

- 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. 1565.
- 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° ed., McGraw-Hill, New York, 694 p.
- VLETTER, 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-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O system and the related metamorphic facies*. Am. Journ. Sci., Bowen Vol., Part 2, p. 569-627.

## 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 níquelíferas 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. Desmuestra 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 níquelíferas 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 Táchata, 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 Táchata, con una anchura variable entre 1 y 5 kilómetros.

La masa se encuentra en contacto de falla con la roca-caja <sup>(1)</sup>, 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).

<sup>(1)</sup> Formación Tucutunemo (esquistos filíticos, metareniscas, metaconglomerados y caliza negra), cerca del contacto superior del Miembro volcánico de Los Naranjos (metarobas verdes), al norte y oeste; y Formación Volcánica de Tiara (basaltos, conglomerados volcánicos y tobas, asociados con intrusiones gabróticas y diabásicas), al sur y este.

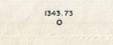
MAPA TOPOGRAFICO

005-2-1

001406

**MAPA TOPOGRAFICO**

ESCALA 1:2,500

	Curvas de Nivel		Calicata
	Drenaje		Sondeo
	Vías de penetración		Compartmento
	BM o Monumentos		Pozo exploratorio
	Puntos de poligonal para levantamiento 1:1,000		



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 cubación  
5.000 m<sup>3</sup> c/u con indicación  
de límites del Yacimiento

Tonelaje húmedo total 24.489,444  
Tonelaje seco total 17.142,631

Número de bloques cubables 286  
Área total 1.430.000 m<sup>2</sup>  
Espesor promedio 10,14 mts  
Peso específico 1.799 T/m<sup>3</sup>  
Humedad 30,0 %  
Tenor promedio 1,48 % de Níquel

%	TONELADAS SECAS DE ELEMENTOS POR AREA	
1,476	Níquel	Ni 252.922,18
40,37	Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6.920.480,13
0,039	Cobalto	Co 10.151,40
15,64	Magnesio	MgO 2.692.568,78
23,29	Silicio	SiO <sub>2</sub> 3.993.067,18
	Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0,020	Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.508,54
9,76	Périda al rojo	PR 1.673.120,78

MAPA DE CURVAS ISOPACAS

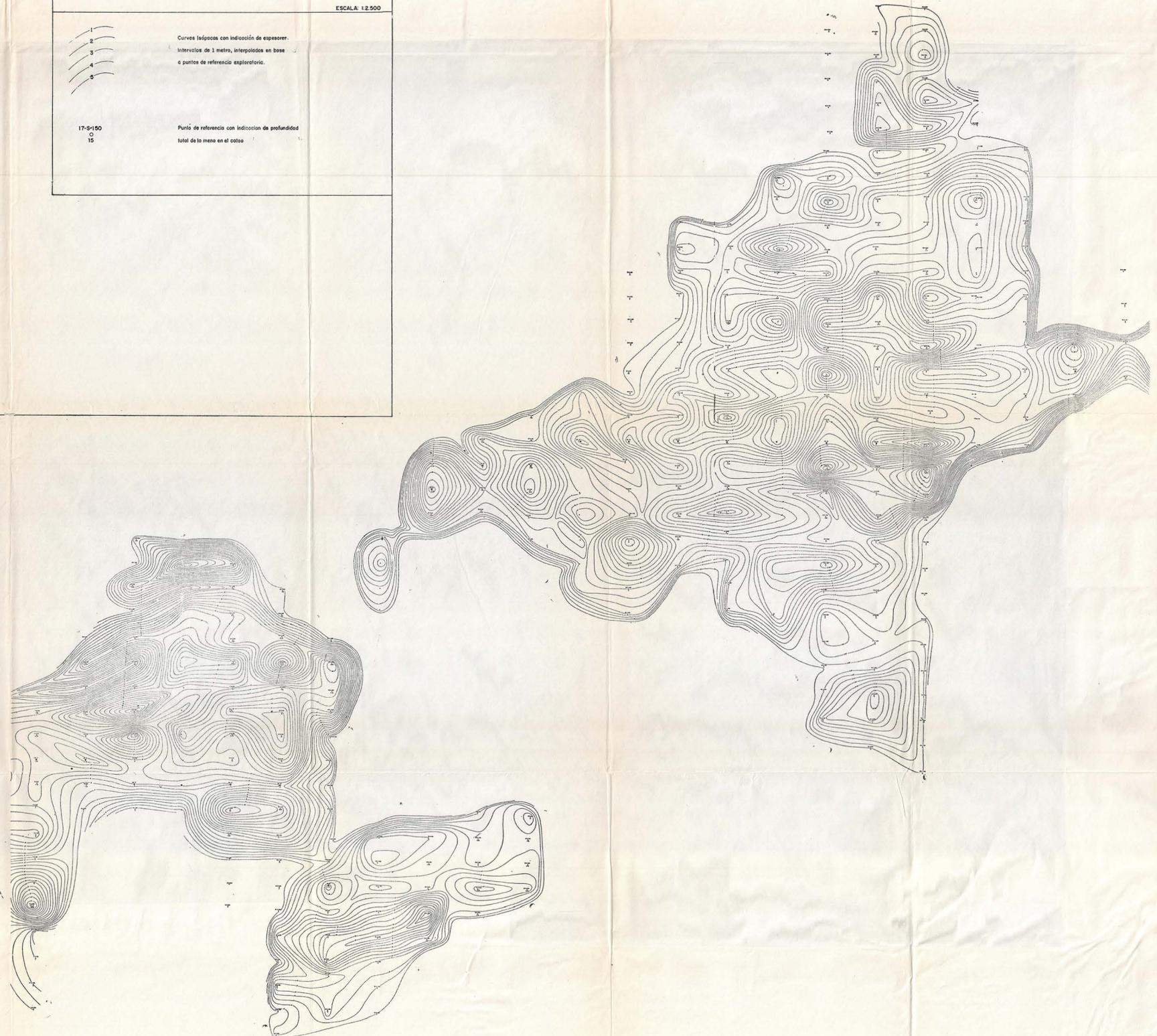
ESCALA: 1:2.500



Curvas Isopacas con indicación de espesor:  
Intervalos de 1 metro, interpolados en base  
a puntos de referencia exploratorio.

17-9-150  
G  
15

Punto de referencia con indicación de profundidad  
total de la masa en el coto

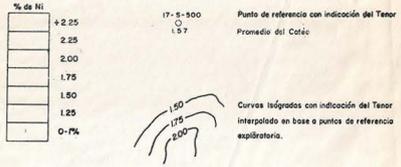


NOTA ACLARATORIA Los cuatro mapas pertenecientes a la Zona II, después de elaborados, fueron reducidos a su mitad, por exigencias de impresión y presupuesto.



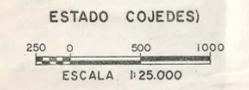
MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA: 1:2.500



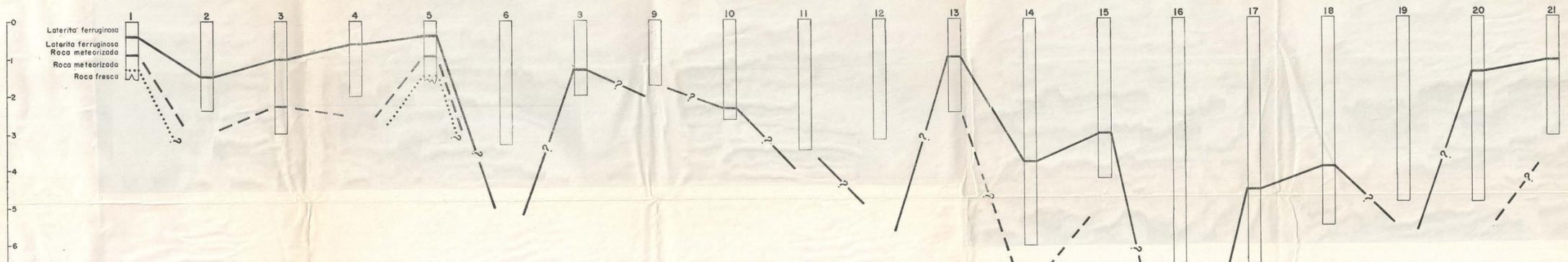
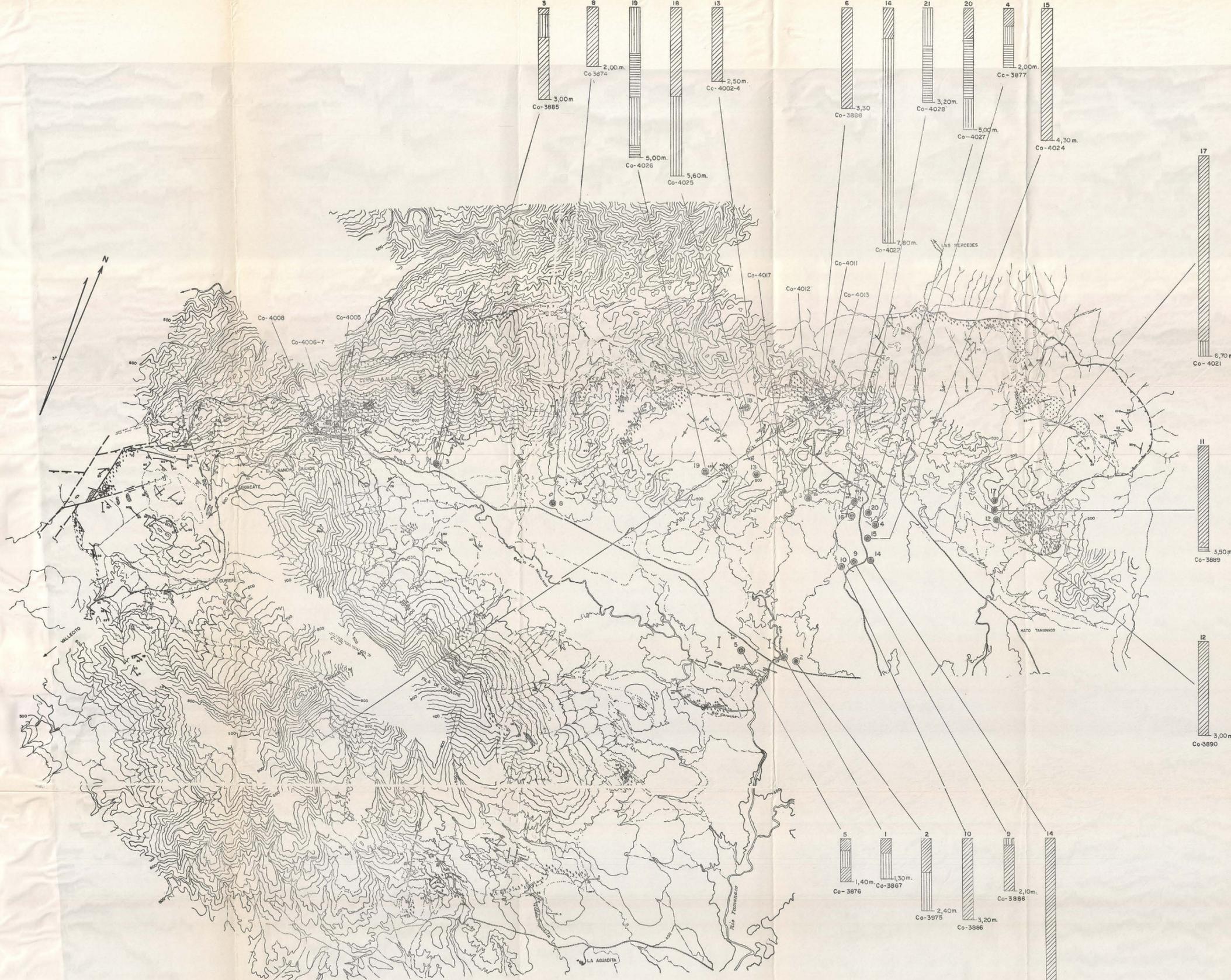
MAPA DE LOCALIZACION  
 DE  
 MUESTRAS Y CALICATAS

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



LEYENDA

- ROCAS SEDIMENTARIAS
- Aluvión.
- ROCAS METAMORFICAS
- Filitas con lentes de calizas.
  - Pseudogabro.
  - Gneiss granatífero-piroxénico-anfibólico-plagioclásico.
- ROCAS IGNEAS
- Dunita serpentinizada.
  - Piroxenita.
  - Áreas con abundantes diques ácidos.
  - Diques sencillos de apfita o pegmatita.
  - Contactos geológicos observados, inferidos y dudosos.
  - Falla observada, aproximada y dudosa.
  - Fallas mayores de corrimiento observadas y aproximadas.
  - Capas ricas en anfiboles o estafitas.
  - Rumbos y buzamientos.
  - Diaclasones.
  - Largos cristales orientados.
  - Lineación determinada por paralelismo de minerales, ejes de pliegues menores, y más raramente intersección de planos-S.
  - Rumbo de las vetas de fibras transversales de asbesto.
  - Cantera o cielo abierto.
  - Intervalos de las curvas de nivel: 20. mts.
- Niquel asociado:
- 0 - 5 % Ni.
  - 5 - 0,1 % Ni.
  - 1,0 - 1,75 % Ni.
- Calicata.
- Serpentina fresca.
  - Serpentina meteorizada.
  - Serpentina rellenando fracturas.



CORRELACION APROXIMADA DE LA METEORIZACION EN LAS CALICATAS

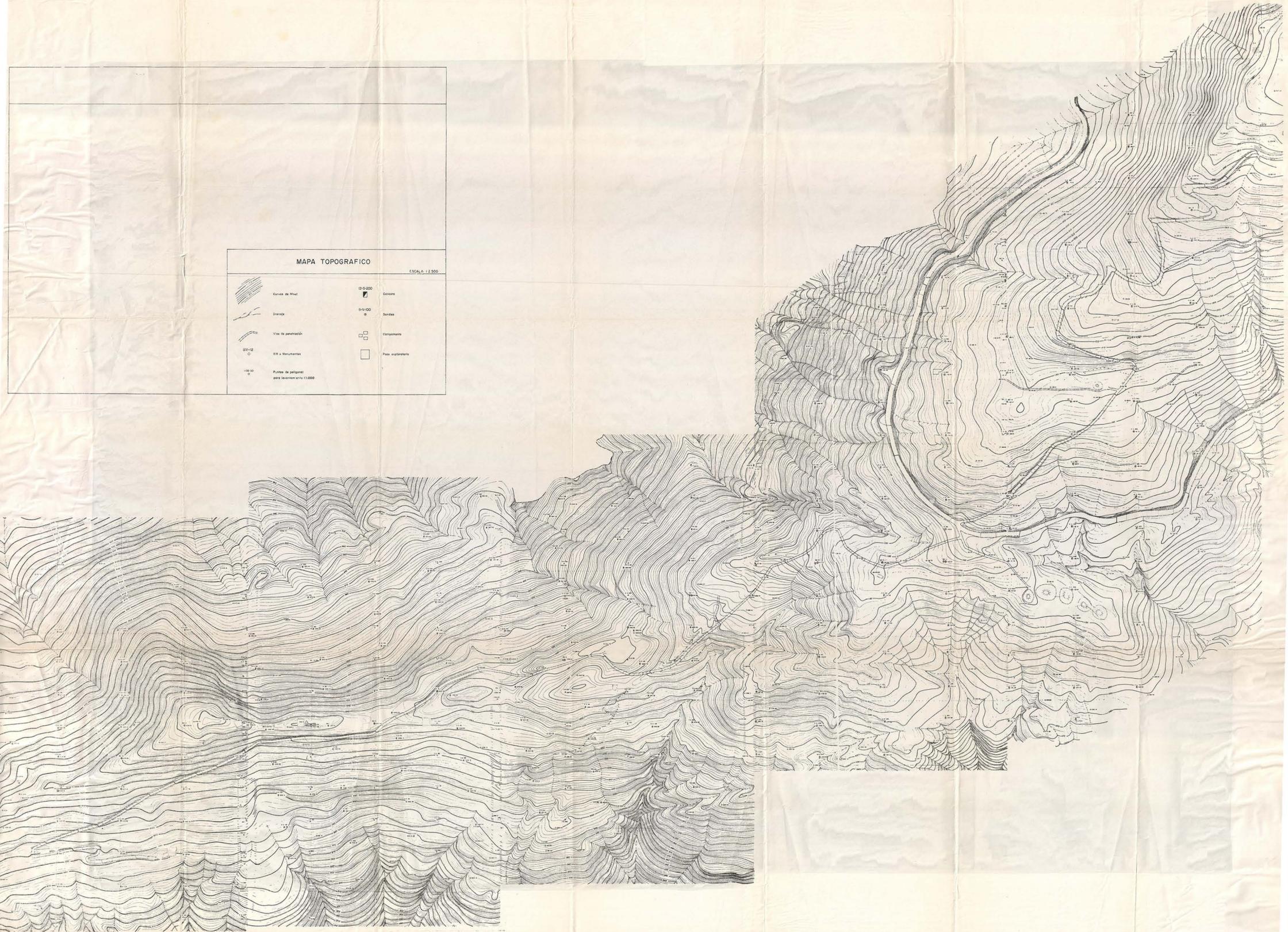
VENEZUELA  
 ESCALA 1:20.000.000

MAPA BASE DE D.B. MACKENZIE - MARZO 1957  
 COMPILADO: JEAN PASQUALI Z.  
 NOVIEMBRE 1966  
 DIBUJADO: JAIME VILANOVA  
 REVISADO: CECILIA MARTIN BELLIZIA  
 APROBADO: A.VIVAS RAMIREZ

MAPA TOPOGRAFICO

ESCALA 1:2 500

	Curvas de Nivel		Caseros
	Drenaje		Sandías
	Vías de penetración		Campesinos
	CM o Monumentos		Post. excavatorio
	Puntos de interés para levantamiento 1:10 000		



MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA: 1:2.500



Bloques para cubicación  
5000 m<sup>2</sup> c/u con indicación  
de límites del Yacimiento

TonELAJE húmedo total 12.288,053  
TonELAJE seco total 8.232,956

Número de bloques cubicables 235

Área total 1.175.000 m<sup>2</sup>

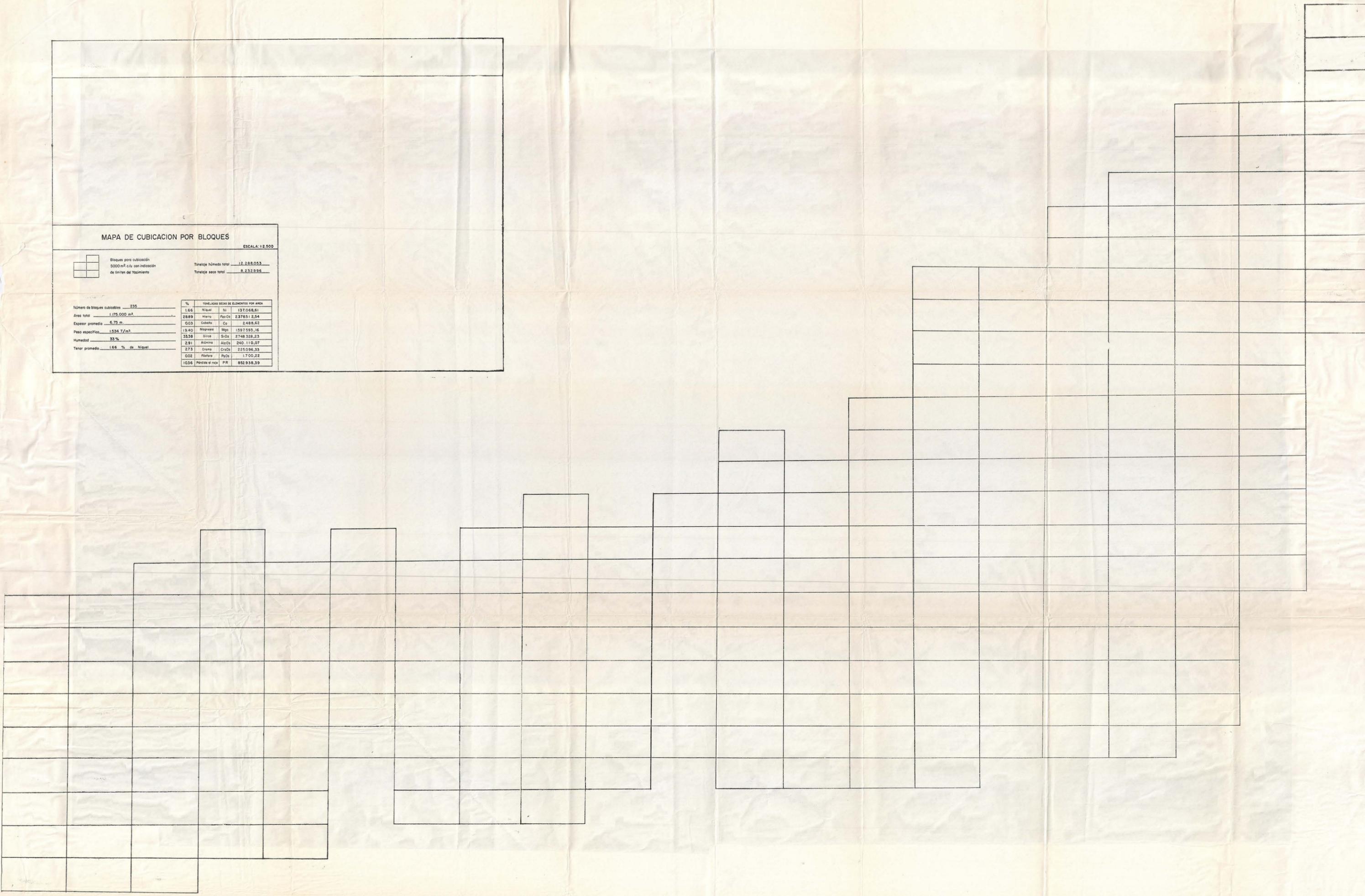
Espesor promedio 6,75 m

Peso específico 1,534 T/m<sup>3</sup>

Humedad 33 %

Tenar promedio 1,66 % de Niquel

%	TONELAJES SECOS DE ELEMENTOS POR AREA
1,06	Niquel Ni 137,068,61
28,89	Hierro Fe/O <sub>2</sub> 237651,254
0,03	Cobalto Co 2488,62
19,40	Magnesio MgO 1597593,16
33,38	Silicio Si/O <sub>2</sub> 2748328,23
2,91	Alumina Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 240.110,07
2,73	Crómico Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 225,096,33
0,02	Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1700,22
1036	Pérdida al rojo PR 852,938,39



MAPA DE CURVAS ISOPACAS

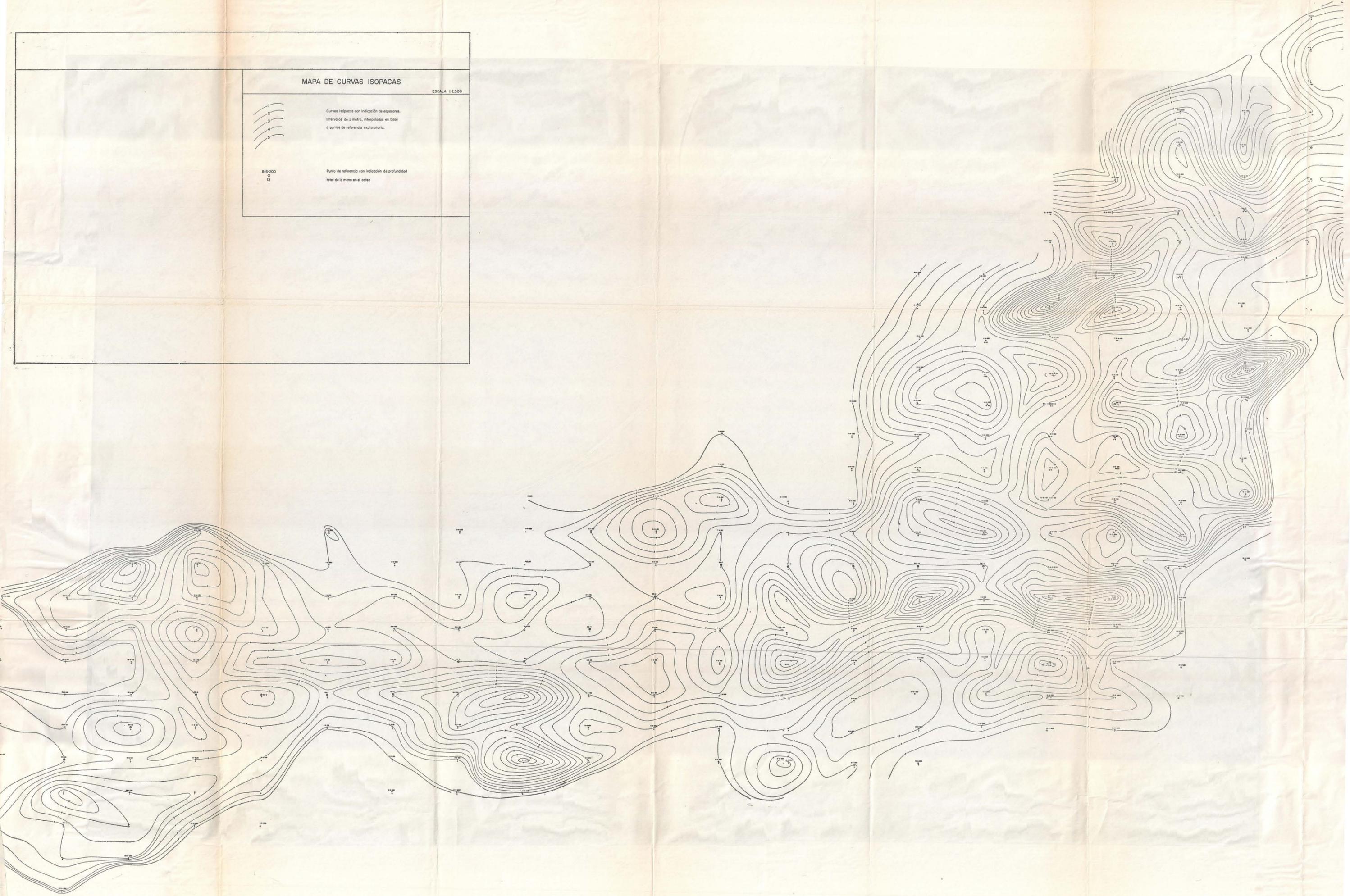
ESCALA: 1:2.500



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

B-S-200  
O  
12

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



REPÚBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS  
DIRECCIONES DE GEOLOGÍA Y MINAS

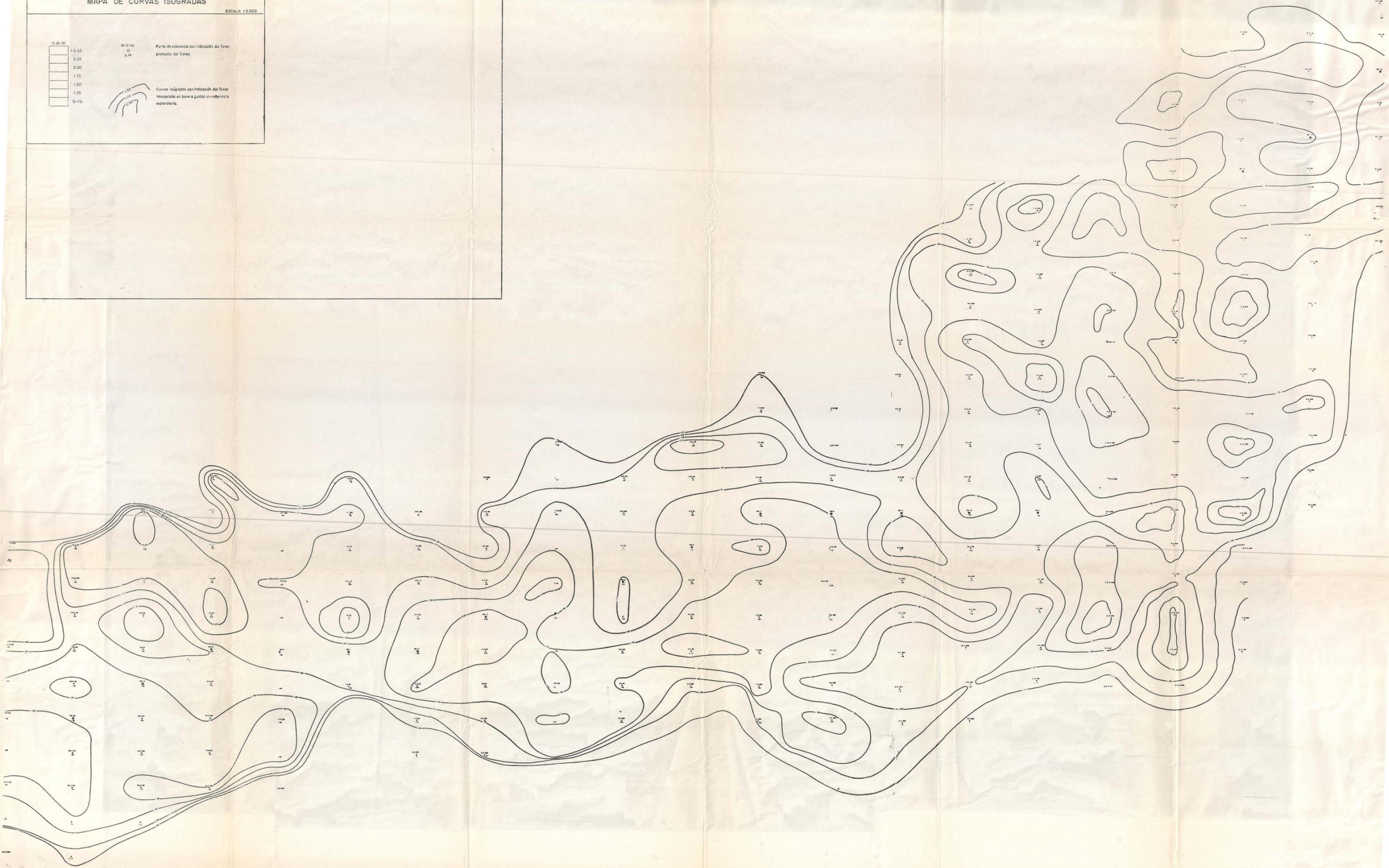
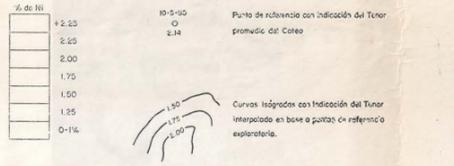
EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS EN LOMA DE HIERRO  
ESTADOS ARAGUA Y MIRANDA

# AREA I



## MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA: 1:2.500



La roca es harzburgita serpentizada, 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 oscuro, y ha sido intrusionada 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 niquelífero, 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 niquelífera 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 promisoras 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 Niquelíferas 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.

## MÉTODOS 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 fiel 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 reodolito 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-geológicos 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.<sup>2</sup> en un área de 20.000 m.<sup>2</sup>, 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 cateo:

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 tirabuzón 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 para izar 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 lentos 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 serpentizada que sirve de base al manto laterítico. En muchos casos y según el grado de alteración de la roca, hubo que detener los cateos 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 cateo 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 2 1/2" de diámetro con alcance de hasta 30 metros de profundidad.

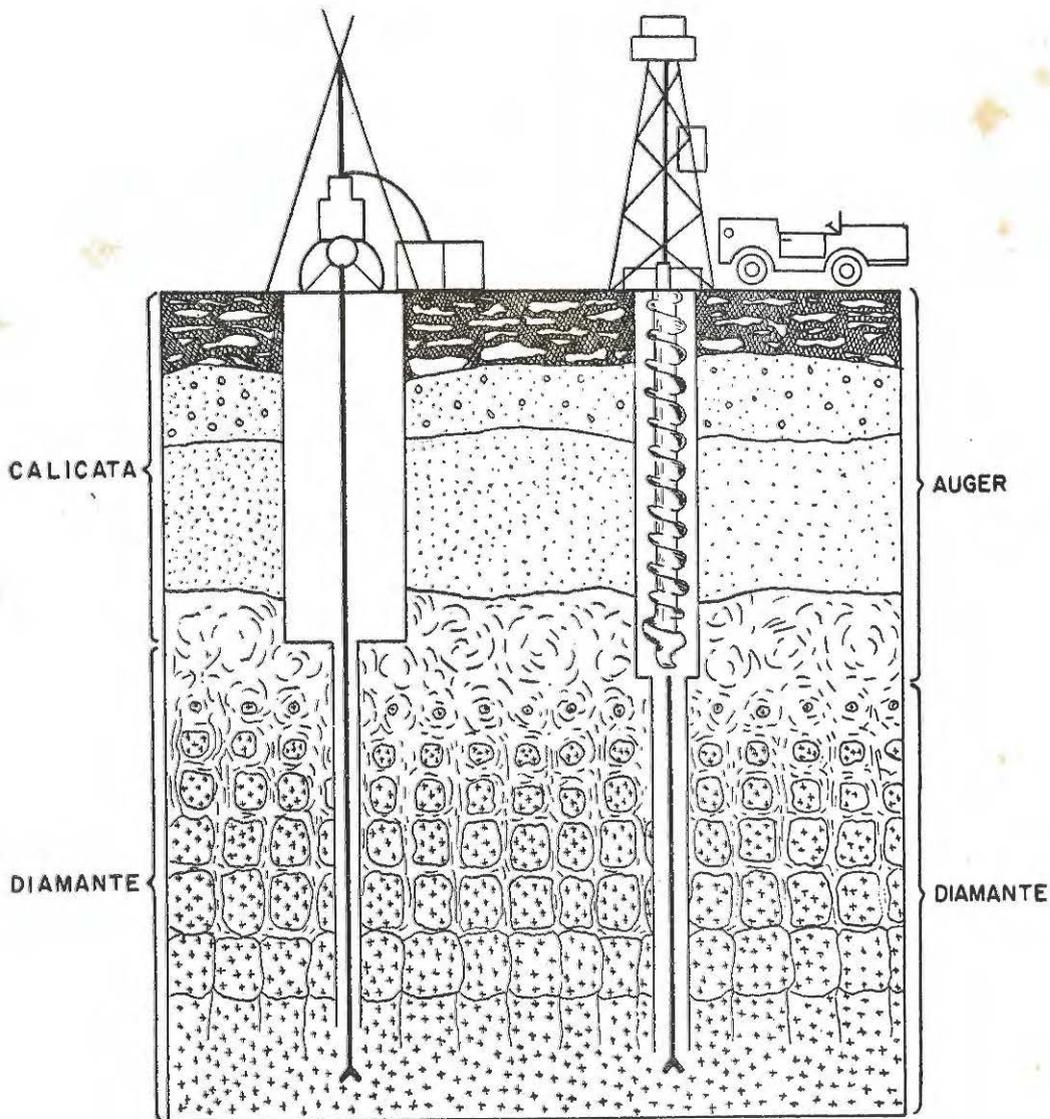


FIG.1. Diagrama mostrando los métodos de cateo en el complejo laterítico de Loma de Hierro.

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 PREPARACION DE MUESTRAS

El desmuestre 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.
  - Cómputo 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).

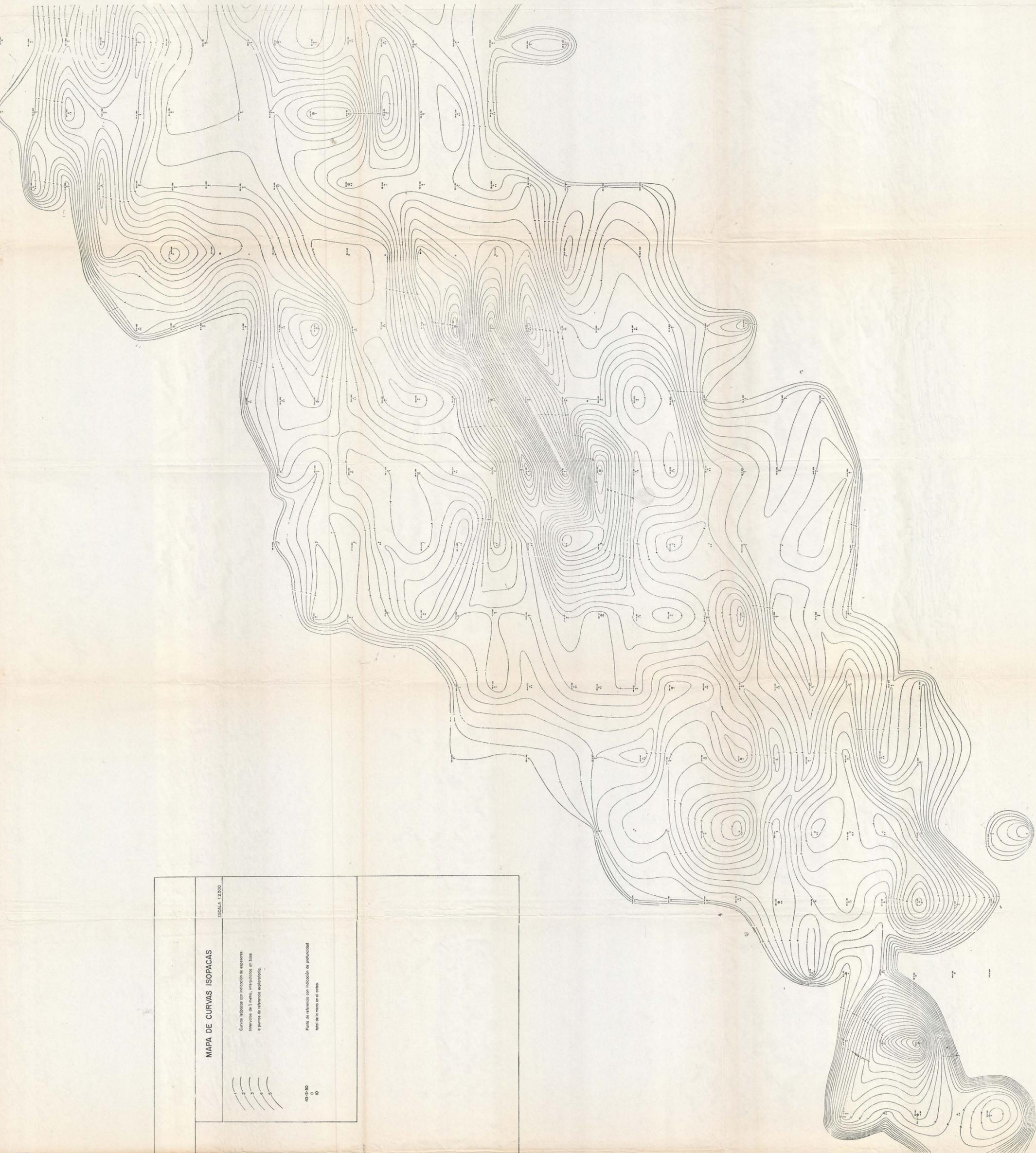
## INTERPRETACION DE LOS DATOS EXPLORATORIOS

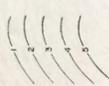
### ZONIFICACION

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%).

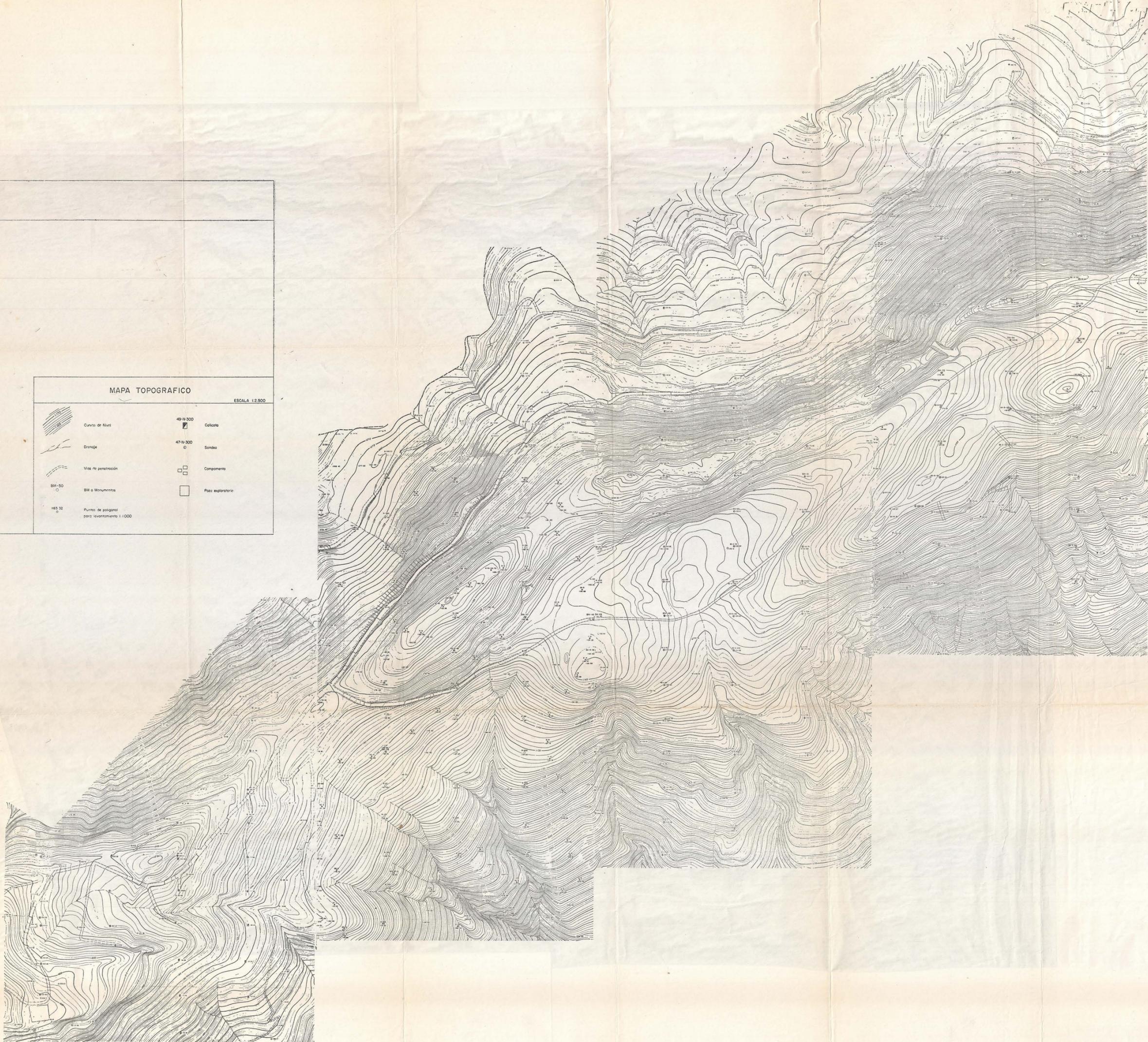


<b>MAPA DE CURVAS ISOPACAS</b>	
ESCALA 1:2500	
	Curvas isopacas con indicación de espesores. Interpuestas de 1 metro, impresas en todo o punto de referencia exploratoria.
	Punto de referencia con indicación de profundidad total de la mina en el centro.

**MAPA TOPOGRAFICO**

ESCALA 1:2,500

	Curvas de Nivel		Cachete
	Drenaje		Sondeo
	Vias de penetración		Campamento
	BM o Monumentos		Pozo exploratorio
	Puntos de poligonal para levantamiento 1:1000		



REPÚBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS  
DIRECCIONES DE GEOLOGÍA Y DE MINAS  
EVALUACION DE LATERITAS NIQUELIFERAS EN LOMA DE HIERRO  
ESTADOS ARAGUA Y MIRANDA

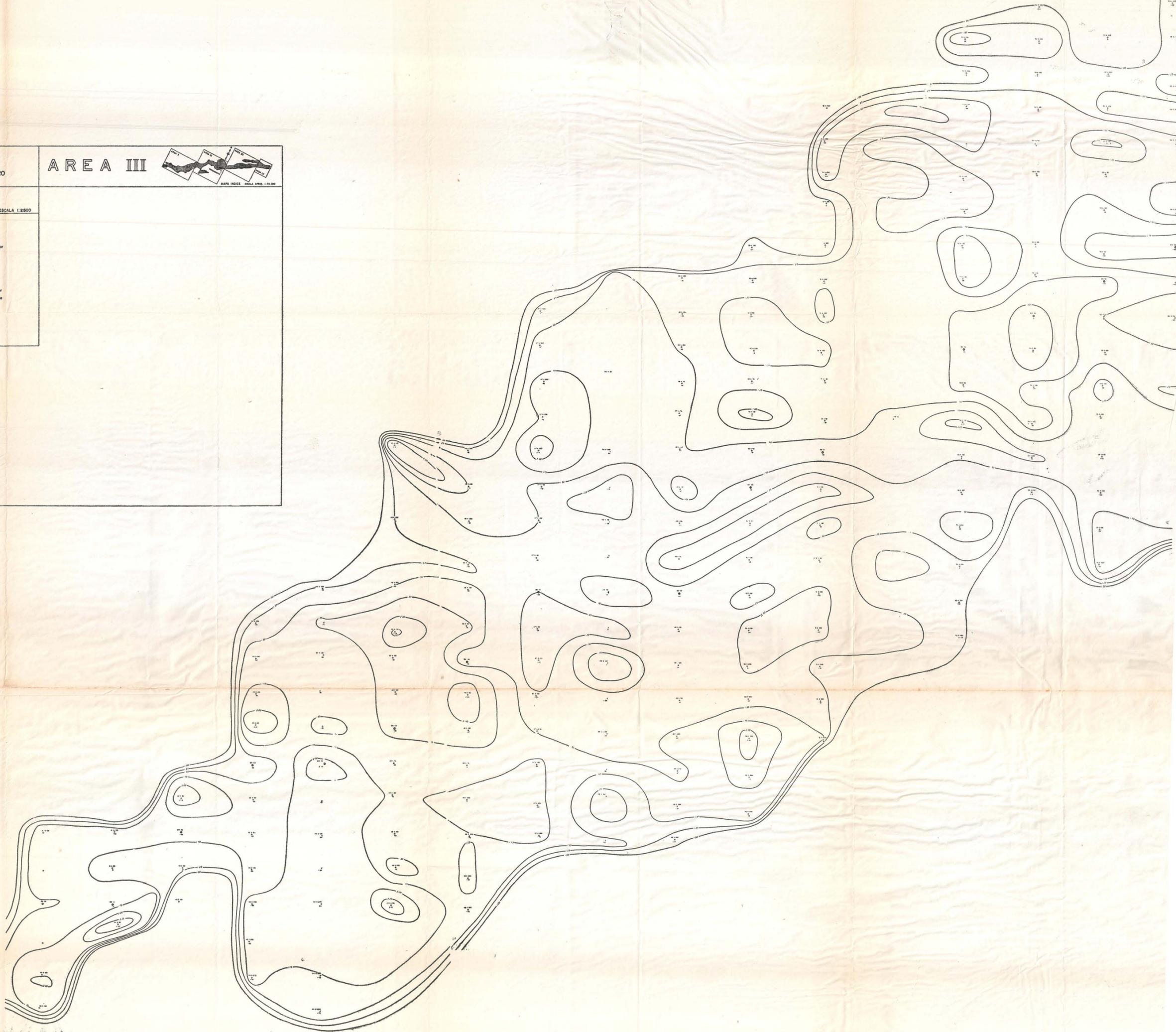
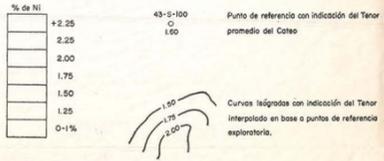
### AREA III



MAPA INDICE ESCALA 1:75,000

#### MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA 1:2500



MAPA DE CUBICACION POR BLOQUES

ESCALA 1:2,500

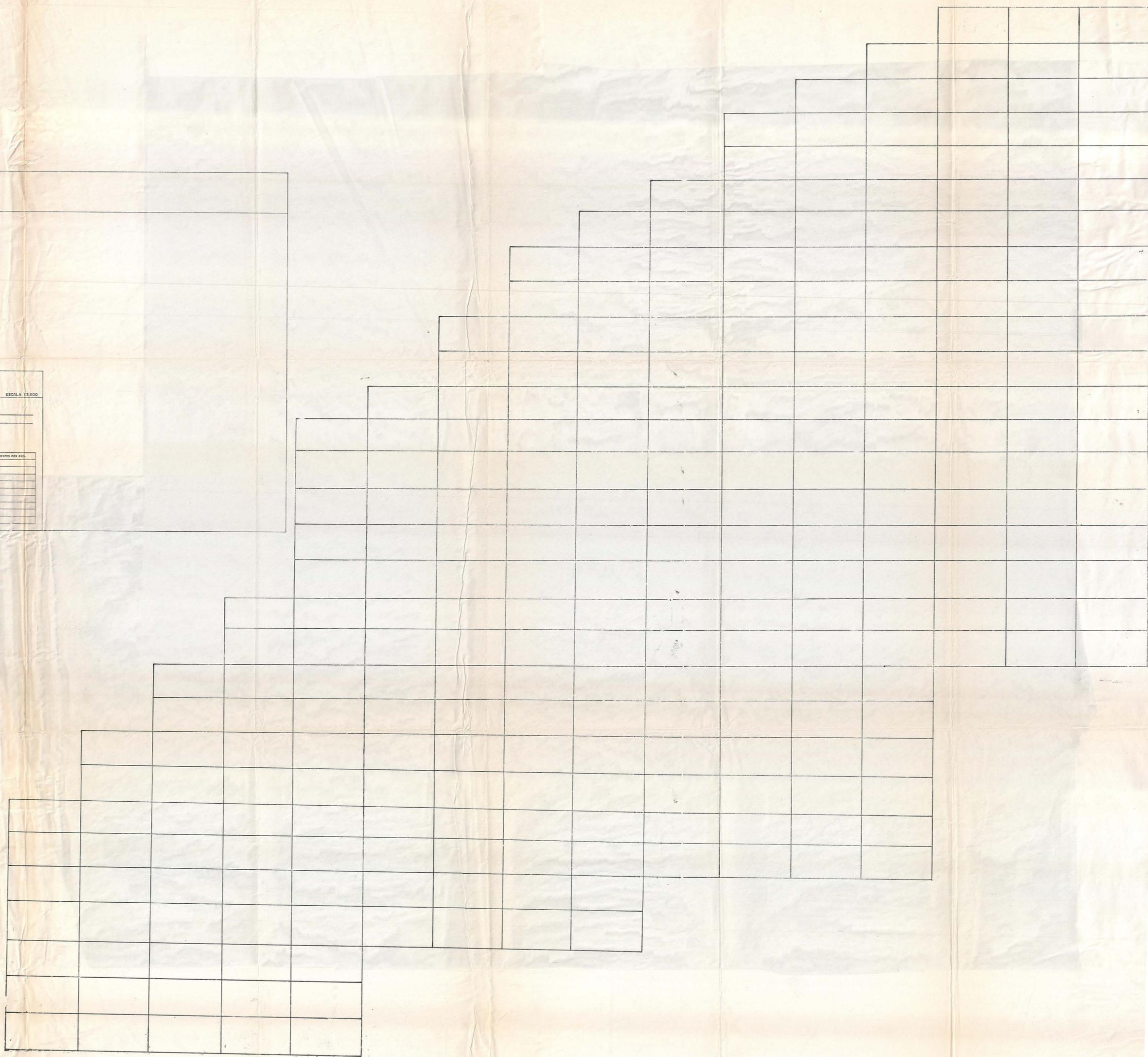


Bloques para cubicación  
5000 m<sup>3</sup> c/u, con indicación  
de límites del Yacimiento.

Tonelaje húmedo total \_\_\_\_\_  
Tonelaje seco total \_\_\_\_\_

Número de bloques cubicables \_\_\_\_\_  
Área total \_\_\_\_\_  
Espesor promedio \_\_\_\_\_  
Peso específico \_\_\_\_\_  
Humedad \_\_\_\_\_  
Tenor promedio \_\_\_\_\_

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS POR ANÁLISIS	
	Niquel	Ni
	Hierro	Fe O <sub>2</sub>
	Cobalto	Co
	Magnesio	MgO
	Boro	Si O <sub>2</sub>
	Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Pérdida al rojo	P.R.



### Zona 2

La zona 2, compuesta de laterita niquelífera, es de color amarillo rojizo e infraece 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 <sup>(2)</sup>.

### Zona 3

La zona 3, serpentinita niquelífera, es la parte comprendida entre la base de la laterita niquelífera (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 niquelífera se presenta en forma de laminaciones y rellenando 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 serpentinitización 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 cateos 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-

<sup>(2)</sup> En este trabajo, el término "laterita niquelífera" 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 niquelífera" y serpentinita del Tipo I, de M. GRATEROL, en este mismo volumen.

sos 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 isópacos 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 solu-

ción a los silicatos de magnesio y hierro anhidros. En esta etapa de alteración, la peridotita retiene aproximadamente su estructura primitiva: lamelas 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 azulosos 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 infrayacente 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 roca 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 pequeñez 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 serpentización 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 niquelífera 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 niquelífera requerirá además condiciones complementarias, tales como:

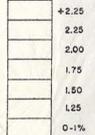
- a. Libre circulación de las soluciones niquelíferas, ya sea en sentido vertical (yacimientos *in situ*) o en un plano más o menos inclinado sobre la horizontal a algunos metros de profundidad (yacimientos de migración).
- b. Existencia de espacios en la zona de la peridotita alterada (poros, cavidades,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



MAPA DE CURVAS ISOGRADAS

ESCALA 1:2,500

% de Ni

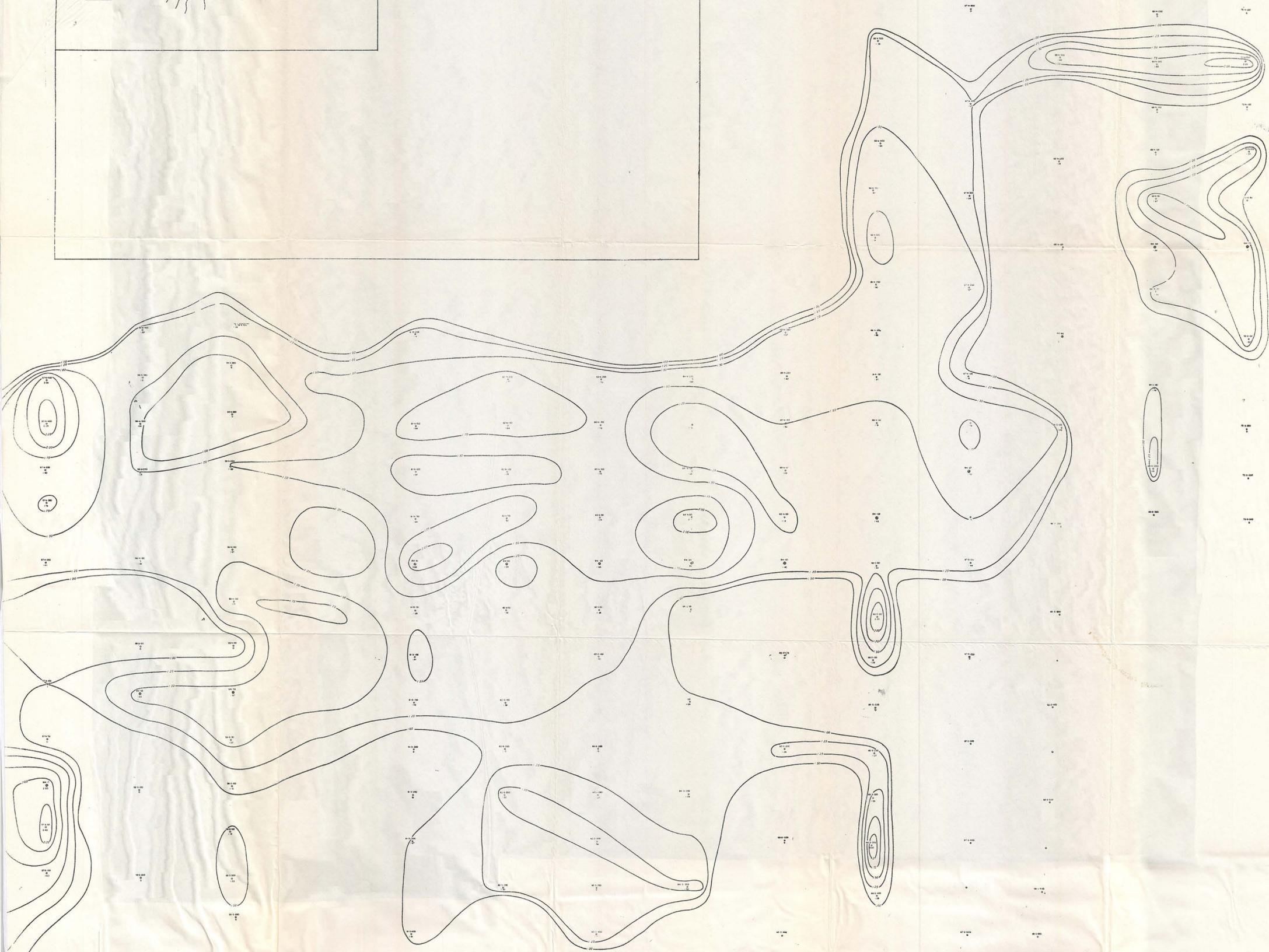


61-N-150  
1.66

Punto de referencio con indicacion del Tenor  
Promedio del Coteo



Curvas isogradas con indicacion del Tenor  
Interpolado en base a puntos de referencio  
exploratorio.



MAPA DE CURVAS ISOPACAS

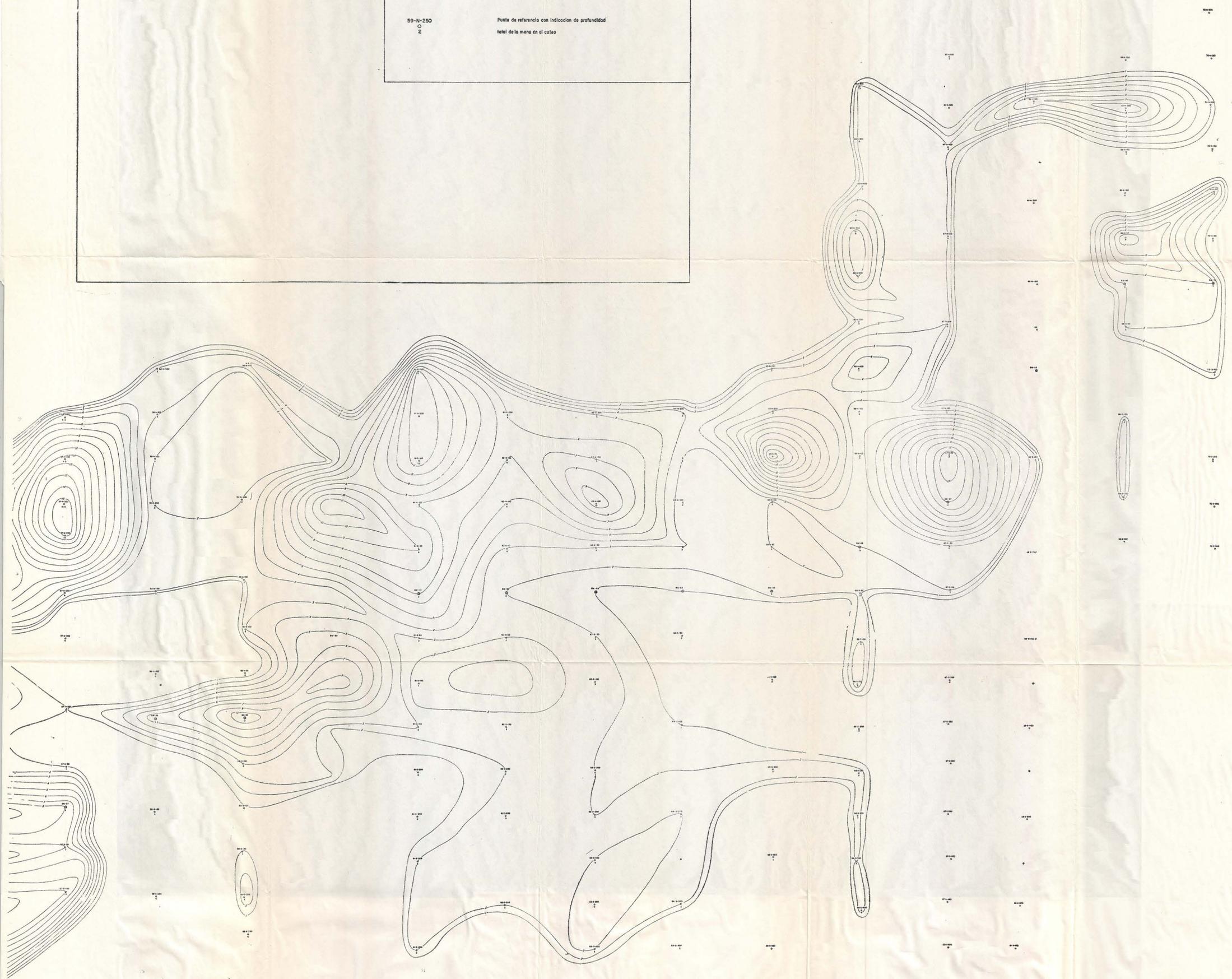
ESCALA 1:2.500



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

59-N-250  
O  
2

Punto de referencia con indicación de profundidad  
total de la mena en el caso





MAPA TOPOGRAFICO

ESCALA 1:2.500

	Curvas de Nivel		Calicata
	Drenaje		Sondeo
	Vias de penetración		Campamento
	BM o Monumentos		Pozo exploratorio
	Puntos de poligonal para levantamiento 1:1.000		



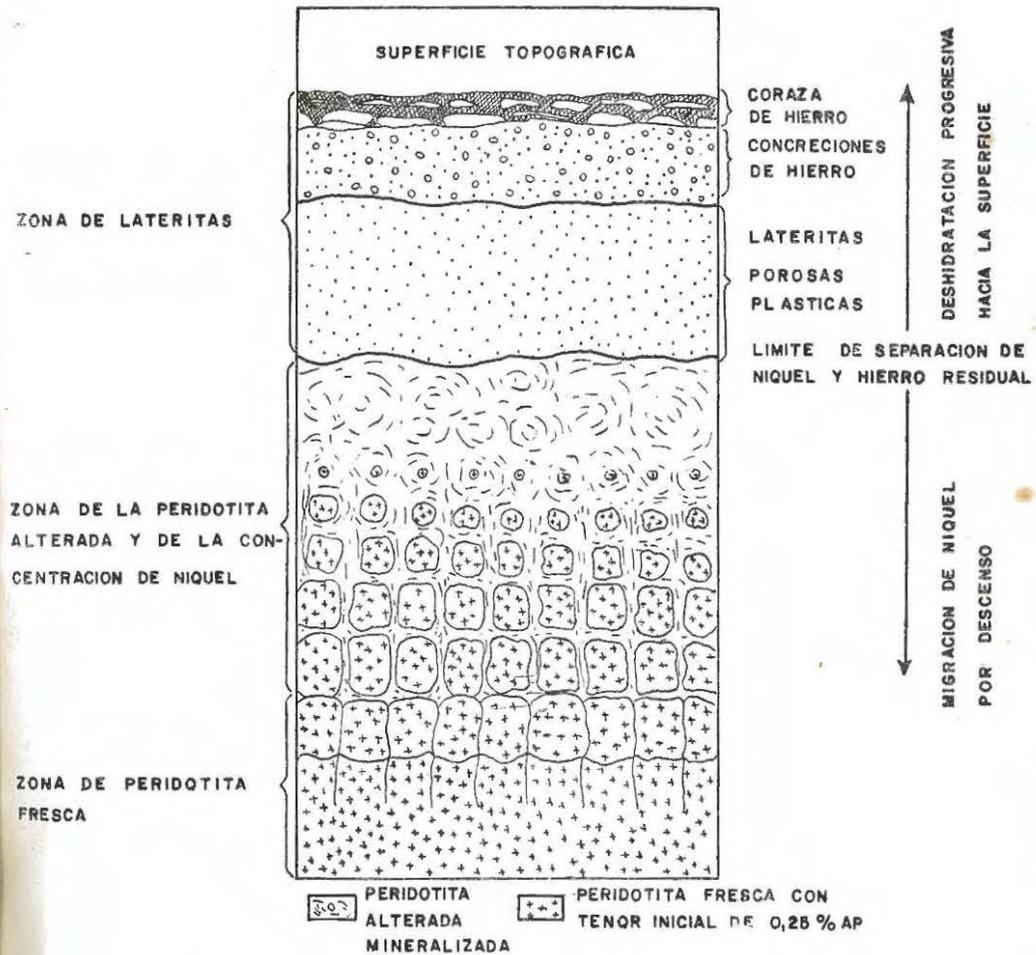


Fig. 2. — Corte esquemático ideal mostrando las zonas principales de un complejo laterítico

- 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<sup>(\*)</sup>; 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 influencian 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 serpentinosas 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 mues-

(\*) 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 desmuestre 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 gasducto 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 explotados actualmente en Nueva Caledonia, Nicaro en Cuba, Riddle (Oregón, U.S.A.), Morro do Níquel 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 físico-químicas del mineral, es el de la reducción eléctrica directa para la obtención de ferroníquel. Desde el punto de vista económico, los siguientes hechos también favorecen esta recomendación:

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 ferro-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 níquelíferas 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 ZONAS	0			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15			PROMEDIO POR CALICATA
	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	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
0S50	PE.	1.41	1.42																																							1.42							
	Hm.	41.2	41.2																																							41.2							
1N50	PE.			1.72	1.35																																					1.54							
	Hm.			26.6	40.0																																				33.3								
2S150	PE.					1.44	1.44																																		1.44								
	Hm.					35.1	35.1																																		35.1								
3N50	PE.							1.41	1.41																																1.41								
	Hm.							36.9	36.9																																36.9								
3S200	PE.							1.62	1.62																																1.62								
	Hm.																																							36.9 *									
4N200	PE.							1.45	1.45																																1.45								
	Hm.							30.6	30.6																																30.6								
5S100	PE.									1.35	1.72																														1.54								
	Hm.									22.4	33.0																														30.6								
6N100	PE.											1.40	1.35																												1.54								
	Hm.											35.2	46.3																												35.2								
7N150	PE.													1.42	1.42																										1.42								
	Hm.													38.2	38.2																									38.2									
7S100	PE.													1.50	1.50																										1.50								
	Hm.													34.5	34.5																									34.5									
8S300	PE.															2.00	1.47	1.40																							1.63								
	Hm.															21.0	47.0	44.0																						37.3									
9N100	PE.																								1.60																1.60								
	Hm.																								22.7															22.7									
10N400	PE.																									1.85	1.88														1.87								
	Hm.																									23.0	1.65														19.7								
10S150	PE.																																							1.90									
	Hm.																																							19.7 *									
8MII	PE.																																								1.54								
	Hm.																																							31.2									
12N300	PE.																																								1.54								
	Hm.																																							41.0									
12S400	PE.																																								1.55								
	Hm.																																							37.9									
13N150	PE.																																								1.36								
	Hm.																																							30.0									
13S50	PE.																																								1.73								
	Hm.																																							33.3									
15S200	PE.																																								1.60								
	Hm.																																							160									
15S350	PE.																																							160									
	Hm.																																							36.2									
PROMEDIO POR ZONAS	PE.	1.41	1.42	1.72	1.35		1.44	1.44	1.51	1.51	1.45	1.45	1.35	1.72	1.40	1.35	1.46	1.46	2.00	1.47	1.40		1.60	1.85	1.89	1.54	1.54	1.55	1.54	1.54	1.54	1.54	1.55	1.54	1.54	1.54	1.55	1.56	1.57	PROMEDIO GENERAL									
	Hm.	41.2	41.2	26.6	40.0				36.9	36.9	30.6	30.6	22.4	33.0	35.2	46.3	36.3	36.3	21.0	47.0	44.0		22.7	23.0	16.5	31.2	31.2	31.0	40.0	40.0	31.7	31.7								39.3									
PROMEDIO POR PERFILES	PE.	1.415		1.535		1.440		1.515		1.450		1.535		1.375		1.460		1.623		1.600		1.870		1.540		1.543		1.545												1.534									
	Hm.	41.2		33.3		* 35.1		36.9		30.6		27.7		40.7		36.3		37.3		22.7		19.7		31.2		37.0		31.7												33.4									

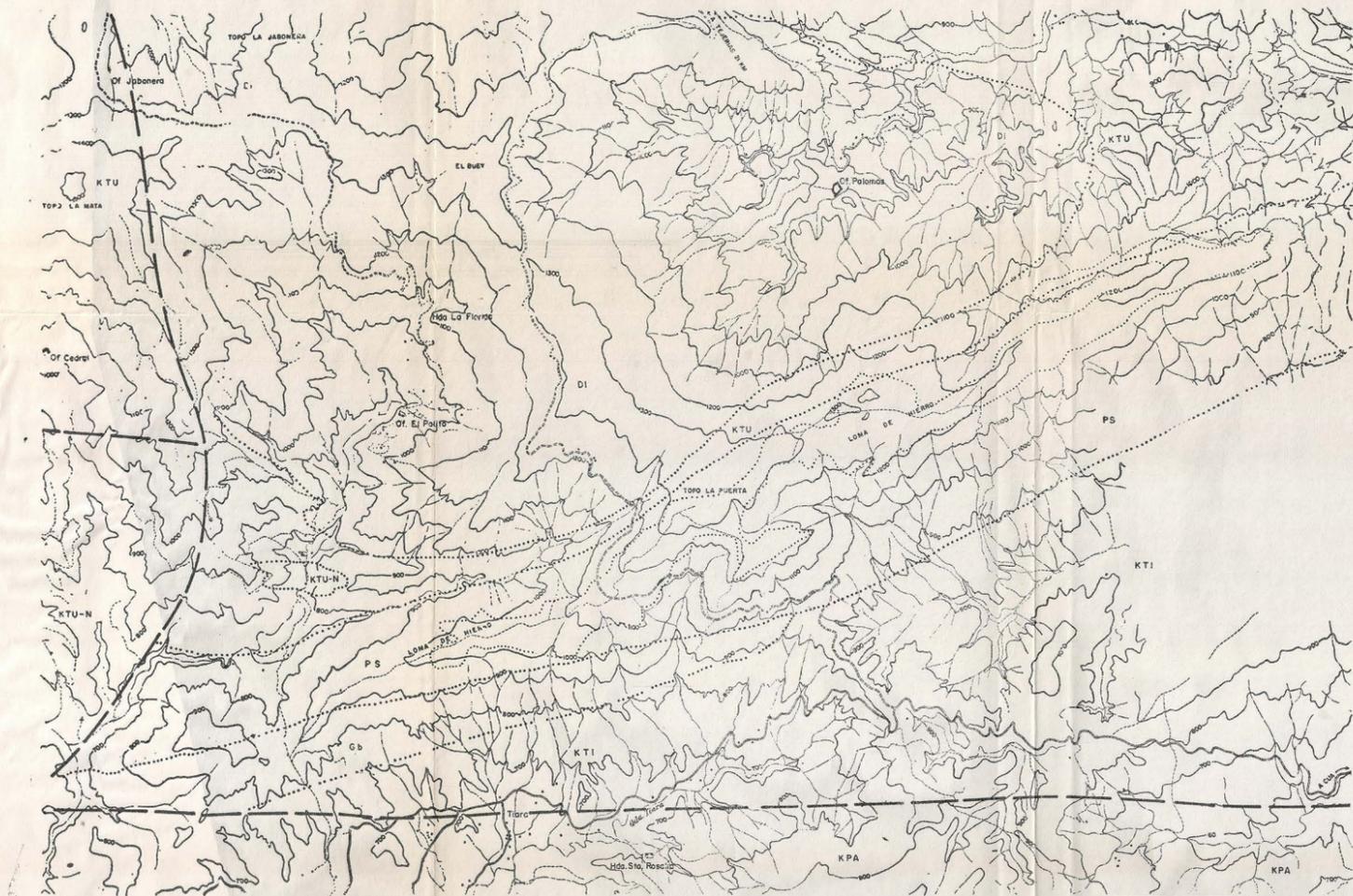






SITUACION RELATIVA-ESCALA 1:1.000.000

Z O N A - A



LEYENDA

- KPA** Formación Paracotos  
Calizas fanáticas grises, conglomerado de guijarros de basalto, lutitas filíticas carbonáceas
- KTI** Rocas Volcánicas de Tiara  
Basaltos apfíticos y rocas volcánicas sedimentarias.
- KTU** Formación Tucutunemo  
Calizas negras de grano fino, conglomerado feldespático de cuarzo, filitas carbonáceas
- KTU-N** Miembro Los Naranjos  
Metabasaltos y metafilitas fanáticas laminadas
- DI** Diorita
- PS** Peridotita serpentizada
- LATERITA**
- Gb** Gabro
- ..... Contacto geológico
- ..... Contacto inferido
- Fallas

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

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.---

CROQUIS GEOLOGICO REGIONAL  
DE LOMA DE HIERRO  
ZONA-A

ESCALA 1: 40.000

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

## LATERITAS NIQUELIFERAS DE LOMA DE HIERRO

### CUADRO

### DE

### TONELAJE SECO DE ELEMENTOS POR AREA

LAMINA V

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA I
1.66	Níquel	Ni	137.068,61
28.89	Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.378.512,54
0.03	Cabalto	Co	2.488,62
19,40	Magnesia	Mgo	1.597.593,16
33.38	Sílica	Si O <sub>2</sub>	2.748.328,23
2.91	Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	240.110,07
2.73	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	225.096,33
0.02	Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.920.480,13
0.559	Cabalto	Co	10.131,40
15.64	Magnesia	Mgo	2.682.588,78
23.29	Sílica	Si O <sub>2</sub>	3.993.067,18
	Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.020	Fosforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.110.699,20
0.052	Cabalto	Co	5.279,98
15.95	Magnesia	Mgo	1.624.053,86
	Sílica	Si O <sub>2</sub>	
	Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.018	Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.838,23
11.75	Pérdida al rojo	PR	1.134.850,75

%	TONELAJE SECO DE ELEMENTOS		AREA IV
	Níquel	Ni	
	Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Cabalto	Co	
	Magnesia	Mgo	
	Sílica	Si O <sub>2</sub>	
	Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	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

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		
S	Sec																							
	Num	1264	1236	1289	1237	1265	1266	D1850	D1851	D1852														
	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														
		Metros 11.3																						
S	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												
		Metros 14.5																						
S	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																
		Metros 8.0																						
S	Sec																							
	Num	1194	1124	1195	1125	1173	1126	1127	1174	1210	1211	D1854	D1854											
	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											
		Metros 16.4																						
S	Sec																							
	Num	1053	1063	1072	1054	1055	1056	1103	1057	1058	1178													
	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													
		Metros 16.4																						
S	Sec																							
	Num	1062	1245	1109	1088	1068	1069	1089	1170															
	Fe	36.1	36.1	19.5	13.4	11.2	14.4	27.4	51.4															
	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															
		Metros 16.4																						

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 Nº 23-n-350  
 ANALISIS QUIMICOS  
 EN PAGINA Nº \_\_\_\_\_

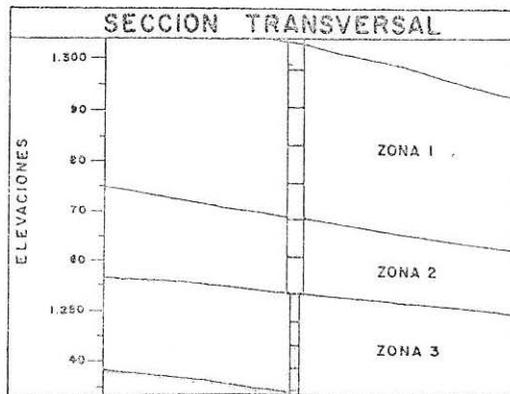
TIPO DE ZONA	INTERVALOS		ESPESOR M.	AREA M <sup>2</sup>	VOLUMEN M <sup>3</sup>	FACT. TON/M <sup>3</sup>	MATERIAL IN TON	HUMEDAD %	HUMEDAD TON	MINERAL SECO TON	PORCENTAJE SEGUN ANALISIS											
	DE	A.									Fe	Ni	Co	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	PR		
1	0	7	7	5.000	35.000	1,799	62.965	30	18.889	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	38.318	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	1.365,85
Hierro	Fe	28.253,56
Cobalto	Co	53,64
Magnesio	MgO	14.642,06
Silicio	SiO <sub>2</sub>	13.322,09
Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.962,26
Cromo	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.762,77
Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17,58
Azufre	S.T.	-

# LATERITAS NIQUELIFERAS DE LOMA DE HIERRO

## CUADRO DE CUBICACION

### LAMINA IV

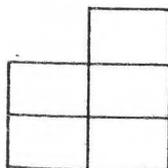
### POR BLOQUES

AREA I	
Número de Bloques Cubicables	235
Area Total	1.175.000m <sup>2</sup>
Espesor Promedio	6.75 mts.
Peso Específico	1.534 T/m <sup>3</sup>
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 <sup>2</sup>
Espesor Promedio	10.14 mts.
Peso Específico	1.799 T/m <sup>3</sup>
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 <sup>2</sup>
Espesor Promedio	7.33 mts.
Peso Específico	1.72 T/m <sup>3</sup>
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 <sup>2</sup> *
Espesor Promedio	3.75 mts. *
Peso Específico	1.720 T/m <sup>3</sup> *
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.