOS TOPOGRAFICOS

Efectuado el reconocimiento geológico se procedió al levantamiento topográfico preliminar para fijar los puntos exploratorios del subsuelo. Se midió una poligonal telurométrica de control para la zonificación del levantamiento y el control de la propagación de errores sistemáticos y accidentales. Se fijaron siete puntos de medición utilizando telurómetro y teodolito Wild T-2 para 7.128 metros de longitud a lo largo del rumbo N 70° E del yacimiento.

Se proyectaron perfiles exploratorios a intervalos de 100 metros en dirección este-oeste, replanteando monumentos de concreto a intervalos de 100 metros en la proyección este y de 50 o múltiplo de 50 metros sobre la proyección norte para fijar los puntos de partida de los perfiles proyectados. Se obtuvo así un eje quebrado según el rumbo del yacimiento, integrado por 74 monumentos.

Luego se efectuó una nivelación geométrica a partir del vértice "Loma de Hierro" correspondiente a la triangulación de primer orden de Cartografía Nacional, pasando por todos los monumentos. Se replantearon unas 1.200 estacas de referencia a intervalos de 50 metros sobre la proyección norte a partir de los monumentos de concreto en líneas paralelas y equidistantes, prolongadas hasta los límites del manto laterítico. A lo largo de éstas se hizo la nivelación geométrica y se elaboraron los perfiles topográficos correspondientes, obteniéndose un total de 74 perfiles con una longitud total acumulada de 45.600 metros.

Al final del trabajo topográfico-geológico preliminar, se disponía de una red exploratoria de 1.155 puntos con sus correspondientes controles topográficos que al mismo tiempo sirvió para definir con mayor precisión los límites superficiales del yacimiento. A partir de esta red se efectuó el levantamiento en detalle a escala 1:1000, en

21 hojas que cubren las 668 hectáreas de superficie total del yacimiento con la información de superficie necesaria.

Durante los trabajos topográfico geológico se construyó un campamento base de operaciones de tipo permanente, con las instalaciones necesarias para realizar las operaciones de evaluación, en vista de las condiciones climáticas y de la potencialidad del yacimiento. La construcción cubre un total de 760 m.² en un área de 20.000 m.², con sus instalaciones de agua, gas y electricidad.

Para facilitar el acceso a puntos exploratorios se construyeron 11 kilómetros de vías de penetración y se rectificaron y engranaron las vías principales.

EXPLORACION DEL SUBSUELO

En vista del poco espesor del manto laterítico indicado por el reconocimiento geológico, se planificó la investigación del subsuelo para utilizar los métodos y equipos más apropiados y económicos, a intervalos de 100 metros originalmente, con miras a continuar luego a 50 metros de intervalo si los resultados iniciales parecían satisfactorios.

En la fase inicial, dadas las características del terreno, se usaron dos tipos de coteo:

1. Por medio de calicatas o pozos exploratorios de 2,5 x 1,5 m., efectuados a mano utilizando trípodes y poleas para la profundización.
2. Por medio de perforadoras "Auger" de trabuzón de barras de 4" de diámetro y 1,5 m. de longitud. Estas perforadoras, montadas sobre Jeep Willys utilizan el motor del transporte como fuente de fuerza, disponiendo de un sistema hidráulico paraizar las barras y poseen un alcance en profundidad de aproximadamente 30 m. (véase Fig. 1).

La selección del método en cada punto exploratorio se hizo en consideración a la accesibilidad y facilidad de operación, ya que los pozos exploratorios rinden mejor información y un desmuestre más fiel, pero son lertos y costosos mientras que con la perforación Auger se alcanzan profundidades mayores pero depende de que las condiciones topográficas permitan su acceso.

Se aplicaron ambos métodos satisfactoriamente y se obtuvieron los datos iniciales para la prospección. Sin embargo, la penetración sólo fue factible hasta la parte superior de la peridotita serpentinizada que sirve de base al manto laterítico. En muchos casos y según el grado de alteración de la roca, hubo que detener los coteos en este punto, que se tomó como referencia inicial en la prospección.

Después de analizar las muestras tomadas en las calicatas y sondeos Auger se observó que en muchos puntos el coteo se había detenido en mineral porque los métodos de perforación no podían penetrar completamente la zona mineralizada. Por consiguiente, se proyectó y ejecutó para estos casos un plan de sondeos a diamante, que se realizaron desde el punto donde se había detenido la perforación preliminar hasta penetrar la roca fresca que marca el final de la zona mineralizada en profundidad. Se utilizaron para este fin perforadoras portátiles X-Ray Boyles y Super-Pioneer de 2½" de diámetro con alcance de hasta 30 metros de profundidad.

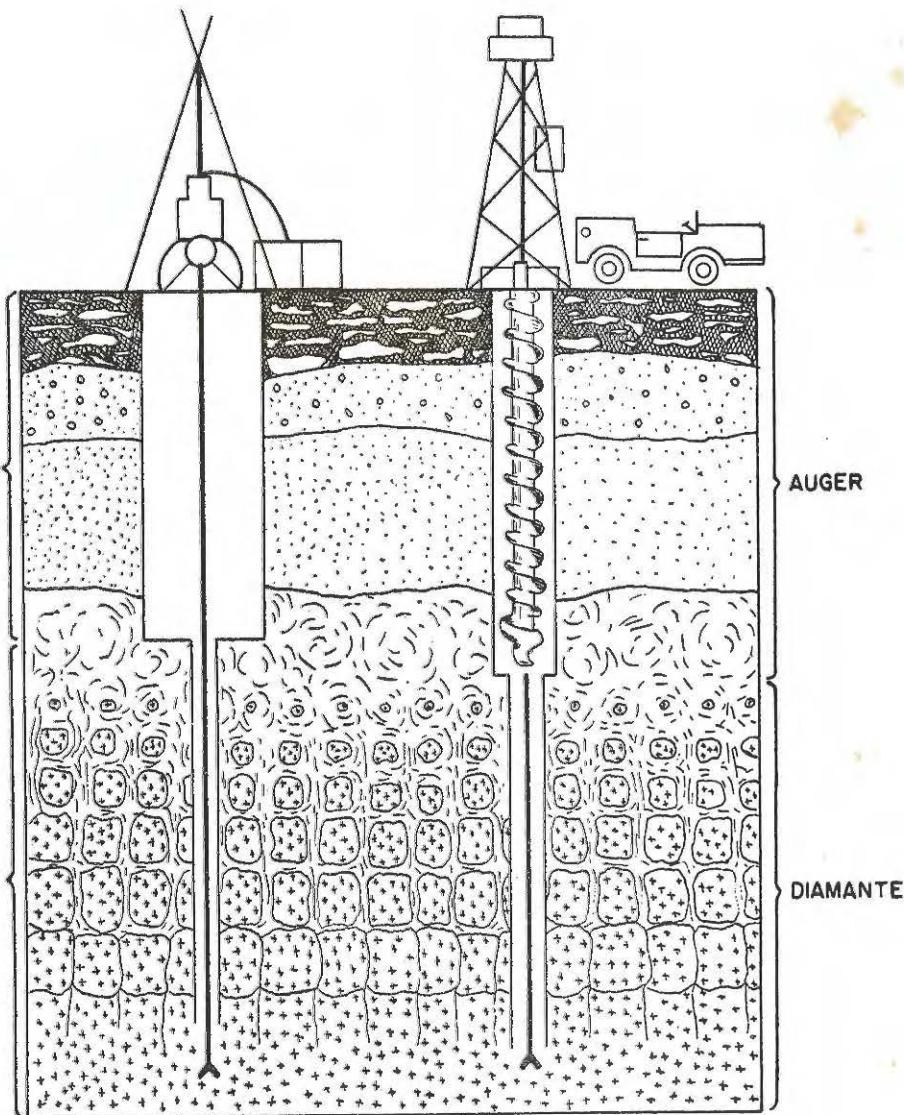


FIG.1. Diagrama mostrando los métodos de corte en el complejo laterítico de Loma de Hierro.

El plan de exploración del subsuelo terminado consistió de 728 pozos exploratorios o calicatas con un total acumulado de 2.977 metros; 427 sondeos Auger con 4.210 metros y 280 sondeos a diamante con un total de 2.619 metros. El total acumulado de metros de exploración de subsuelo fue de 9.806. Se registraron las características litológicas y el historial de perforación de todos los pozos y sondeos efectuados en la investigación, que cubre la totalidad del área de mineralización tanto en superficie como en profundidad, y se obtuvieron las muestras representativas necesarias para la evaluación.

PROCESOS DE DESMUESTRE Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

El desmuestreo sistemático se efectuó en la forma siguiente:

- En los pozos exploratorios se acumuló la cantidad extraída por cada metro de profundidad; se realizó un cuarteo y se tomaron 6 kilogramos de muestra representativa, que debidamente codificada era enviada a la sala de preparación.
- En los sondeos Auger se extrajeron las barras de perforación a intervalos de la longitud de la barra, de 1,5 metros, para mejor control y mayor facilidad en la operación. La elevada humedad del subsuelo permitía buena adherencia de la muestra a la barra y el peligro de contaminación era mínimo por no haber desprendimiento alguno en las paredes del pozo. Al limpiar el exterior del material adherido a la barra, se obtuvieron muestras suficientemente representativas después del cuarteo.
- En los sondeos de diamante la baja recuperación del testigo en las zonas de enriquecimiento obligó al empleo de los siguientes pasos:
 - Muestreo de cada metro de testigo.
 - Cálculo del porcentaje de recuperación del testigo (por peso) para cada metro individual muestreado.
 - Análisis de cada muestra representativa de metro a metro en el pozo.

Se logró así uniformizar la investigación del tenor obtenido en cada metro para la comparación con los registros obtenidos en los sondeos Auger y pozos exploratorios.

Se procedió luego a la preparación de las muestras por calcinación y pulverización para su codificación posterior, reteniéndose en cada caso la porción necesaria para los análisis químicos, y la cantidad restante para el archivo permanente. El procedimiento permite conservar siempre un testigo de muestras para posibles revisiones posteriores y en caso necesario para nuevas determinaciones.

Se obtuvieron y procesaron en esta forma un total de 8.545 muestras, distribuidas así:

- 2.977 muestras de pozos exploratorios.
- 2.949 muestras de sondeos Auger.
- 2.619 muestras de sondeos de diamante.

ESTUDIO ANALITICO

Vistos los resultados analíticos obtenidos durante el reconocimiento preliminar y la potencialidad económica que el yacimiento presentaba para níquel, cobalto y hierro, en la fase inicial de prospección se proyectó efectuar pruebas para estos tres elementos en cada muestra.

El estudio se inició utilizando el método gravimétrico, que fue interrumpido después de haber procesado 261 muestras. Después de comparar métodos empleados en yacimientos similares, se prefirió el análisis por colorimetría en consideración a su rapidez y economía.

En la fase inicial del trabajo analítico se hicieron 25.636 determinaciones para níquel, cobalto y hierro, debidamente registrados en forma sistemática. En varias ocasiones se enviaron muestras a laboratorios en los Estados Unidos para la revisión de los resultados obtenidos; en cada caso las revisiones demostraron la precisión de los análisis locales.

Una vez completados los análisis químicos en las muestras individuales se prepararon muestras compuestas o combinadas de cada pozo o punto exploratorio, tomando partes proporcionales de cada metro previamente analizado para determinar químicamente su contenido de sílice, óxido de hierro, óxido de magnesio, hierro, óxido de aluminio, níquel, óxido de cromo, cobalto y fósforo. Se obtuvo así la composición química de la mena en cada punto exploratorio, facilitándose el cálculo del tonelaje de elementos en el mismo. Al mismo tiempo se verificaron los contenidos de níquel, cobalto y hierro determinados en los análisis individuales.

Se preparó un total de 890 muestras compuestas en las cuales se hicieron 7.120 determinaciones químicas (véase Lámina II).

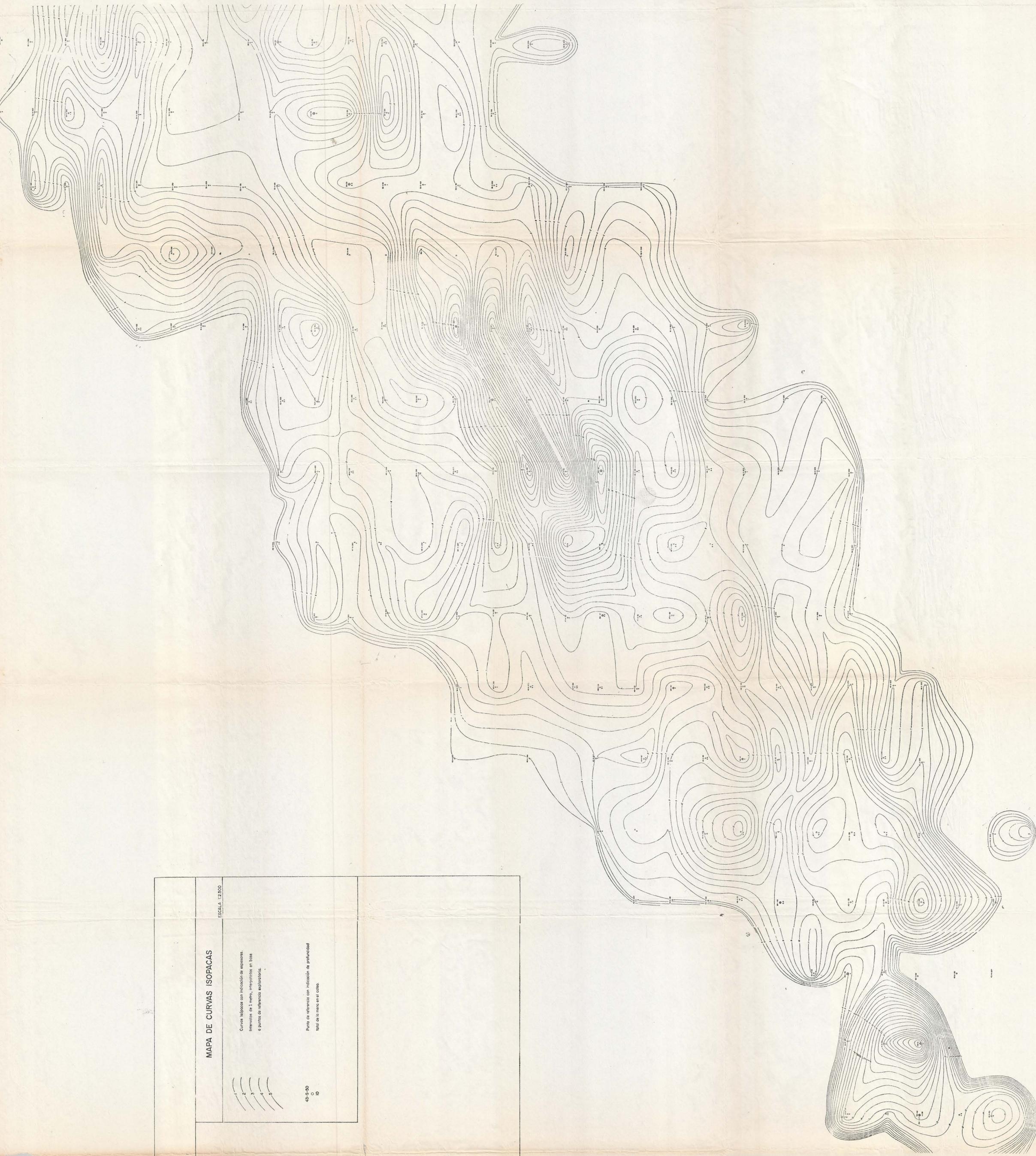
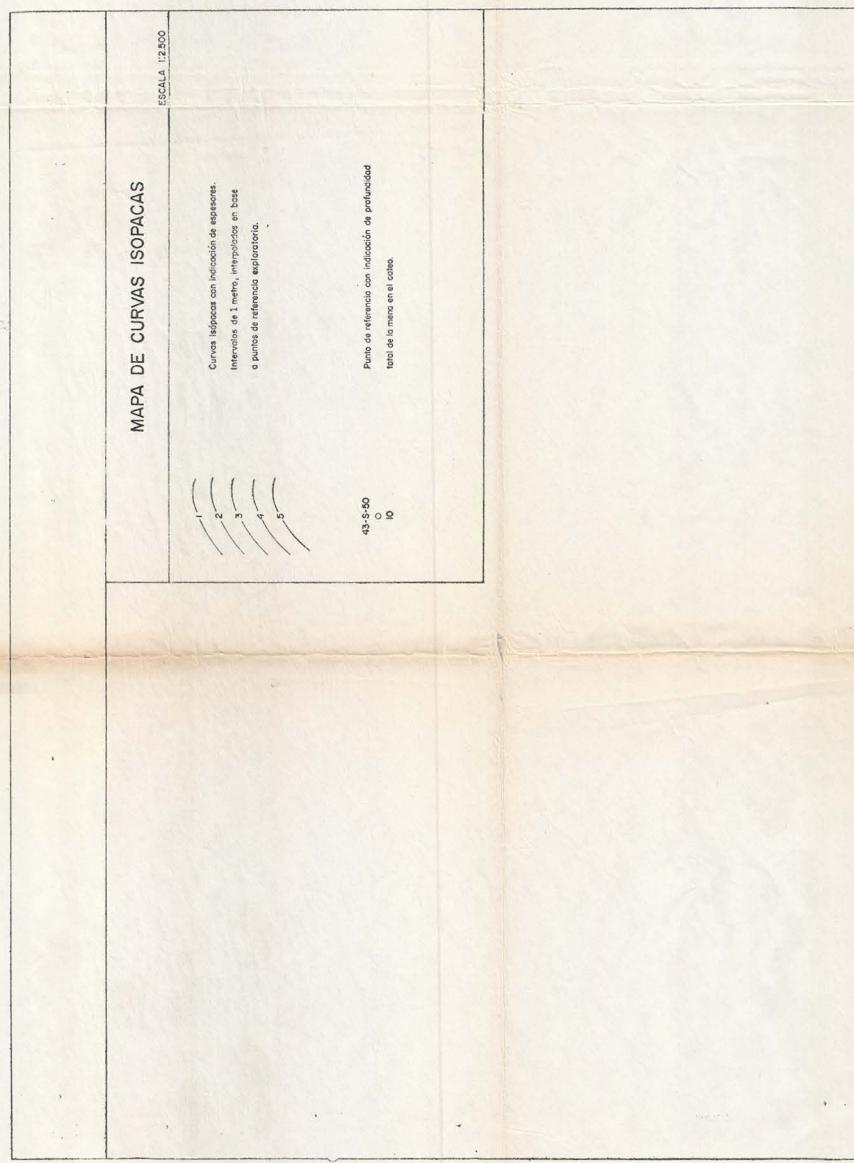
INTERPRETACION DE LOS DATOS EXPLORATORIOS

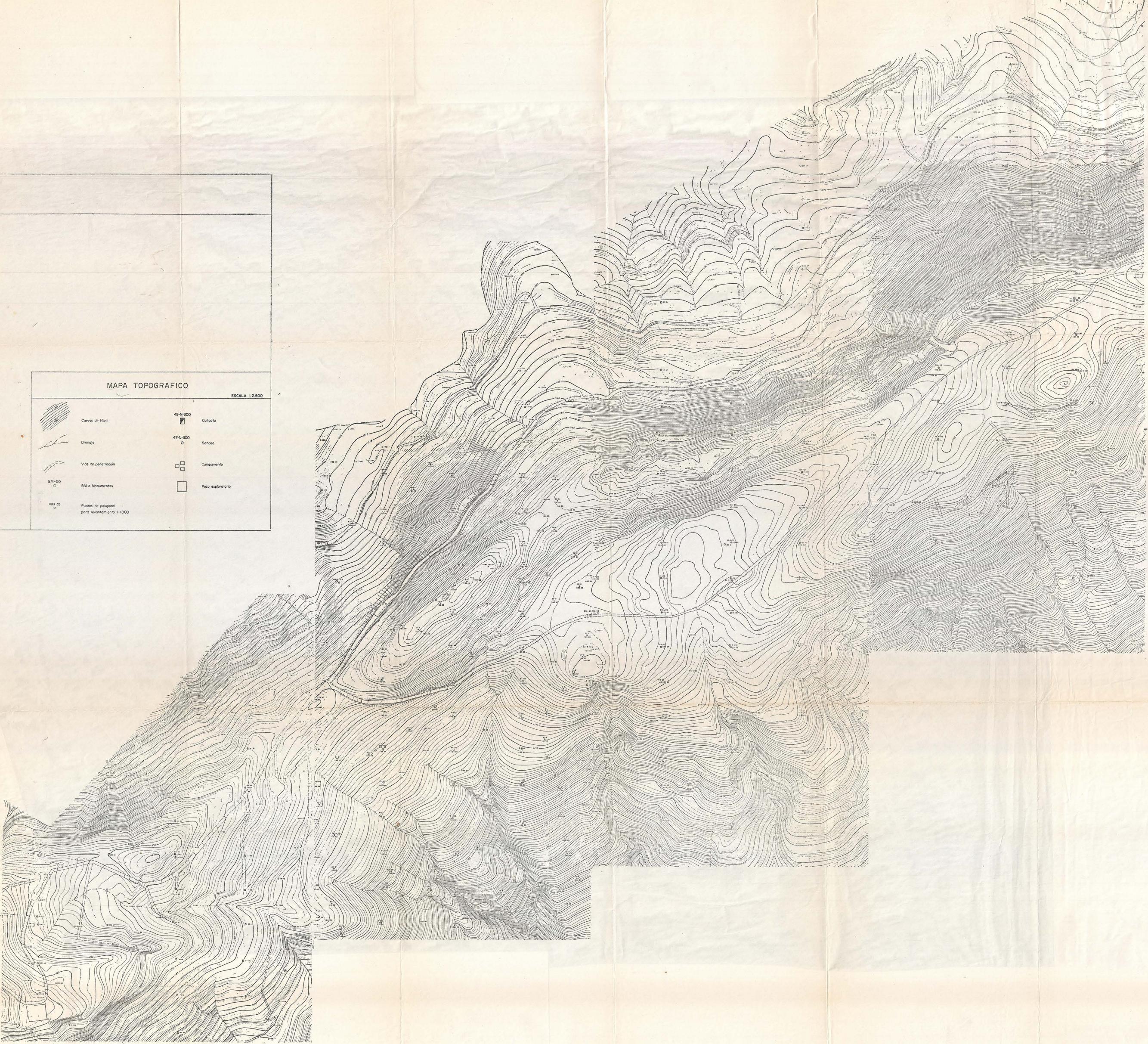
ZONIFICACION

El estudio de los pozos exploratorios permitió diferenciar claramente las partes componentes de la masa laterítica en Loma de Hierro. Para los efectos de la cubicación, este cuerpo se ha dividido en cuatro zonas a base principalmente de sus características físicas y variaciones químicas. Tanto en lo económico como en lo académico, la zonificación del yacimiento representa un aspecto importante del estudio por sus implicaciones tanto en la explotación como en el análisis de la génesis del yacimiento.

Zona 1

La parte superior de la laterita es un manto arcilloso, de color rojizo por su alto contenido de hierro, con pequeñas concreciones y costras de goetita-limonita. A pesar de ser bastante poroso, el peso específico del material es elevado por el contenido de hierro que varía entre 35 y 45%; el contenido de níquel es relativamente bajo (aproximadamente 1%).





REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS
DIRECCIONES DE GEOLOGIA Y DE MINAS

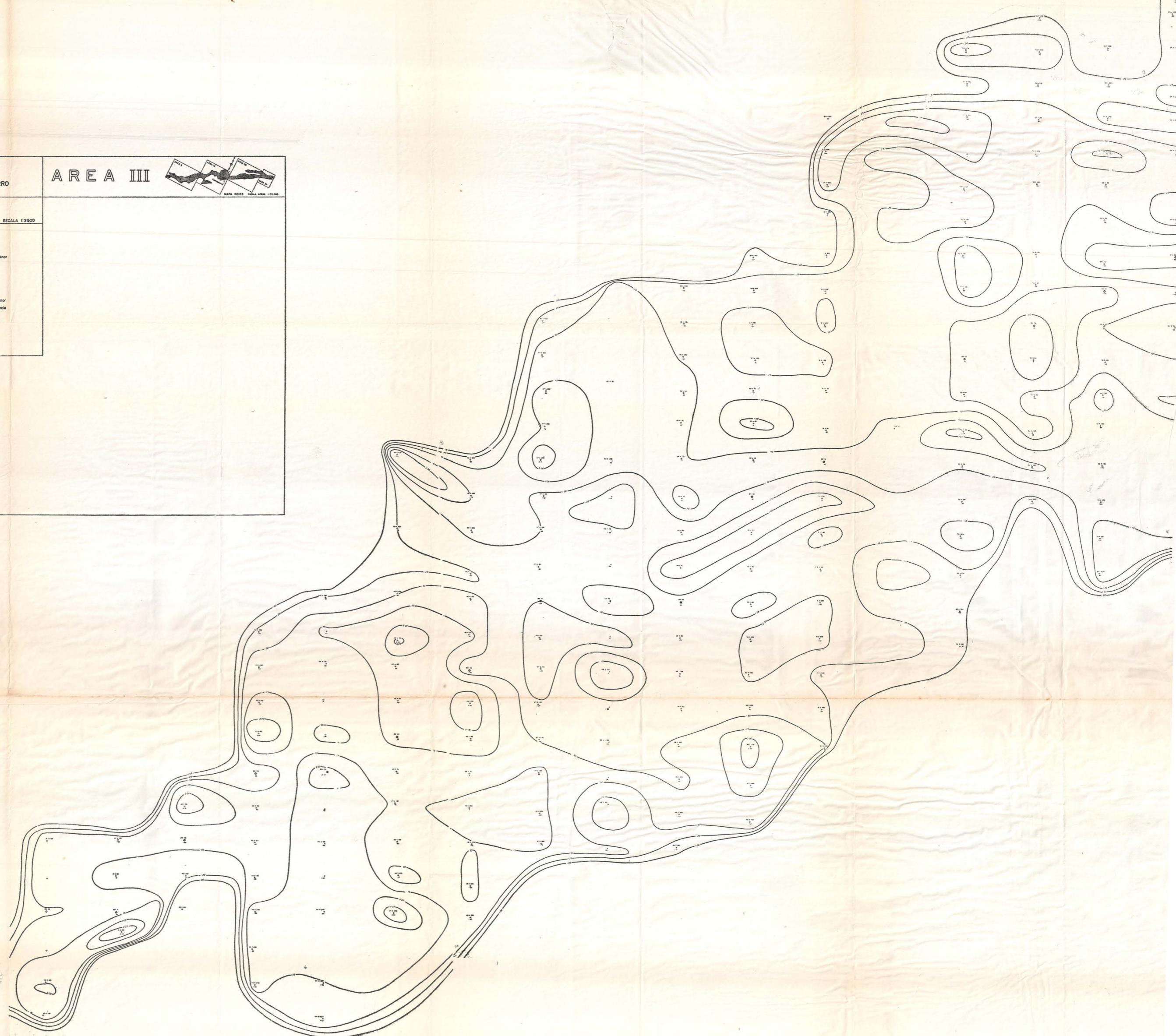
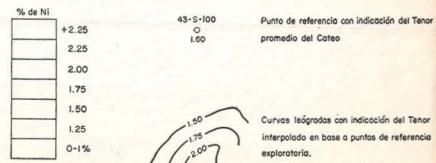
EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS EN LOMA DE HIERRO
ESTADOS ARAGUA Y MIRANDA

AREA III



MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA 1:2500



MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA 1:2.500

<input type="checkbox"/>	Bloques para cubicación 5000 m ² .c/a con indicación de límites del Yacimiento.
<input type="checkbox"/>	Tonelaje húmedo total _____
<input type="checkbox"/>	Tonelaje seco total _____
Número de bloques cubicables _____	
Área total _____	
Espesor promedio _____	
Peso específico _____	
Humedad _____	
Tenor promedio _____	
%	TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR ÁREA
	Níquel Ni
	Hierro FeO ₃
	Cobre Co
	Magnesio MgO
	Silicio SiO ₂
	Aluminio Al ₂ O ₃
	Crómico Cr ₂ O ₃
	Fósforo P ₂ O ₅
	Péndida al rojo PR

Zona 2

La zona 2, compuesta de laterita níquelífera, es de color amarillo rojizo e infrayace a la zona 1. La laterita tiene un alto grado de humedad y bajo peso específico. El níquel se ha concentrado por precipitación iónica de las aguas de penetración en forma de garnierita diseminada en la laterita. En general, en esta zona los porcentajes de hierro disminuyen y aumentan los de níquel. En algunos casos es prácticamente imposible diferenciar la zona 2 de la zona 1, por su similitud física; otras veces se observa la transición completa desde la zona 1 hasta la zona 3 (2).

Zona 3

La zona 3, serpentinita níquelífera, es la parte comprendida entre la base de la laterita níquelífera (zona 2) y el contacto superior de la porción meteorizada de la masa de peridotita serpentinizada que sirve de base a todo el cuerpo laterítico. Es una serpentinita alterada de color verdoso claro, con fragmentos descompuestos progresivamente menos alterados a medida que aumenta en profundidad; se caracteriza por el desarrollo de sistemas de fractura y alto grado de porosidad. La mena níquelífera se presenta en forma de laminaciones y llenando las diaclasas y porosidades secundarias. La lixiviación diferencial de la serpentinita origina una estructura de mallas, por la migración de la sílice. La zona es compleja por las irregularidades que presenta y se desarrollan lentes enriquecidas que se prolongan en profundidad. El material es poroso, de bajo peso específico, alto contenido de níquel y magnesio y bajo contenido de hierro.

Zona 4

Esta zona comprende la peridotita con un grado de serpentinización más o menos variable. Posee el tenor inicial de níquel característico de las peridotitas (0,25% Ni.). No se considera como mena y se ha incluido para mostrar la base del cuerpo laterítico y el límite inferior de la zona de mineralización.

PERFILES EXPLORATORIOS

Una vez definida la zonificación del yacimiento se elaboraron perfiles a base de los datos exploratorios para orientar la exploración del subsuelo y definir con precisión los límites del yacimiento tanto en superficie como en profundidad. Los perfiles, a escala 1:1000 que muestran los cates a escala 1:200, permitieron localizar las concentraciones de níquel en el subsuelo y delimitar claramente las áreas de mineralización y la posición de la mena en el yacimiento, lográndose así el control sistemático de la exploración (véase al final del texto).

MAPAS ISOPACOS E ISOGRADOS

Para localizar las concentraciones de níquel en planta y su relación con los espe-

(2) En este trabajo, el término "laterita níquelífera" se refiere al material incluido en la Zona 2 y parte superior de la Zona 3, que es donde se concentra la mineralización de más alto tenor. Esto comprende la "laterita níquelífera" y serpentinita del Tipo I, de M. GRATEROL, en este mismo volumen.

sores encontrados, se elaboraron mapas de curvas isógradas con intervalos de 0,25% de Ni, a base de la información obtenida en la exploración. Estos se complementan con mapas isópicos elaborados con curvas e intervalos de 1 metro. La superposición de transparencias permite observar rápidamente la distribución de la mena de acuerdo con su tenor y espesor (véase al final del texto).

En adición, se elaboraron mapas isógrados por zonas de Ni, al mismo intervalo anterior, para hierro, cobalto y magnesio, en función de la perforación total en cada sondeo, que no se incluyen en el presente trabajo.

Se logró definir así claramente la extensión y profundidad del yacimiento, la posición de la mena, las zonas de enriquecimiento y sus variaciones, y se sentaron las bases para futuros proyectos de explotación.

LATERITIZACION Y GENESIS DEL YACIMIENTO

Por cuanto el objeto primordial del presente informe es el de evaluar económicamente el yacimiento de Loma de Hierro, dejando para estudios posteriores el análisis detallado de los procesos que han producido la acumulación níquelífera, y dada su semejanza con el yacimiento níquelífero de Nueva Caledonia y otros, se resumen a continuación los conceptos generalmente aceptados sobre estos procesos, que han sido analizados en detalle por E. DE CHETELAT (1948).

El manto laterítico que recubre a la peridotita es producto de un proceso de alteración superficial, activo bajo determinadas condiciones climáticas y topográficas, que se denomina "lateritización". Los principales factores que influyen en este proceso son los siguientes:

1. *Condiciones climáticas.* Para la iniciación del proceso los climas han de ser tropicales, con períodos alternos y marcadamente contrastantes de intensa precipitación y extrema aridez. Esta alternancia induce periódicamente en la peridotita alterada la concentración de soluciones naturales durante los períodos de sequía, y la disolución de determinados productos durante las estaciones de lluvia. La temperatura media relativamente elevada facilita la actividad geoquímica y la humedad de la atmósfera durante el período caluroso favorece la oxidación. Las rocas son atacadas por el ácido carbónico y otros gases y sales en solución en las aguas meteóricas.
2. *Condiciones topográficas.* La costra laterítica tiende a formarse fácilmente en terrenos planos o poco inclinados donde el desarrollo progresivo de espesores de peridotita alterada porosa actúa como niveles de infiltración y absorción, facilitando la percolación de las aguas meteóricas. En terrenos relativamente accidentados o pendientes los productos de alteración emigran a medida que se forman para acumular a distancia.

Los cambios bruscos de temperatura y la circulación subterránea de las aguas de infiltración alteran gradual y progresivamente a la roca, predominando la acción geoquímica de disolución o ataque sobre la mecánica de erosión. Las aguas se infiltran por las fisuras o diaclasas producidas por efecto de los esfuerzos dinámicos posiblemente durante el emplazamiento de la masa peridotítica, y ponen rápidamente en solución

ción a los silicatos de magnesio y hierro anhidros. En esta etapa de alteración, la peridotita retiene aproximadamente su estructura primitiva: lámelas de hidratos de hierro y de sílice residual, esqueletos de cristales de enstatita parcialmente transformados a bastita, variedad lamelar de la antigorita.

Durante el proceso la peridotita adquiere un mayor grado de porosidad y permeabilidad, facilitando la penetración y circulación periódicas de las aguas de infiltración y el ataque continuo a la peridotita fresca por reacciones geoquímicas y la eliminación de los productos en solución durante algún tiempo después del período de lluvias intensas. La naturaleza "esponjosa" de estas peridotitas constituye un medio favorable al enriquecimiento en minerales por impregnación y precipitación desde la superficie.

Al observar la masa laterítica se aprecia en la mayoría de los casos que la peridotita alterada presenta texturas progresivamente más terrosas hacia la superficie, a la vez que se produce el enriquecimiento en níquel; luego un brusco empobrecimiento en níquel y magnesio y enriquecimiento en hierro y cobalto. El límite que separa las zonas enriquecidas en níquel de las enriquecidas en hierro generalmente es pronunciado y se manifiesta en un cambio del color que se convierte en marrón oscuro al pasar de la peridotita terrosa mineralizada a la laterita.

Normalmente, después de este límite la laterita es extremadamente porosa y ligera cuando está seca y plástica al hidratarse. Frecuentemente presenta pequeños tubillos, vénulas y placas de color negro con reflejos azulados que se destacan sobre la matriz de color amarillo-marrón; ésto indica la separación de hierro, manganeso y cobalto en forma de absoluta más o menos rica en óxido de este último elemento.

Una propiedad de las lateritas ferruginosas es la de perder su agua de impregnación y en ciertos casos su agua de constitución. Esta deshidratación progresiva se efectúa en sentido ascendente y se expresa en la variación de color en la laterita que se hace gradualmente más oscuro, pasando a marrón rojizo. A partir de cierta profundidad la masa porosa de laterita forma concreciones pisolíticas y constituye la malla ferruginosa que se encuentra frecuentemente cubriendo las laderas y otros sitios de concentración. La lateritización extrema produce hematita escoriácea que sólo se presenta en la superficie, frecuentemente en forma de bloques diseminados y que proviene de la cementación de la red ferruginosa. Estas lateritas deshidratadas llegan a constituir excelentes menas de hierro, alcanzando tenores de hasta 65% de hierro metálico.

El espesor de la laterita "in situ" representa el residuo insoluble de la masa de peridotita infrazacante de la cual teóricamente se ha liberado una cantidad de níquel, que puede concentrarse debajo de la laterita o en sus cercanías. En contraste, las lateritas que han sufrido transporte no proporcionan indicación alguna sobre la toca madre ni sobre las eventuales concentraciones níquelíferas.

Las menas níquelíferas contienen proporciones variables de magnesio y níquel bajo la forma de garnierita, que es un silicato hidratado de magnesio y níquel. Mineralógicamente, son variedades de antigorita en las cuales el níquel reemplaza al magnesio en proporciones variables. Las menas níquelíferas están cristalizadas, pero la pequeñaza de los elementos cristalinos impiden su determinación microscópica y sólo se evidencia mediante la difracción de rayos-X. Los silicatos níquelíferos hidratados corresponden a las variedades de antigorita probablemente formadas cerca de la superficie, que pueden asociarse con otros minerales tales como el talco o sepiolita.

ETAPAS EN LA MINERALIZACION DEL NIQUEL. (Véase Fig. 2)

La mineralización de níquel supone las fases siguientes:

1. Mineralización inicial de la peridotita.
2. Enriquecimiento *in situ* de níquel en la peridotita alterada por migración de otros elementos.
3. Concentración de níquel por migración descendente.

La primera fase comprende la serpentinización de la peridotita fresca, variable según el grado de hidratación de los silicatos anhidros, originada por metamorfismo regional o hidrotermal mediante la impregnación permanente por aguas superficiales al abrigo del aire. Su tenor es el inicial de la roca madre, constante en el orden de 0,25% de níquel.

La segunda fase se produce en la peridotita alterada del cuerpo laterítico, en la cual no ha habido pérdida de níquel durante la fase inicial. El enriquecimiento proviene de la pérdida más o menos total de sílice y magnesio que pueden representar más del 75% de la composición de la roca madre. El níquel se encuentra difuso en la masa peridotítica alterada y sólo se evidencia en los análisis químicos; no es explotable, pero la mineralización contribuye a la concentración posterior que se produce en la tercera fase.

La tercera fase es la más compleja e importante. Se ha mencionado anteriormente el límite frecuentemente brusco en el cuerpo laterítico entre la peridotita alterada con mineralización níquelífera y la laterita ferruginosa propiamente dicha. Este límite avanza progresivamente en sentido descendente a medida que se incorporan el magnesio y la sílice combinados restantes en las peridotitas alteradas y la casi totalidad del níquel, y el espesor de la laterita residual ferruginosa aumenta gradualmente. Este desplazamiento progresivo hacia la base del límite níquel-hierro se denomina aquí "descenso" de la laterita.

Por acumulación de níquel se entiende el fenómeno por medio del cual éste se acumula en solución a medida que la laterita "desciende" a consecuencia de la formación de zonas mineralizadas con tenores progresivamente menores en sentido descendente.

Las aguas superficiales que se infiltran, probablemente ácidas, atraviesan la laterita porosa y se mantienen durante algún tiempo en la porción inferior plástica de esta zona, poniendo a los minerales que se encuentran en la peridotita alterada en soluciones que, o bien se precipitan al descender y constituyen entonces las concentraciones explotables de níquel, o son arrastrados en solución.

Este proceso de concentración níquelífera requerirá además condiciones complementarias, tales como:

- a. Libre circulación de las soluciones níquelíferas, ya sea en sentido vertical (*yacimientos in situ*) o en un plano más o menos inclinado sobre la horizontal a algunos metros de profundidad (*yacimientos de migración*).
- b. Existencia de espacios en la zona de la peridotita alterada (poros, cavidades, diaclasas, fisuras) en las cuales quede retenido el mineral.

AREA IV



MAPA INDIC. ESCALA APX. 1:70,000

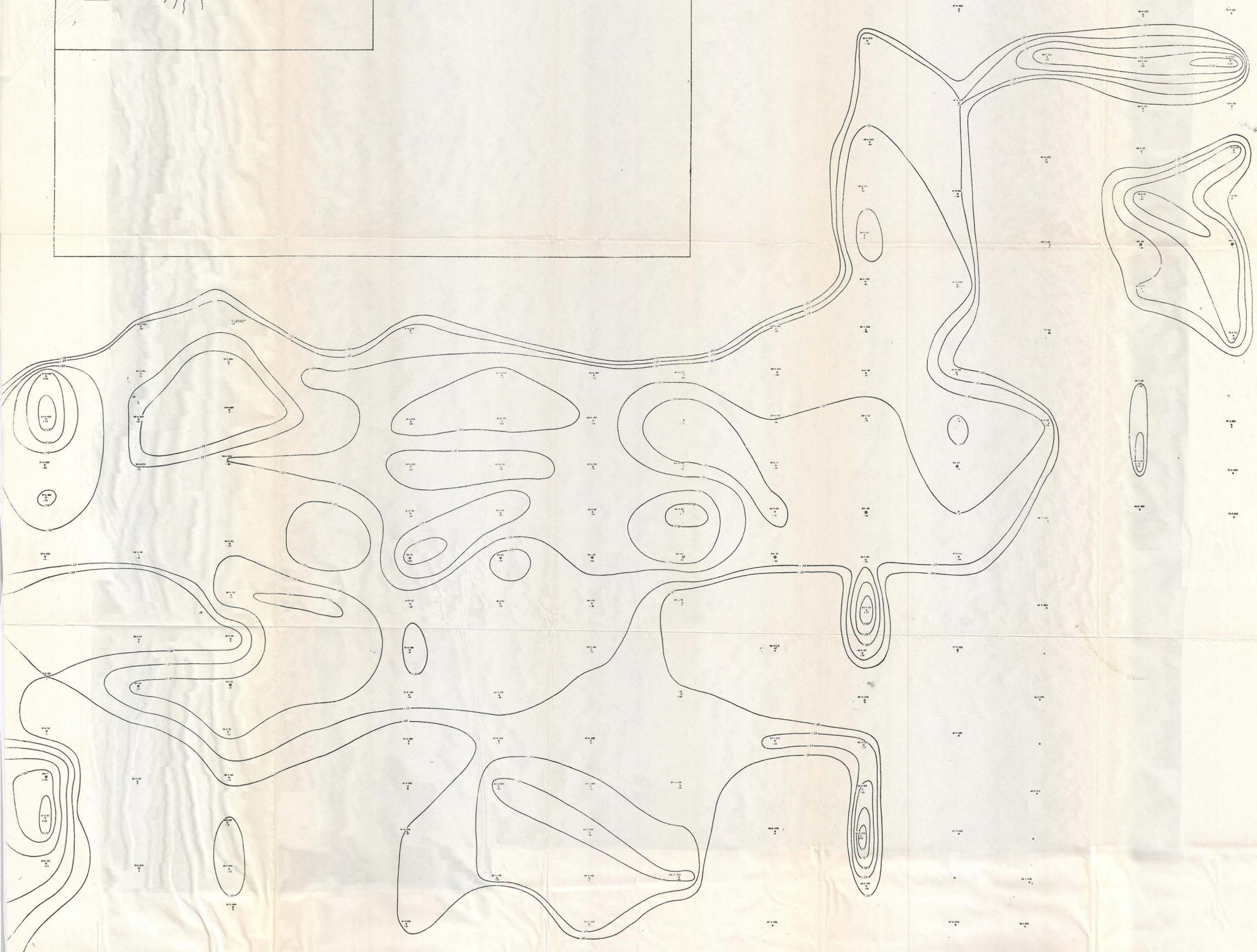
MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA 1:2,500

% de Ni
+2.25
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
0-1%

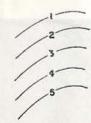
Gi-N-150 Punto de referencia con indicación del Tenor
1.86 Promedio del Corte

Curvas Isográdicas con indicación del Tenor
Interpolado en base a puntos de referencia
exploratoria.



MAPA DE CURVAS ISOPACAS

ESCALA 1:2.500



Curvas Isopacas con indicación de espesores.
Intervalos de 1 metro, interpolados en base
a puntos de referencia exploratoria.

59-N-250

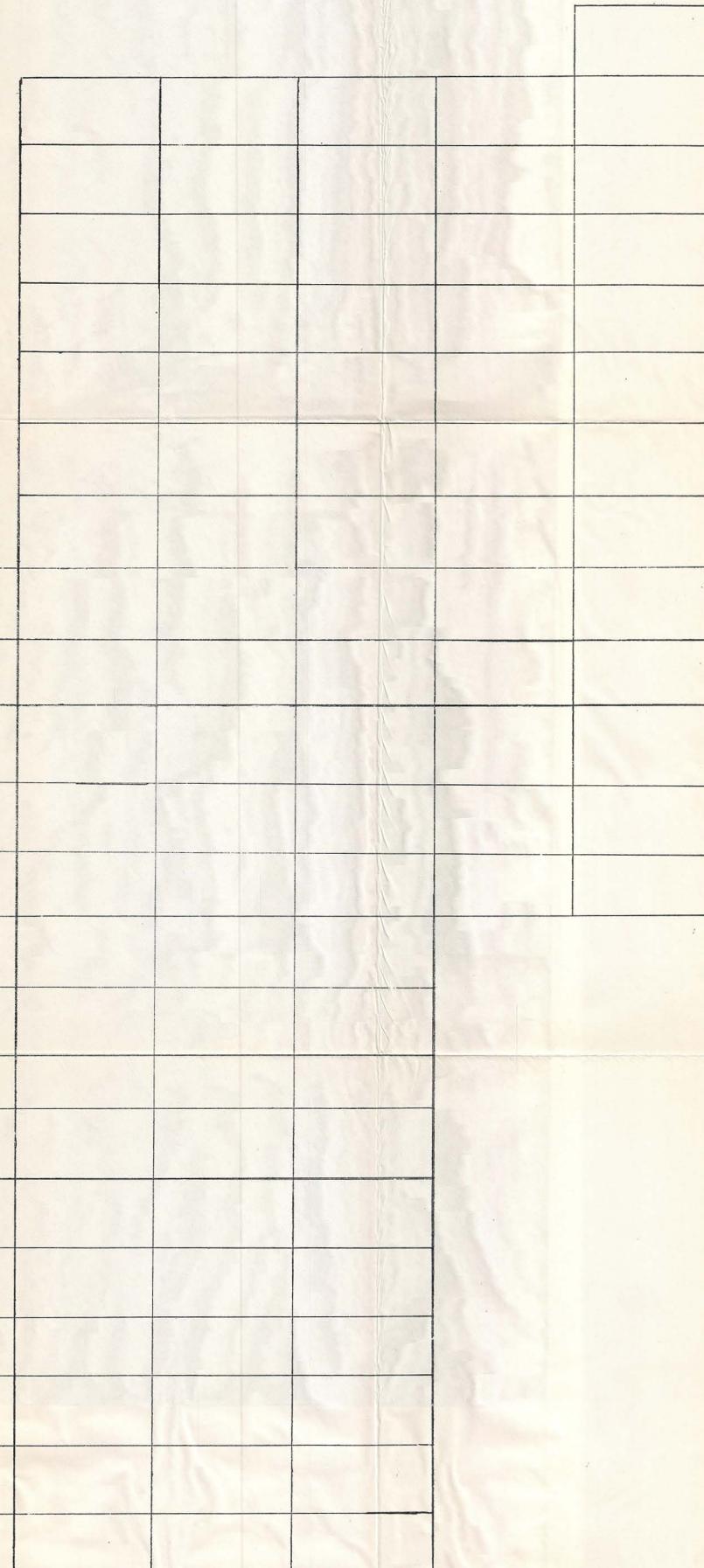
Punto de referencia con indicación de profundidad
total de la mina en el catálogo

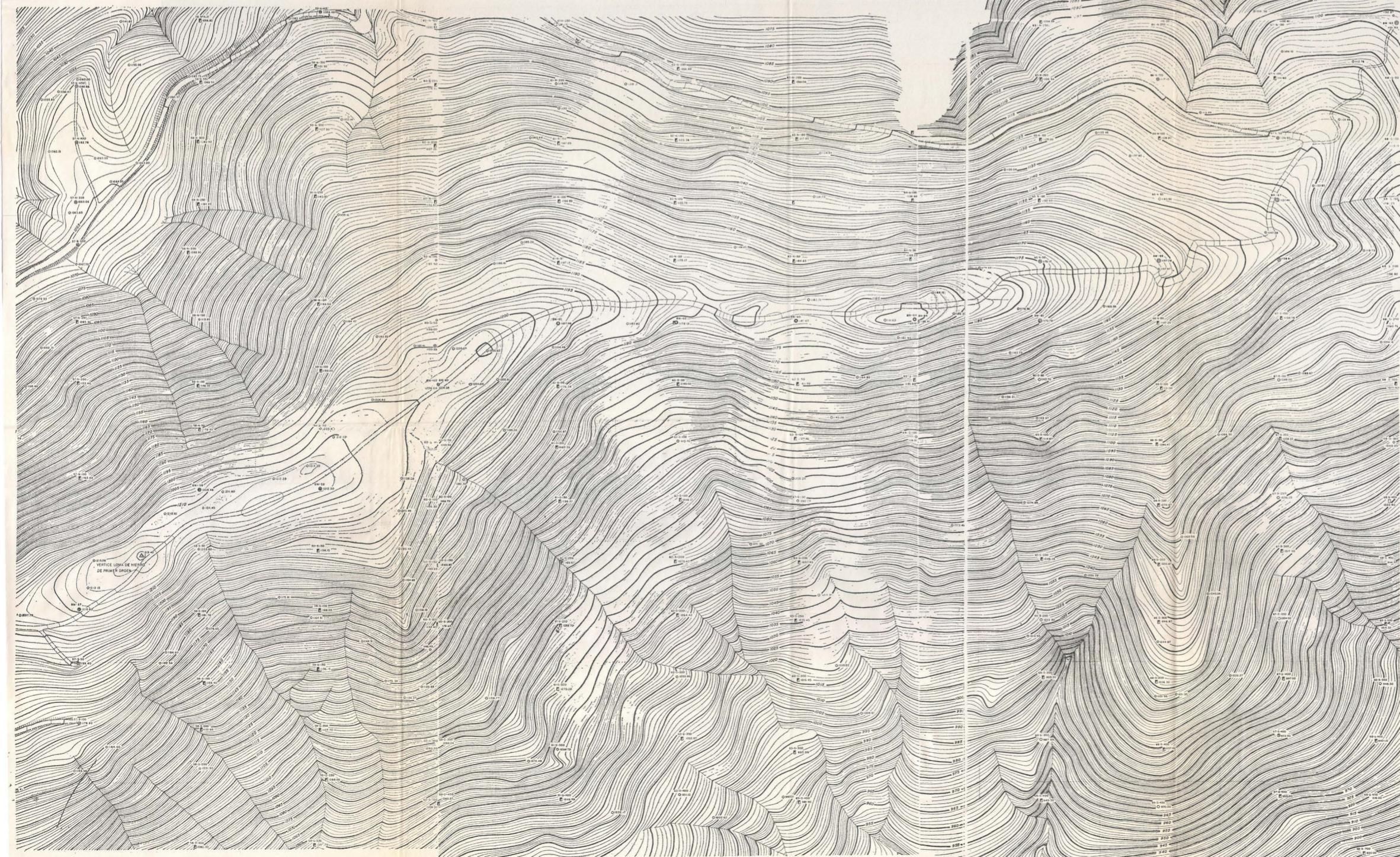
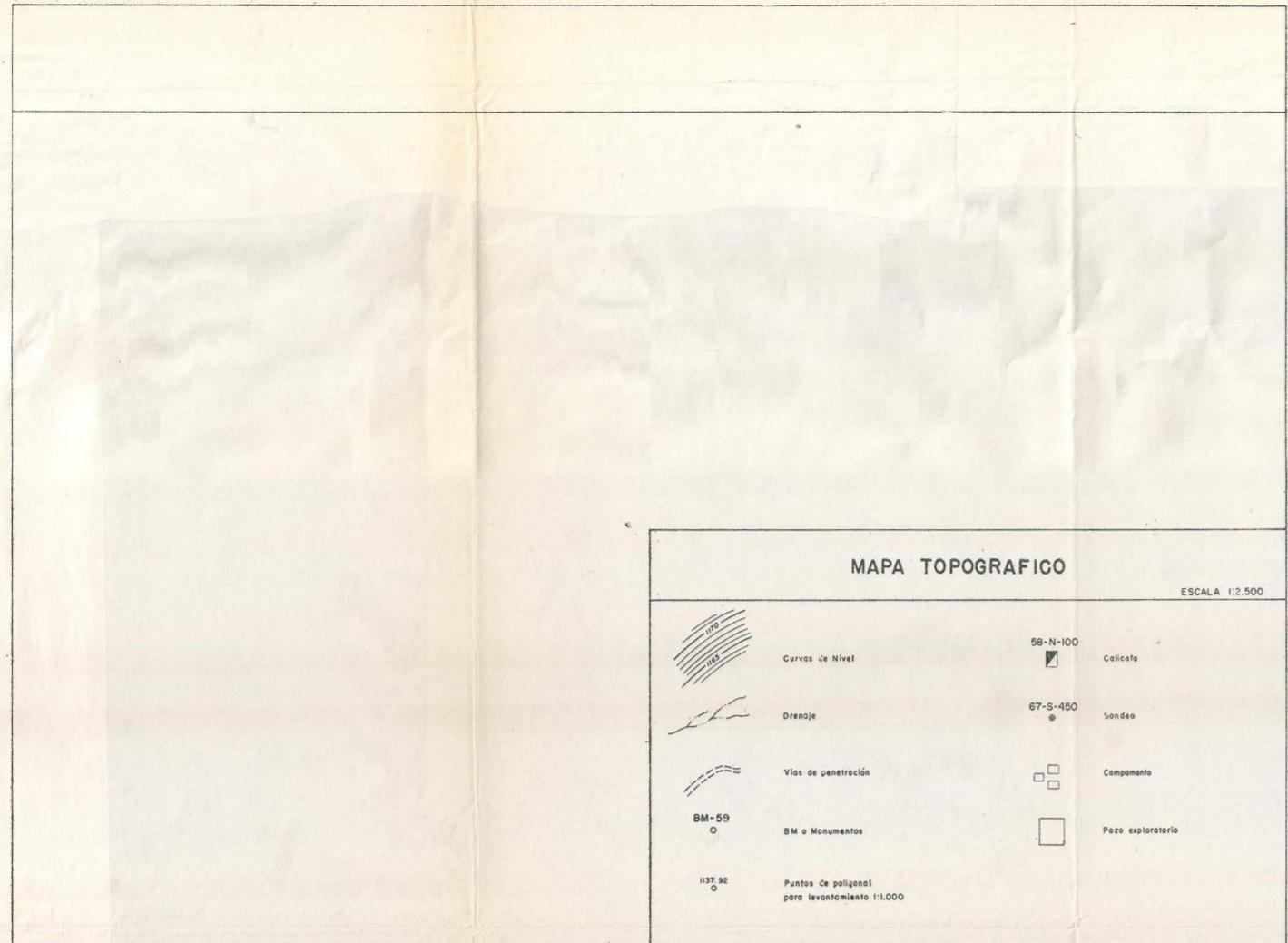


MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA 1:2.500

 Bloques para cubicación 5.000 m ³ c/u. con indicación de límites del Yacimiento	Tonelaje húmedo total _____ Tonelaje seco total _____																				
Número de bloques cubicables _____ Área total _____ Espesor promedio _____ Peso específico _____ Humedad _____ Tenor promedio _____																					
TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR ÁREA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>%</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Níquel</td><td>NI</td></tr> <tr><td>Hierro</td><td>Fe₂O₃</td></tr> <tr><td>Cobalto</td><td>Co</td></tr> <tr><td>Magnesio</td><td>MgO</td></tr> <tr><td>Silicio</td><td>SiO₂</td></tr> <tr><td>Aluminio</td><td>Al₂O₃</td></tr> <tr><td>Cromo</td><td>Cr₂O₃</td></tr> <tr><td>Fósforo</td><td>P₂O₅</td></tr> <tr><td>Pérdida al rojo</td><td>PR</td></tr> </tbody> </table>		%		Níquel	NI	Hierro	Fe ₂ O ₃	Cobalto	Co	Magnesio	MgO	Silicio	SiO ₂	Aluminio	Al ₂ O ₃	Cromo	Cr ₂ O ₃	Fósforo	P ₂ O ₅	Pérdida al rojo	PR
%																					
Níquel	NI																				
Hierro	Fe ₂ O ₃																				
Cobalto	Co																				
Magnesio	MgO																				
Silicio	SiO ₂																				
Aluminio	Al ₂ O ₃																				
Cromo	Cr ₂ O ₃																				
Fósforo	P ₂ O ₅																				
Pérdida al rojo	PR																				





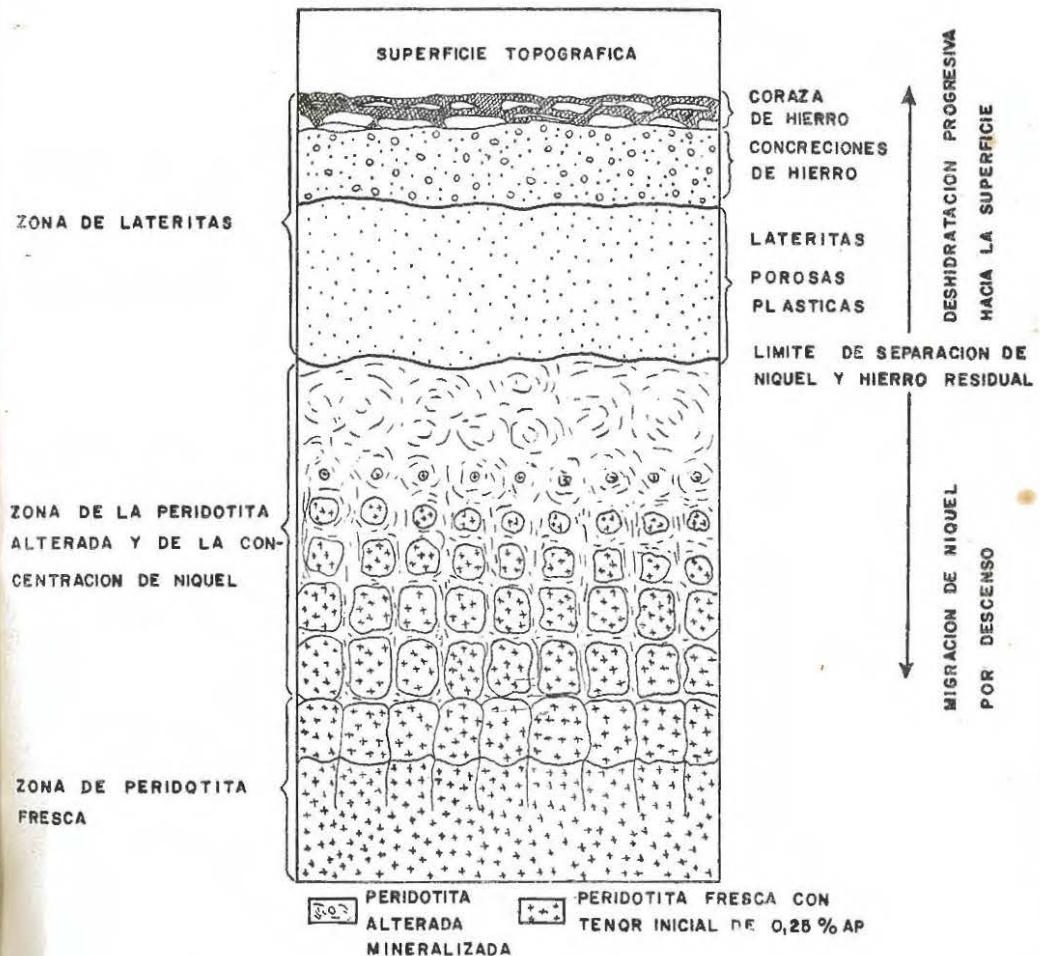


Fig. 2. — Corte esquemático ideal mostrando las zonas principales de un complejo laterítico

- c. Tiempo suficiente como para que se acumulen concentraciones de níquel provenientes de soluciones con tenores mínimos, durante el cual las condiciones del medio no sean afectadas por la erosión. Influye igualmente la periodicidad —que depende de las estaciones— de la circulación de las aguas, la disolución del níquel al comienzo de las estaciones de lluvia y la concentración y saturación de soluciones durante las estaciones secas.
- d. Si la teoría que se postula es válida, para la concentración posterior del níquel en solución el medio acuoso debe contener elementos que favorezcan su precipitación en forma de un producto estable (antigorita níquelífera) en su medio original. Es probable que la sílice se encuentre en forma de gel coloidal y el magnesio en forma de bicarbonato soluble tal como sepiolita o asbestos, condiciones que permitirían la precipitación del silicato hidratado de magnesio y níquel proveniente de la alteración de los minerales de la peridotita. Como solución o suspensión coloidal de níquel puede postularse, por ejemplo, un hidrato en lugar de un silicato.

Estas proporciones de sílice y magnesio, sin embargo, no deben ser excesivas porque obstaculizarían la mineralización; el exceso de sílice coloidal ocuparía los espacios porosos y el exceso de magnesio favorecería la formación de minerales ricos en magnesio y pobres en níquel, con detrimento de la formación de concentraciones de níquel.

Cuando por estas causas los minerales de reemplazo son pobres en níquel, éste se acumula a lo largo de las fisuras, diaclasas y cavidades en la roca, causadas por la disminución de volumen a consecuencia de la alteración de la peridotita (⁶); los yacimientos en los cuales la mineralización rellena cavidades y poros han llegado a su etapa final de mineralización.

Las condiciones descritas constituyen sólo una parte de los factores que influyen en la mineralización níquelífera explotable; otros factores aún no completamente conocidos incluyen la acción de catalizadores naturales, acción geoquímica, variaciones del pH, etc.

Después del eventual relleno de los espacios disponibles (poros y cavidades) las soluciones níquelíferas circularían a modo de aguas subterráneas sobre la superficie impermeable de la peridotita serpentinizada situada a cierta profundidad —que es sensiblemente paralela a la superficie topográfica, aunque más atenuada— deslizándose entre los bloques de peridotita y ciertas zonas serpentinas impermeables. El níquel se concentraría únicamente al hallar las condiciones favorables para su precipitación en este proceso y a cierta profundidad, ya que estos precipitados no son estables ni insolubles sino al estar protegidos por una capa o recubrimiento laterítico.

CALCULO DE RESERVAS

El tonelaje del yacimiento se determinó mediante el sistema de bloques por considerarse que era suficientemente sencillo y exacto para este tipo de yacimiento de superficie. Para las determinaciones de pesos específicos y humedades, se tomaron mue-

⁶ Por lo regular, las concentraciones más ricas de níquel se presentan en este tipo de mineralización.

tras de las diferentes zonas en sitios previamente seleccionados, distribuidas en todo el yacimiento. En las zonas 1 y 2 de lateritas se tomaron muestras de un decímetro cúbico, que fueron pesadas y secadas para obtener el factor por diferencia. En la zona 3 de serpentinita y peridotita, el desmuestreo se hizo en botellas Chatellier por desplazamiento del volumen de agua. De esta manera, se efectuaron 400 determinaciones de peso específico, y 800 determinaciones de humedad, que fueron posteriormente tabuladas (véanse las Tablas I, II y III).

El cálculo de tonelaje se realizó aplicando el sistema de rectángulos de 50 x 100 metros, utilizando como punto de referencia el sondeo o excavación situado en el centro de cada rectángulo, y aplicando una densidad promedio para cada sondeo o excavación, valor obtenido mediante el promedio aritmético de los valores analíticos de todas las muestras tomadas en los sondeos exploratorios, verificados consistentemente en los análisis químicos de las muestras compuestas. Los datos así obtenidos se tabulan en las Láminas III, IV y V.

CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS

La situación geográfica del yacimiento de Loma de Hierro presenta numerosas ventajas desde el punto de vista económico para una explotación. Su proximidad a los valles de Aragua, zona de desarrollo industrial, es factor de importancia debido a las facilidades para la mano de obra, y disponibilidad de buenas vías de comunicación, potencial eléctrico, agua y gas industrial, como son: la línea eléctrica Macagua-Santa Teresa (sistema hidroeléctrico del Caroní), el gasoducto industrial Morón-Caracas, y la cuenca hidrológica del Río Tuy. El yacimiento dista 10 kilómetros en línea recta de la autopista Caracas-Valencia, a la cual se comunica mediante una carretera de tipo "C", de 20 kilómetros de longitud. La proximidad a esta importante vía de comunicación coloca al yacimiento en situación privilegiada con respecto a dos de los puertos más importantes del país: La Guaira, a 93 kilómetros, y Puerto Cabello, a 184 kilómetros de distancia por autopistas de primera clase. Así pues, la situación geográfica es favorable, con respecto a mercados futuros externos e internos.

En lo que respecta al tenor de la mena, para este tipo de minerales silicatados de níquel el yacimiento posee la concentración aceptable para una explotación económica. Los yacimientos níquelíferos explorados actualmente en Nueva Caledonia, Nicaro en Cuba, Riddle (Oregón, U.S.A.), Morro do Niquel en Brasil y Lokris en Grecia, muestran calidades y tenores similares a los de Loma de Hierro.

Las condiciones de explotación no presentarían dificultades, ya que el yacimiento sería explotado a cielo abierto, que es el sistema de explotación menos costoso en comparación con otros métodos.

En este sentido, los desniveles topográficos existentes presentan grandes ventajas para el acarreo del mineral a las plantas de tratamiento, aplicando sistemas de transporte por gravedad.

El proceso metalúrgico más recomendable, a base de las características físicas-químicas del mineral, es el de la reducción eléctrica directa para la obtención de feroníquel. Desde el punto de vista económico, los siguientes hechos también favorecen esta recomendación:

OREGON 30 ANOS
EVALUACION DE LOS YACIMIENTOS
DE LATERITAS

1. Los yacimientos canadienses consisten de sulfuros de níquel, a partir de los cuales se produce níquel metálico.
2. La producción de concentrados de níquel de los yacimientos de Cuba se obtiene mediante procesos de lixiviación ácida en un caso y alcalina en otro.
3. En Oregón la producción es de ferroníquel, pero en cantidades reducidas.
4. La principal producción de ferroníquel en escala mundial proviene de los yacimientos de Nueva Caledonia, explotados por la Sociedad Le Nickel.

Los factores enumerados indican la importancia potencial de producción de fero-níquel en Loma de Hierro, con respecto a los centros de consumo del hemisferio occidental.

BIBLIOGRAFIA

- BELLIZZIA, A. (1960) *Yacimientos de níquel en Venezuela*. Min. Minas e Hidroc., informe inédito.
- BOGERT, J. R. (1961) *How Hanna mines lateritic ore*. World Mining, abril, 1961, p. 25-27.
- CHETELAT, E. DE (1948) *Genèse et évolution des gisements de nickel de la Nouvelle Calédonie*. Soc. Géol. France, Bull., 5e. sér., Vol. 17, N° 7.
- INTERNATIONALE PLANUNGS- UND CONSULTING (IPCO). (1966) *Investigaciones sobre las cualidades y la utilización del mineral de níquel de Loma de Hierro*. Informe inédito para el Min. Minas e Hidroc.
- JURKOVIC, I., FERENCIC, A. y TALIC, S. (1962) *Information on the visit to Loma de Hierro*. Min. Minas e Hidroc., informe inédito.
- LAVIE, H. (1960) *Proyecto de evaluación de los yacimientos de lateritas niquelíferas en Loma de Hierro, Estados Aragua y Miranda*. Min. Minas e Hidroc., informe inédito.
- MACLACHLAN, J. C., SHAGAM, R. y HESS, H. H. (1960) *Geología de la región de La Victoria, Estado Aragua, Venezuela*. Cong. Geol. Ven. III, Caracas, 1959, Mem., T. 2, p. 675-684.
- SHAGAM, R. (1960) *Geología de Aragua central*. Cong. Geol. Ven. III, Caracas, 1959, Mem., T. 2, p. 574-675.
- SMITH, R. J. (1953) *Geología de la región de Los Teques-Cúa, Estado Miranda*. Bol. Geol., Caracas, Vol. 2, N° 6, p. 333-406.
- VAN VOORHIS, W. R., ANDREWS, L. E. y CREELMAN, G. D. (1955) *Operations research applied to ore reserves at Riddle*. Mining Cong. Jour., Sept., 1955.

LOMA DE HIERRO

EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS
(EDOS. ARAGUA Y MIRANDA)

AREA I

TABLA I

DETERMINACION DE PESOS ESPECIFICOS Y HUMEDADES

UNIDADES:

PESOS ESPECIFICOS: Ton./M.

HUMEDADES: %

PERFILES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	PROMEDIO POR CALICATA								
ZONAS	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
OS50	P.E. Hm.	1.41 41.2	1.42 41.2															1.42 41.2							
IN50	P.E. Hm.		1.72 26.6	1.35 40.0														1.54 33.3							
2SI50	P.E. Hm.			1.44 35.1	1.44 35.1													1.44 35.1							
3N50	P.E. Hm.				1.41 36.9	1.41 36.9												1.41 36.9							
3S200	P.E. Hm.				1.62 30.6	1.62 30.6												1.62 30.6							
4N200	P.E. Hm.					1.45 224	1.45 33.0											1.45 27.7							
5S100	P.E. Hm.						1.35 224	1.72 33.0										1.54 27.7							
6N100	P.E. Hm.							1.40 35.2	1.35 46.3									1.38 40.7							
7NI50	P.E. Hm.									1.42 38.2	1.42 38.2							1.42 38.2							
7SI100	P.E. Hm.									1.50 34.5	1.50 34.5							1.50 34.5							
8S300	P.E. Hm.									2.00 21.0	1.47 47.0	1.40 44.0						1.63 37.3							
9N100	P.E. Hm.												1.60 22.7					1.60 22.7							
ION400	P.E. Hm.												1.85 23.0	1.88 1.65				1.87 19.7							
I0S150	P.E. Hm.													1.90 1.54				1.90 19.7 *							
BMII	P.E. Hm.													1.54 31.2	1.54 31.2			1.54 31.2							
I2N300	P.E. Hm.													1.55 31.0	1.53 42.0	1.53 42.0		1.54 41.0							
I2S400	P.E. Hm.													1.55 37.9	1.55 37.9			1.55 37.9							
I3N150	P.E. Hm.																	1.36 30.0							
I3S50	P.E. Hm.																	1.36 30.0							
I5S200	P.E. Hm.																	1.60 33.3							
I5S350	P.E. Hm.																	1.60 33.3							
PROMEDIO POR ZONAS	P.E. Hm.	1.41 41.2	1.42 41.2	1.72 26.6	1.35 40.0		1.44 35.1	1.44 35.1	1.45 36.9	1.45 36.9	1.40 30.6	1.40 30.6	1.35 22.4	1.72 33.0	1.40 46.3	1.46 36.3	1.46 21.0	2.00 47.0	1.47 44.0	1.40 44.0	1.56 39.3	1.57 39.3	PROMEDIO GENERAL		
PROMEDIO POR PERFILES	P.E. Hm.	1.415 41.2		1.555 33.3		1.440 36.9	1.515 36.9		1.450 30.6	1.535 27.7	1.460 40.7	1.375 36.3		1.623 37.3	1.600 22.7	1.89 19.7	1.85 1.54	1.89 1.54	1.55 40.0	1.54 40.0	1.54 34.7	1.55 31.7	1.565 39.3	1.574 33.4	

LOMA DE HIERRO

EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS
 (EDOS. ARAGUA Y MIRANDA)

AREA 3

TABLA III

DETERMINACION DE PESOS ESPECIFICOS Y HUMEDADES

UNIDADES:

ESOS ESPECIFICOS: Ton./M.

HUMEDADES: %

PERFILES	# 39			42			43			44			45			46			47			48			49			50			53			55			56			PROMEDIO POR CALICATA
	ZONAS			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
39N200	P.E.			1.70																															1.70					
	Hm.			29.7																															29.7					
42B.M.	P.E.			1.55	1.55																													1.55						
	Hm.			32.1	32.1																													32.1						
43N100	P.E.			1.78	1.65																													1.72						
	Hm.			28.8	38.2																													33.5						
44N250	P.E.			1.85	1.75	1.75																											1.78							
	Hm.			26.2	35.9	35.9																											32.7							
45N300	P.E.						1.65	1.65																										1.65						
	Hm.						35.7	35.7																										35.7						
455250	P.E.						1.60																												1.60					
	Hm.						35.7																												35.7					
46N500	P.E.						1.78																												1.78					
	Hm.						24.1																												24.1					
46N300	P.E.						1.93	1.60	1.60																								1.71							
	Hm.						28.1	39.4	43.7																								37.1							
475300	P.E.						1.88	1.75																										1.82						
	Hm.						24.2	25.5																										24.9						
48N250	P.E.						1.88	1.50																										1.69						
	Hm.						24.2	42.1																										33.1						
49N450	P.E.																							1.88	2.00	1.90							1.93							
	Hm.																							26.2	22.7	26.0							25.0							
495250	P.E.																							1.93	1.60									1.77						
	Hm.																							28.2	38.6									33.6						
50N150	P.E.																							1.63	1.65	1.85							1.71							
	Hm.																							28.2	38.6	25.2							30.7							
53N250	P.E.																																				1.69			
	Hm.																																				30.5			
53N150	P.E.																																				1.80			
	Hm.																																				28.2			
535250	P.E.																																				1.75			
	Hm.																																				36.1			
55N150	P.E.																																				1.49			
	Hm.																																				39.3			
565150	P.E.																																				1.79			
	Hm.																																				33.2			
57N50	P.E.																																				1.78			
	Hm.																																				29.9			
PROMEDIO POR ZONAS	P.E.	1.70	1.55	1.55	1.78	1.65	1.85	1.75	1.75	1.63	1.65	1.86	1.60	1.60	1.88	1.75	1.88	1.50	1.91	1.80	1.90	1.63	1.65	1.85	1.88	1.67	1.78	1.58	1.45	1.45	1.95	1.68	1.75	1.78						
	Hm.	29.7	32.1	32.1	28.8	38.2	26.2	35.9	35.9	35.7	35.7	26.1	39.4	43.7	24.2	25.5	24.1	42.1	28.2	30.6	26.0	28.2	38.6	25.2	26.2	34.7	26.8	29.0	44.5	44.5				29.9						
PROMEDIO POR PERFILES	P.E.	1.70		1.55		1.72		1.78		1.64		1.69		1.82		1.89		1.87		1.71		1.78		1.49		1.79		1.78				1.72								
	Hm.	29.7		32.1		33.5		32.7		35.7		36.4		24.9		33.1		25.0		30.7		29.2		39.3		33.2		29.9				31.8								

LOMA DE HIERRO

EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS
(EDOS. ARAGUA Y MIRANDA)

AREA 2

TABLA II

DETERMINACION DE PESOS ESPECIFICOS Y HUMEDADES

UNIDADES:

PESOS ESPECIFICOS: Ton./M.

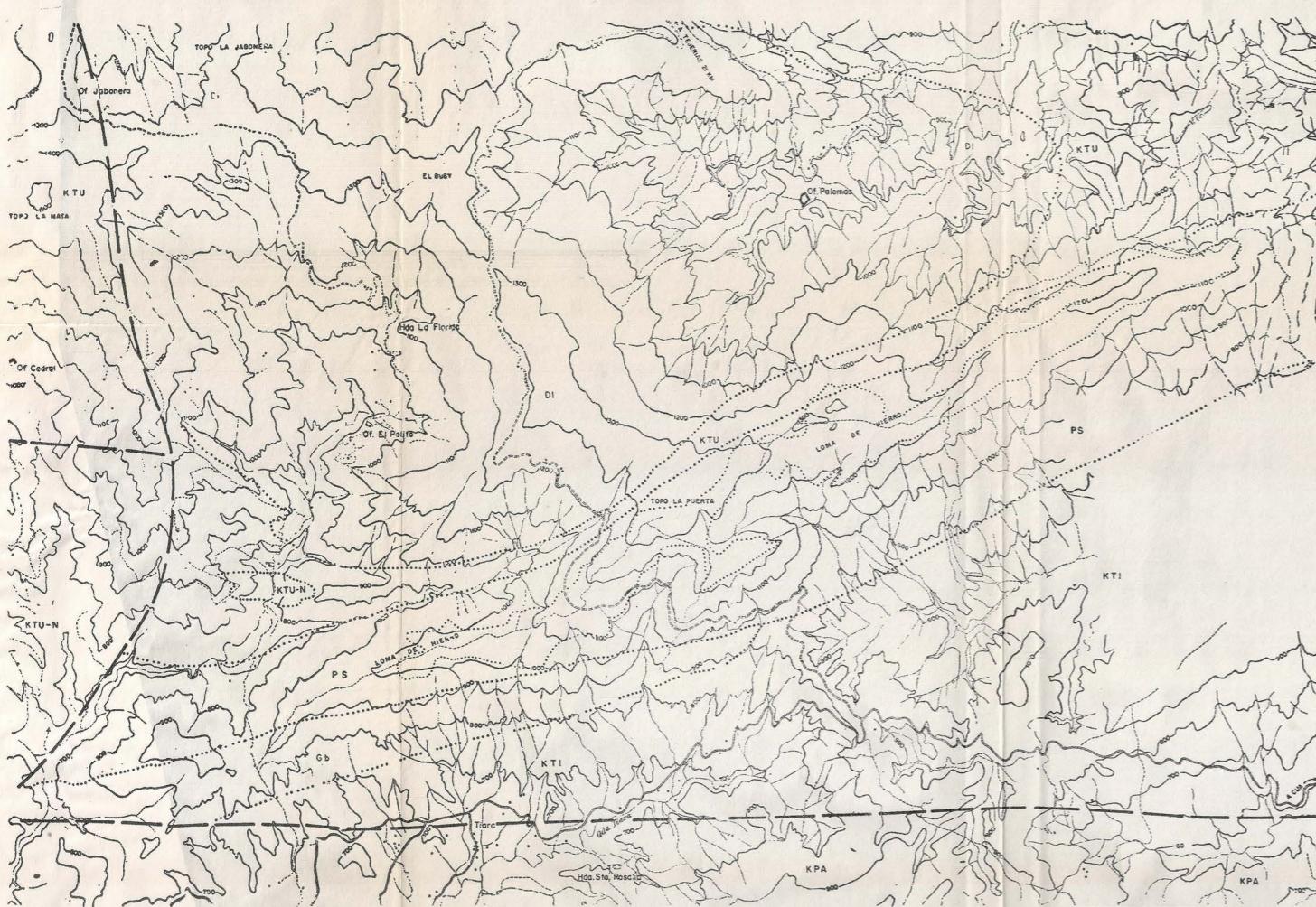
HUMEDADES: %

PERFILES	18			20			21			22			23			26			27			28			29			30			33			34			PROMEDIO POR CALICATA
ZONAS	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
18N150	P.E.	1.85																																1.85			
	Hm.	30.2																																30.2			
20N50	P.E.			1.88	1.68																													1.78			
	Hm.			26.8	36.3																													31.6			
21S100	P.E.					1.75																													1.75		
	Hm.					26.2																													26.2		
22S250	P.E.						1.65	1.65																										1.65			
	Hm.						35.8	35.8																										35.8			
23N200	P.E.								1.70																										1.70		
	Hm.								31.2																										31.2		
23S200	P.E.									2.00																									2.00		
	Hm.									27.5																									27.5		
26S150	P.E.										1.88	1.60	1.75																				1.74				
	Hm.										25.8	35.1	29.4																				30.1				
27S100	P.E.												2.13	1.60	1.70																		1.81				
	Hm.												20.5	29.0	24.5																		24.7				
28S100	P.E.													1.98	1.95	1.85																	1.93				
	Hm.													2.10	26.5	22.0																	23.2				
29N350	P.E.																																			1.77	
	Hm.																																			26.0	
30N150	P.E.																																			1.71	
	Hm.																																			27.5	
33N100	P.E.																																				
	Hm.																																				
33S300	P.E.																																				1.77
	Hm.																																				31.5
34N600	P.E.																																				1.92
	Hm.																																				26.0
36N550	P.E.																																				1.97
	Hm.																																				20.3
PROMEDIO POR ZONAS	P.E.	1.85	1.88	1.68		1.75	1.65	1.65		1.85		1.88	1.60	1.75	2.13	1.60	1.70	1.98	1.95	1.85	1.93		1.60		1.62	1.80		1.77	1.77	1.88	1.95	2.03	1.95	1.60	PROMEDIO GENERAL		
	Hm.	30.2	26.8	36.3		26.2	35.8	35.8				25.8	35.1	29.4	20.5	29.0	24.5	21.0	26.5	22.0	21.5	30.5		31.0	24.0		31.5	31.5	26.0	1.35	23.0	33.5	36.2	30.9	28.2		
PROMEDIO POR PERFILES	P.E.	1.85		1.78		1.75		1.65		1.85		1.74		1.81			1.93			1.77			1.71		1.77		1.92		1.86		1.799						
	Hm.	30.2		31.6		26.2		35.8		29.4		30.1		24.7			23.2			26.0			27.5		31.5		1.97		30.9		28.2						



SITUACION RELATIVA-ESCALA 1:1.000.000

ZONA - A



LEYENDA

Formación Paracotos

KPA Calizas fangíticas grises, conglomerado de guijarros de basalto, lilitas filíticas carbonáceas

Rocas Volcánicas de Tiara

KTI Basalts ophiíticos y rocas volcánicas sedimentarias.

Formación Tucutunemo

KTU Calizas negras de grano fino, conglomerado feldespáctico de cuarzo, filitas carbonáceas

Miembro Los Naranjos

KTU-N Metabasalts y metafilitas fangíticas laminadas

DI

Diorita

PS

Peridotita serpentinizada

LATERITA

Gb

Gabro

..... Contacto geológico

.... Contacto inferido

- - - Fallas

REPUBLICA DE VENEZUELA

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

DIRECCION DE GEOLOGIA

EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS EN LA LOCALIDAD DE
"LOMA DE HIERRO", ESTADOS MIRANDA Y ARAGUA.—

Base Topográfica:
Láminas 2405- VIII 2405-XII 2406-V
y 2406-IX. Escala= 1:25.000 por la
Cartografía Nacional (M.O.P.)

Base Geológica:
Mapa Geológico Los Teques Cúa por:
R.J. Smith. Escala = 1:50.000 1951
Mapa Geológico de Aragua Central
por: R. Shagan Escala = 1:50.000 1957

CROQUIS GEOLÓGICO REGIONAL

DE LOMA DE HIERRO

ZONA - A

ESCALA 1: 40.000

Preparado: H. Lavie L.	Dibujado: Sala Tca. Dibujo	Rev: H. Lavie L.	Fecha: Dic. 1961
		Aprob: A. Vivas R.	Nº

LATERITAS NIQUELIFERAS DE LOMA DE HIERRO

CUADRO

DE

TONELAJE SECO DE ELEMENTOS POR AREA

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA I
1.66	Níquel	Ni	137.068,61
28.89	Hierro	Fe ₂ O ₃	2.378.512,54
0.03	Cabalto	Co	2.488,62
19,40	Magnesia	Mgo	1.597.593,16
33.38	Sílica	Si O ₂	2.748.328,23
2.91	Alúmina	Al ₂ O ₃	240.110,07
2.73	Cromo	Cr ₂ O ₃	225.096,33
0.02	Fósforo	P ₂ O ₅	1.700,22
10.36	Pérdida al rojo	PR	852.938,39

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA II
1.47	Níquel	Ni	252.922,18
40.37	Hierro	Fe ₂ O ₃	6.920.480,13
0.559	Cabalto	Co	10.131,40
15.64	Magnesia	Mgo	2.682.588,78
23.29	Sílica	Si O ₂	3.993.067,18
	Alúmina	Al ₂ O ₃	
	Cromo	Cr ₂ O ₃	
0.020	Fósforo	P ₂ O ₅	3.508,54
9.76	Pérdida al rojo	PR	1.673.120,78

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA III
1.51	Níquel	Ni	153.406,35
40.51	Hierro	Fe ₂ O ₃	4.110.699,20
0.052	Cabalto	Co	5.279,98
15.95	Magnesia	Mgo	1.624.053,86
	Sílica	Si O ₂	
	Alúmina	Al ₂ O ₃	
	Cromo	Cr ₂ O ₃	
0.018	Fósforo	P ₂ O ₅	1.838,23
11.75	Pérdida al rojo	PR	1.134.850,75

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA IV
	Níquel	Ni	
	Hierro	Fe ₂ O ₃	
	Cabalto	Co	
	Magnesia	Mgo	
	Sílica	Si O ₂	
	Alúmina	Al ₂ O ₃	
	Cromo	Cr ₂ O ₃	
	Fósforo	P ₂ O ₅	
	Pérdida al rojo	PR	

(CUBICACION PENDIENTE)

LOMA DE HIERRO
EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS
(EDOS. ARAGUA Y MIRANDA)

ANALISIS QUIMICOS Y SECCIONES VERTICALES

-  ZONA 1
-  ZONA 2
-  ZONA 3

PAGINA N° _____

CALICATA		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
SONDEO		0-1	1-2.5	2.5-4	4-5.5	5.5-7	7-8.5	8.5-10	10-11.5	11.5-13	13-14.5	14.5-16	16-17.5	17.5-19	19-20.5	20.5-22	22-23.5	23.5-25	25-26.5	26.5-28	28-29.5	29.5-31
325100	Sec																					
	Num	1264	1236	1289	1237	1265	1266	DI850	DI851	DI852												
	Fe	50.4	46.6	36.9	15.8	19.2	13.8	8.3	9.4	8.2												
	Ni	1.14	1.25	1.30	1.70	1.62	1.36	0.72	0.61	0.50												
	Co	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01												
325150	Sec																					
	Num	3335	3301	3336	3337	3338	3302	3339	D330	D331	D332	D333										
	Fe	30.6	13.9	24.5	28.6	27.2	39.8	24.9	18.0	7.5	9.5	7.6										
	Ni	1.37	2.30	1.91	1.50	2.08	1.90	2.32	1.63	0.88	1.10	0.25										
	Co	0.10	0.05	0.06	0.18	0.09	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	T										
325200	Sec																					
	Num	3685	3686	3687	D334	D335	D336	D337														
	Fe	14.5	18.6	14.2	6.2	13.9	10.1	7.3														
	Ni	2.46	2.90	1.93	0.30	2.10	1.85	1.06														
	Co	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01														
325950	Sec																					
	Num	II94	II24	II95	II25	II73	II26	II27	II74	II10	II11	DI854	DI854									
	Fe	14.1	13.7	15.8	15.2	14.3	13.1	13.1	13.9	27.1	11.6	9.2	8.4									
	Ni	2.28	2.48	2.38	2.49	2.06	2.65	1.90	1.93	1.38	1.53	0.67	0.40									
	Co	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01								
325300	Sec																					
	Num	1053	1063	1072	1054	1055	1056	II03	1057	1058	II78											
	Fe	45.1	47.3	51.4	57.5	51.2	42.5	19.3	16.7	17.8	14.9											
	Ni	0.88	0.86	1.15	1.18	1.23	1.62	1.77	1.28	1.23	1.43											
	Co	0.12	0.05	0.10	0.17	0.18	0.16	0.06	0.05	0.04	0.03											
325300	Sec																					
	Num	1062	1245	II09	1088	1068	1069	1089	II70													
	Fe	36.1	36.1	19.5	13.4	II.2	14.4	27.4	514													
	Ni	1.47	1.45	1.76	1.53	1.57	1.28	1.64	1.15													
	Co	0.14	0.13	0.02	0.03	0.05	0.00	0.03	0.05													

LOMA DE HIERRO
EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS
(EDOS. ARAGUA Y MIRANDA)
COMPUTO DE RESERVAS POR BLOQUES

CALICATA
SONDEO
PROFUNDIDAD 14.2

COORDENADAS N 38.570
E 23.000
ELEVACION Z 1.304 m.

BLOQUE N° 23-n-350
ANALISIS QUIMICOS
EN PAGINA N°

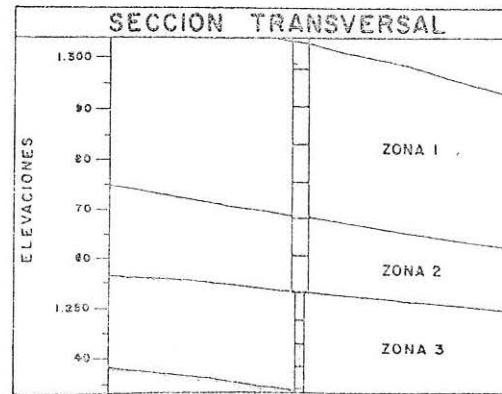
TIPO DE ZONA	INTERVALOS		ESPESOR	AREA	VOLUMEN	FACT.	MATERIAL IN	HUMEDAD	HUMEDAD	MINERAL SECO	PORCENTAJE SEGUN ANALISIS									
	DE	A									Fe	Ni	Co	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	PR
I	0	7	7	5.000	35.000	1,799	62.965	30	18.089	44.076	51.4	1.23	0.09							
2	7	10	3	5.000	15.000	1,799	26.985	30	8.095	18.890	27.0	1.89	0.02							
3	10	14.2	4.2	5.000	21.000	1,799	37.779	30	11.333	26.445	8.5	1.83	0.02							
TOTAL	0	14.2	14.2	5.000	71.000	1,799	127.729	30	39.318	89.410	31.4	1.56	0.05							
ZONAS 2-3 (PROMEDIO)	7	14.2	7.2	5.000	36.000	1,799	64.764	30	19.428	45.335	14.7	1.84	0.02							
MUESTRA COMPUESTA	# 298									89.410	31.6	1.55	0.06	16.6	14.9	5.55	3.09	0.02	-	-

OBSERVACIONES:

REVISIONES:

GEOLOGO:

INGENIERO:



TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR BLOQUE		
Niquel	Ni	1.385,85
Hierro	Fe	28.253,56
Cobalto	Co	53,64
Magnesio	MgO	14.842,06
Silico	SiO ₂	13.322,09
Aluminio	Al ₂ O ₃	4.962,26
Cromo	Cr ₂ O ₃	2.762,77
Fosforo	P ₂ O ₅	17,98
Azufre	S.I.	-

LATERITAS NIQUELIFERAS DE LOMA DE HIERRO
CUADRO DE CUBICACION
POR BLOQUES

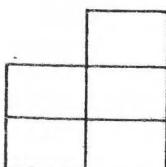
LAMINA IV

AREA I	
Número de Bloques Cubicables	235
Area Total	1.175.000m ²
Espesor Promedio	6.75 mts.
Peso Específico	1.534 T/m ³
Humedad	33 %
Tenor Promedio	1.66 % Níquel
Tonelaje Húmedo Total	12.288.053
Tonelaje Seco Total	8.232.966

AREA II	
Número de Bloques Cubicables	286
Area Total	1.430.000m ²
Espesor Promedio	10.14 mts.
Peso Específico	1.799 T/m ³
Humedad	30 %
Tenor Promedio	1.48 % Níquel
Tonelaje Húmedo Total	24.489.444
Tonelaje Seco Total	17.142.631

AREA III	
Número de Bloques Cubicables	237
Area Total	1.185.000m ²
Espesor Promedio	7.33 mts.
Peso Específico	1.72 T/m ³
Humedad	32.00%
Tenor Promedio	1.51 Níquel
Tonelaje Húmedo Total	14.933.900
Tonelaje Seco Total	10.155.052

AREA IV	
Número de Bloques Cubicables	118-128 *
Area Total	610.000m ² *
Espesor Promedio	3.75 mts. *
Peso Específico	1.720 T/m ³ *
Humedad	32.00% *
Tenor Promedio	1.41 Níquel *
Tonelaje Húmedo Total	3.934.500 *
Tonelaje Seco Total	2.675.460 *



Bloques para cubicación
50 X 100 mts.

Tonelaje húmedo total 55.645.897

Tonelaje seco total 38.206.109

* Nota: Estos datos no son exactos y están sujetos a modificación, representan así ± 90% de veracidad.