0249

U N I V E R S I D A D N A C I O N A L A U T O N O M A D E
M E X I C O

F A C U L T A D D E I N G E N I E R I A

YACIMIENTO DE URANIO, " EL NOPAL ", SIERRA DE PEÑA BLANCA, MUNICIPIO DE ALDAMA, ESTADO DE CHIHUAHUA

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O G E O L O G O
PRESENTA

RAFAEL MADRIGAL RUBIO

MEXICO, D.F. 1973

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

YACIMIENTO DE URANIO EL NOPAL, SIERRA DE PEÑA BLANCA, MUNICIPIO DE ALDAMA, ESTADO DE CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

Rafael Madrigal Rubio

MÉXICO, D. F. 1973

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

El autor desea hacer patente su agradecimiento a las autoridades del Instituto Nacional de Energía Nuclear, y en especial al Sr. Dr. en Física Fernando Alba Andrade, Director General; al Sr. Ing. y M. en C. Sergio Constantino Herrera E., Jefe del Programa de Exploración y Explotación; al Sr. Ing. Jesús Ruíz Elizondo, Auxiliar Técnico del Programa de Exploración y Explotación, por haberme permitido presentar este trabajo como Tesis, y las facilidades que me concedieron para desarrollarlo, así mismo por permitir la publicación de los datos geológicos, aquí presentes.

Así mismo, patentizo mi infinito agradecimiento a los Srs. Ings. Manuel Alvarez Jr. y Jesús Ruiz Elizondo, por la revisión de éste trabajo; y al Ing. Germán Arriaga García, por haberlo dirigido.

A los Ings. Roberto Iza Domínguez y Rafael Chávez Aguirre, por su asistencia, cooperación, observaciones y críticas al manuscrito.

Al personal de oficina y campo del Programa de Exploración y Explotación del INEN en Chihuahua.

Gracias especiales expreso a todas aquellas personas que en una forma o en otra me ayudaron en la realización de ésta tesis.

A la memoria de mis queridos padres

Sr. José Luis Madrigal Peregrina.

Sra. Julia Rubio de Madrigal.

A LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA No. 1
(SAN ILDEFONSO).

A LA FACULTAD DE INGENIERIA (UNAM)

A MIS MAESTROS.

A MIS COMPAÑEROS.

A MIS AMIGOS.

A MIS FAMILIARES CON AFECTO.

IN MEMORIAM:

MARIO LEDESMA FLORES ---------- EUSTAQUIO JIMENEZ GARCIA.

(I. P. N.) (U.N.A.M.)

IN MEMORIAM
ING. ALFREDO SOTOMAYOR C.
Ex. profesor de petrografía
(F. I. UNAM).

AL HONORABLE JURADO

VERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm. 40-94
Exp. Núm. 40/214.2/

Al Pasante señor Rafael MADRIGAL RUBIO,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es - grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Germán - Arriaga G., para que lo desarrolle como tesis en su Exa- - men Profesional de Ingeniero GEOLOGO.

"YACIMIENTO DE URANIO, EN CHAL. SIERRA DE PEÑA BLANCA, - MPIO. DE ALDAMA, EDO. DE CHIHUAHUA".

I. Generalidades.
II. Geografía.
III. Geología regional.
IV. Geología del área.
V. Geología del yacimiento
VI. Conclusiones y recomendaciones
VII. Bibliografía y referencias
VIII. Ilustraciones.

Ruego a usted tomar debida nota de que en - cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 17 de Agosto de 1973.
EL DIRECTOR

Dr. Juan Casillas G. de L.

JUGL'ND' 'mrg.

C O N T E N I D O

	Pág.
I.- GENERALIDADES	
1.1 Objetivos	10
1.2 Estudios previos	11
1.3 Método de trabajo	11
a).-Trabajo de campo	13
b).-Levantamiento geológico - superficial del área anómala radiométricamente	13
c).-Levantamiento geológico del subsuelo	13
d).-Toma de muestras	14
e).-Trabajo de gabinete	14
II.- GEOGRAFIA	
2.1 Localización	16
2.2 Vias de acceso	16
2.3 Fisiografía	17
a).-Geomorfología	17
b).-Hidrografía	19
c).-Clima y vegetación	21
d).-Economía y cultura	21
III.- GEOLOGIA REGIONAL	
3.1 Generalidades	25
3.2 Paleozoico	25
3.3 Mesozoico	26
3.4 Cenozoico	26
3.5 Geología estructural	27
3.6 Geología histórica	28
IV.- GEOLOGIA DEL AREA	
4.1 Introducción	32
4.2 Estratigrafía	33
4.3 Geología estructural	45
4.4 Geología histórica	46

V.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO
5.1 Antecedentes..... 53
5.2 Geología del yacimiento..... 54
a).- Ocurrencia del depósito uranífero..... 54
b).- Métodos geofísicos..... 55
c).- Forma y dimensiones del cuerpo mineralizado uranífero..... 62
d).- Control estructural de la mineralización..... 63
e).- Mineralogía..... 65
f).- Petrología y petrografía..... 67
g).- Hipótesis genética del yacimiento uranífero "El Nopal"..... 68
h).- Método de muestreo..... 71
i).- Ley del depósito uranífero..... 72

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6.1 Conclusiones..... 79
6.2 Recomendaciones..... 80

VII.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA Y REFERENCIAS
7.1 Bibliografía..... 84
7.2 Referencias..... 86

VIII.- ILUSTRACIONES
FIGS.
Fotografía No.1 Localización, Cap.II..... 88
Fotografía No.2 Estratigrafía del área, cap.IV. 88
Fotografía No.3 Geología del yacimiento,cap.V.. 88
PLANOS
1.- Localización.....parte posterior
2.- Geología superficial del área anómala radiométricamente..parte posterior
3.- Geológico superficial y sección estructural.....parte posterior
4.- Columna Estratigráfica.....parte posterior
5.- Bloque Diagramátrico.....parte posterior
6.- Plano geológico, nivel 0.....parte posterior

7.- Plano geológico, nivel -20.....parte posterior
8.- Plano geológico, nivel -40.....parte posterior
9.- Plano geológico, nivel -70.....parte posterior
10.- Plano geológico, nivel -100.....parte posterior
11.- Sección geológica longitudinal
con rumbo NE 51°20' SW .....parte posterior

I.- GENERALIDADES

I.- G e n e r a l i d a d e s

1.1 Objetivos.

El Instituto Nacional de Energía Nuclear, a través del Programa de Exploración y Explotación, realizó de Marzo de 1969 a Abril de 1971, trabajos de exploración aero-radiométrica, de reconocimiento de geología superficial, y trabajos de exploración - geológico - mineros, en el yacimiento uranífero "El Nopal, localizado hacia la porción septentrional de la Sierra de Peña Blanca, en el Municipio de Aldama, Estado de Chihuahua. La finalidad de las anteriores actividades fué de desarrollar y valorizar este importante yacimiento de mineral de uranio, como fuente de materia prima radiactiva.

El presente trabajo tiene el objetivo de describir la geografía, geología regional, geología del área y la geología del yacimiento.

1.2 E s t u d i o s p r e v i o s.

Prácticamente los estudios de geología superficial, que se han realizado en la región donde se ubica este yacimiento de uranio, son los de carácter geológico-radiométricos realizados por el I.N.E.N.

Ramírez J. C. y F. Acevedo (1957), "Notas sobre la geología de Chihuahua", (Pags. 503-718), describen algunas unidades que afloran en la Sierra del Cuervo Peña Blanca, mismas que las unican en un plano geológico del Estado de Chihuahua, a escala de 1:1000 000 (1956).

Así es que la información geológica se reduce a lo anterior en esta área; en áreas próximas a este yacimiento uranífero es probable que se hayan ejecutado estudios de tipo geológico, ya que el Estado de Chihuahua, es importante en minerales metálicos básicos, sin embargo, dicha información en su mayoría es de carácter privado.

1.3 M é t o d o d e t r a b a j o.

La localización previa de la anomalía radiométrica denominada "EL Nopal"%trajo como consecuencia la iniciación de trabajos geológico exploratorios, mismos que cubre un período de trabajo de 26 meses, de Marzo de 1969 hasta Abril de 1971.

Primeramente se ejecutaron en la superficie excavaciones para preparar bases exploradoras de perforación, para dar barrenos verti-

cales, en una cuadrícula 15 metros x 15 metros (barrenos de diamante con recuperación de núcleos, y barrenos con recuperación de polvos).

El área elegida fué la que presentó, máximos radiométricos (entre 1.0 MR/H a más de 5.0 MR/H, y que correspondió a una zona de brechamiento y muy mineralizada por secundarios de uranio.)

Dicha área prospectada con perforaciones y a las profundidades antes indicadas quedó inscrita en un rectángulo de 240 metros x 230 metros (=5,520 m^2).

El equipo de perforación que se usó para una exploración rápida y de resultados cuantitativos de las muestras obtenidas fué de tipo de acción neumática (rotatorio y percusión), dicho equipo combina las características de giro y percusión por medio de la acción neumática a presión, (aire a presión) de un martillo neumático, este equipo de perforación, tuvo buenos resultados para el tipo de roca (derrames y piroclásticos), que se presentan en el yacimiento de uranio, objeto de éste trabajo.

Los resultados del sondeo con recuperación de polvos fué muy positivo; planeándose seguidamente un socavón y cruceros en el nivel cero, y asimismo un tiro general del nivel 0 hasta el nivel -70. A partir de este mismo tiro de exploración, se cortó al cuerpo mineralizado uranífero. (Planos 6, 7, 8, 9, 10.). El tiro general se desarrolló fuera del cuerpo mineralizado (radioactivo), y a partir de el, se abrieron obras de exploración, como frentes y cru

ceros para delimitarlo; el problema de ventilación, se resolvió con un tiro que se abrió desde la superficie hasta el nivel -70 y el cual tuvo también carácter exploratorio.

a).- Trabajo de campo

Las actividades de campo consistieron de los siguientes aspectos :

b).- Levantamiento geológico superficial del área anómala radiométricamente (Plano 2) . Se hizo éste levantamiento siguiendo una poligonal irregular de apoyo (Poligonal envolvente), misma que sirvió para ir tomando datos geológicos, como cambios litológicos, rumbo y echado de las fracturas, zonas de intenso fracturamiento con presencia de mineral uranífero; para el levantamiento radiométrico se usó un cintilómetro profesional.

c).- Levantamiento geológico de subsuelo.

En el interior de los niveles que se abrieron en la mina " El Nopal", se levantaron los rasgos geológicos que se presentan en los diferentes niveles, tanto en la roca estéril (radiométricamente), como en el cuerpo brechoide mineralizado, el levantamiento geológico, consistió en general en obtener en un plano, los rumbos y echados del sistema de fracturas mineralizadas, definir los contactos entre el cuerpo mineralizado uranífero y la roca encajonante estéril. Este trabajo se realizó en cada nivel y medida que se progresaba a profundidad en la exploración del cuerpo mineralizado uranífero, de este modo se elaboraron planos geológicos de cada nivel (cinco en total).

Estos planos geológicos se utilizaron para trabajos de sondeo geológico, muestreo, y servirán en su posterior explotación.
(Planos 6, 7, 8, 9, 10).

d).- Toma de muestras.

La toma de muestras en las obras de exploración, de la mina " El Nopal" en sus diferentes niveles, ha tenido varios objetivos.

Durante el avance de las obras de exploración, se tomaron "Muestras de Mano", seleccionadas de ambos miembros, tobáceo y lávico de la Formación Nopal, para estudios de mineralogía, petrografía, y paragenésis, y también para conocer la ley del mineral de uranio - (% de U_3O_8). Se efectuó la toma de "muestra de canal", igualmente en todas las obras de exploración que se abrieron para conocer de un modo cuantitativo la ley promedio de U_3O_8 de cada nivel, y así efectuar posteriormente estimaciones sobre ley promedio y tonelajes.
Los métodos de muestreo se presentan con mayor amplitud en el capítulo 5.

e).- Trabajo de gabinete.

Consistió en la interpretación de los datos geológicos levantados en las obras de exploración, de cada nivel de la mina "El Nopal", así como de los rasgos geológicos y estructurales tanto de superficie como de subsuelo, y la elaboración de planos, diagramas y secciones que se intercalan en este manuscrito.

II.- G E O G R A F I A.

2.1 Localización (fotografía No. 1)

El yacimiento uranífero de " El Nopal " se localiza dentro del extremo oriental de la Sierra de Peña Blanca y dentro del Municipio de Aldama en el Estado de Chihuahua; (plano No. 1, y fotografía No. 1), sus coordenadas geográficas aproximadas son:

29°04' de latitud Norte.

106°03' de longitud Oeste.

2.2 Vías de acceso. (Plano No. 1).

La comunicación con éste yacimiento, perteneciente a una provincia uranífera muy importante, es a partir de la Ciudad de Chihuahua en dos rutas.

a) Por la carretera Panamericana, (No. 45, tramo SE.) y siguiendo hasta el cruce con el tramo municipal que une a la Cd. de Chihuahua, con el poblado de Villa Aldama (unos 32 Kms. aproximadamente), y de éste lugar se sigue por un camino de brecha (46 Kms) hasta el yacimiento de " El Nopal " .

b) La otra ruta, es siguiendo la misma carretera panamericana (No. 45), en dirección a Cd. Juárez, (hacia el N.W.) y hasta llegar al poblado de " El Sauz" (56 Kms), y desde este lugar, por medio de caminos de brechas, se cruza la Sierra Peña Blanca, en su sentido transversal de W a E (unos 20 Kms), hasta llegar al campamento " El Nopal" del I.N.E.N.

2.3 Fisiografía

a) Geomorfología.

La Sierra de Peña Blanca, donde se localiza la mina "El Nopal", consiste morfológicamente de rasgos variados a causa de que las rocas aflorantes son diferentes en origen, y con grados de erosión diferentes.

Hacia su extremidad suroeste afloran rocas sedimentarias marinas paleozoicas, (asignadas al Carbonífero-Pérmico); estas rocas han sido muy desgastadas a causa de la erosión, presentando una topografía de poca elevación, en forma de suaves lomeríos y con una red de desague dendrítica-densa. En su parte central afloran potentes secciones de rocas sedimentarias marinas mesozoicas (calizas); estas rocas presentan actualmente una étapa de erosión, que corresponde a la de madurez; la topografía es de cerros pronunciados, donde se han desarrollado profundos cantiles, cañadas cortas y largas, gargantas y amplios cañones que permiten el acceso hacia el interior de la Sierra.

Su porción norte o septentrional consiste de rocas sedimentarias y de rocas ígneas extrusivas presentando ambos tipos de rocas grados de erosión diferentes, asi se tienen para las rocas ígneas efusivas una morfología de mesas inclinadas (cuestas), y buzando hacia el oeste, y con sus bordes acantilados hacia el oriente.

Las rocas ígneas extrusivas consisten de varios tipos, que se presentan en una sucesión de productos piroclásticos y derrames de naturaleza ácida, estas rocas ígneas se emplazaron en los valles y pequeñas cuencas que se habían desarrollado previamente en las for-

maciones del cretácico inferior y superior dentro de la parte norte de la Sierra de Peña Blanca. Las rocas sedimentarias de esta porción norte, acusan un mayor grado de erosión, y sus rasgos geomórficos son similares a los rasgos que presentan las secciones sedimentarias cretácicas, tanto de la parte central, como las que ubican hacia su extremo suroeste.

La Sierra de Peña Blanca, se sitúa hacia la región centro oriental en el Estado de Chihuahua, y se extiende entre los municipios de Aldama y Chihuahua. Se inicia a unos 3.0 Kms. al W. del poblado de Villa Aldama, mismo que es cabecera del municipio de Aldama.
De la ciudad de Chihuahua,, se sitúa a unos 20.0 Kms. hacia el N-Ne en línea recta.

La Sierra de Peña Blanca pertenece a la "Provincia Fisiográfica de Sierras y Valles" (Erwin Raisz, 1959), provincia que pertenece a la Mesa Central del Norte, (E. Ordoñez 1936).

La Provincia fisiográfica de la Mesa Central del Norte, corresponde a una gran superficie semi-desértica, en la cual se presentan unidades montañosas dispuestas paralelamente y separadas por amplios y alargados valles, cuyas orientaciones son en general de N-NW y S-SE. Garfias, (1949), al respecto da una descripción semejante y apunta ..."que dicha provincia fisiográfica se asemeja a montañas que se levantan abruptamente del piso de los amplios valles, dando la impresión de islas que emergen del mar" ...

El valle de Aldama, que es un rasgo geográfico que se localiza muy próximo al área de estudio, presenta una orientación generalizada de N-NW y S-SE; es un amplio y alargado valle, con un ancho promedio de unos 23.0 Kms. y longitud aproximada de 80.0 Kms. Este valle separa a las Sierras de Gómez-Torreño y Cuervo-Peña Blanca, unidades orográficas en donde se han descubierto grupos de anomalías radiométricas importantes.

El valle de Aldama corresponde probablemente a una cuenca estructural, que ha sido rellenada por materiales, como arcillas, arenas, y gravas; productos de erosión, que emigraron hacia zonas de sedimentación, (zonas topográficamente bajas). Durante la época de lluvias, que son de tipo torrencial y de corta duración, se forman lagunas aisladas, sin comunicación entre si, siendo un tanto difícil el tránsito de vehículos.

b).- Hidrografía

La precipitación, en el área, por mediciones pluviométricas, dá un promedio de 350 mm.

El clima de tipo semi-desertico, con aisladas precipitaciones que tienen lugar en un año, (entre 60 a 63 días lluviosos), siendo agosto y septiembre los meses más lluviosos. Estas restricciones son condiciones desfavorables para que se desarrollen escurrimientos superficiales de importancia, desarrollándose solo una red hidrográfica de tipo intermitente con caudales mínimos, en la temporada lluviosa. En el área, la dirección del desague es hacía el

valle de Aldama, y el modelo hidrográfico corresponde al de tipo dendrítico arborizado insecuente.

Los escurrimientos de importancia, dentro de la porción central del estado de Chihuahua son los del río Conchos y los del Chuvíscar.

El río Chuvíscar, se situa al SE del área de estudios (unos 35 Kms), pasando en su trayectoria por el poblado de Aldama. Pertenece a la cuenca del Conchos, y durante el mes de agosto, donde se registran las mayores precipitaciones, presenta una velocidad de corriente media igual a 0.855 M./seg. con gastos máximos promedio igual a 21.646 m^3/seg. Las lecturas mínima y media de escurrimiento y gasto son respectivamente 0.027 m/seg, y 0.018m^3/seg.

La corriente del río Conchos más próxima al área de estudios se localiza en el poblado de Babisas, Chih. (a unos 55 Kms al SE de Aldama, Chih), lugar donde el río Chuvíscar se convierte en afluente del río Conchos.

El río Conchos pertenece a la cuenca del río Bravo, convirtiéndose en las cercanías de Ojinaga, Chih., en afluente de éste, la corriente del Conchos, durante el mes más lluvioso del año (agosto), ha arrojado los siguientes datos:

Velocidad promedio igual a 0.123 m/seg

Gasto promedio igual a 0.290 m^3/seg

En el área de estudios, las corrientes superficiales son escasas, a causa de tener que vencer la dureza de las rocas ígneas

(lávicas y piroclásticas), y debido en primer término a las esporádicas lluvias que se presentan en esta porción central del estado de Chihuahua.

c)- Clima y vegetación

Clima.

El clima que caracteriza a la porción geográfica donde se ubica, el yacimiento de uranio "El Nopal", es de tipo semi-desértico. La precipitación media anual es de 350 mm. y se presenta en el verano de julio a septiembre, y siendo tipo aislado y torrencial.

En el verano la temperatura máxima extrema es de 39°C. (julio-septiembre).

En invierno la temperatura mínima llega a -8.4°C (diciembre-febrero), es común el hecho de congelamiento del agua, y que provoca problemas en los ductos y tubería de conducción, de éste fluido. Nevadas ocasionales se presentan en invierno en esta área del yacimiento de uranio " El Nopal".

Vegetación.

Como consecuencia del clima semi-desértico imperante en ésta región centro oriental del estado de Chihuahua, la vegetación se presenta raquítica y de escasa elevación, (arbustos). Asi se tienen las siguientes plantas, que están ampliamente distribuidas, en los lugares de alta y baja topografía, (cerros y valles):

Sacacon Alcalino, Mezquite, Lechuguilla, Gobernadora, Ocotillo, Nopales, Bisnagas, Pellote.

d)- Economía y cultura.

La extensión del municipio de Aldama, cubre una área aproximada de 9,836 Km^2, con 14,367 habitantes en su mayoría de raza blanca y mestiza y algunos restos de la tribu tarahumara.

Su territorio se haya ubicado dentro de la porción centro-oriental del estado de Chihuahua. La economía básica de este municipio está representada por:
Ganaderia; que es uno de los pilares de la economía de éste municipio, mismo que cuenta con buenos pastizales (en los valles), las variedades del ganado comprenden principalmente caprino, bovino, porcino, equino, asnal, mular.

La agricultura a pesar de las pocas condiciones favorables, por el clima de tipo semi-desértico; es significativa y se cultiva: maíz, trigo, sorgo, algodón-pluma, papa, frijol, alfalfa, frutales como : manzana, membrillo, nuez.

Actividades mineras.

En éste municipio no se conocen actividades mineras importantes, sólo de manera incipiente se explota yeso; las actividades mineras en ésta región mas importantes a la fecha las constituyen los trabajos de exploración de uranio que lleva a cabo el I.N.E.N.

Industria.

Las actividades de tipo industrial y de transformación son muy escasas en este municipio, existiendo a la fecha las siguientes:
Una planta para concentrados de uranio (INEN).

Una planta despepitadora de algodón.

Un molino de harina de trigo

Una planta beneficiadora de la lechuguilla y de cera candelilla.

Electrificación:

El municipio de Aldama, se halla totalmente electrificado, e incorporado a las vías generales de comunicación con el resto del país, a la red de teléfonos estatal y federal; asimismo también a la de radio y televisión nacionales.

Educación:

El municipio de Aldama cuenta en el renglón de educación con un jardín de niños, 19 escuelas primarias, 3 de segunda enseñanza y una de estudios preparatorios.

Salud pública:

Cuenta con un centro, en Villa Aldama.

III.- GEOLOGIA REGIONAL

III.- GEOLOGIA REGIONAL

3.1 Generalidades

En la región donde se localiza el yacimiento uranífero " El Nopal", afloran rocas paleozoicas, mezozoicas y cenozoicas.
Los trabajos de geología superficial, así como la literatura al respecto, es conocida por los estudios que ha venido realizando Gecca, S.A. con carácter geológico-radiométrico para el I.N.E.N.
Dichos estudios se han extendido en áreas vecinas a la de este importante yacimiento, (sierra del Cuervo-Peña Blanca, sierra Grande y Chica de Gómez, sierra del Torreño, sierrita de los Escobedo, sierra de las Damas, sierra del Morrion, sierra de la Gloria, que son las unidades orogénicas próximas al área del presente trabajo, desde un marco regional. Prácticamente puede decirse que el conocimiento geológico de esta área regional, es por los trabajos y literatura antes citada.

3.2 Paleozoico

El paleozoico está representado por metasedimentos que corresponden a rocas calizas, areniscas y lutitas que se han referido al carbonífero-pérmico, en la (sierra del Cuervo), en ésta sierra se situan estos afloramientos paleozoicos, hacia su extremidad sur-occidental y en el flanco oriental.

La sección paleozoica presenta una topografía de suaves lomerios y que intemperizan con un color café-ocre; sus estratos se hallan fuertemente plegados muy deformados y en diversos lugares se observan estratos recostados e intrusionados por diques básicos y ácidos también metamorfizados. Las rocas paleozoicas en la sierra del Cuervo tienen unos 50.0 Kms^2 de afloramiento.

3.3 Mesozoico :

Las rocas mesozoicas de esta región y que constituyen los cuerpos principales de las sierras anteriormente mencionadas han sido referidos al cretácico inferior y superior. En la sierra del Cuervo-Peña Blanca el Mesozoico aflora con unos 200.0 Km^2 aproximadamente de rocas del Cretácico inferior y superior. Los cerros que corresponden a las rocas del Mesozoico son elevados, de pendientes abruptas, y con desarrollo de cañadas cortas y largas, y profundas gargantas.

La geomorfología y la topografía de las rocas mesozoicas es muy distintiva con relación a las mismas características que presentan las demás unidades de rocas de otros períodos geológicos, que afloran dentro de este marco regional.

3.4 Cenozoico.

Terciario.

Regionalmente el Terciario está representado por rocas ígneas extrusivas (volcánicas ácidas) y piroclásticas, e intrusivas de igual naturaleza. Estas rocas ígneas estan ampliamente distribuidas en la región, y se encuentran sobreyaciendo directamente sobre las rocas mesozoicas, (calizas del Cretácico Inferior y Superior), en secuencias de productos piroclásticos, y derrames de tipo riolitico de edad (Oligoceno - Plioceno ?), rocas clásticas continentales que graduan de conglomerados a depósitos de arenas y arcillas, estan igualmente presentes.

Los conglomerados son generalmente de tipo mixto, constituidos por fragmentos angulosos de rocas sedimentarias y volcánicas ácidas. Estas rocas clásticas continentales poseen una distribución muy local,

(Valles de Aldama y Dolores).

Cuaternario.

Los depósitos del cuaternario consisten de materiales de aluvión y están representados por gravas, arenas y suelos. También se tienen materiales de talud depositados por gravedad al pie de laderas y acantilados; son fragmentos angulosos que varian desde 3.0 m a menos de 5 cms. Los depósitos del cuaternario, consisten de fragmentos de rocas del Paleozoico, Mesozoico y Terciairo clástico y volcánico, según el sector predominante de rocas generadoras.

3,5.-Geología estructural

La región que corresponde a la provincia fisiográfica de "Sierras y Valles" paralelos ha presenciado la actuación de procesos geológicos de tres eras: la paleozoica, mesozoica, y la actual cenozoica.
Del paleozoico, como ya se apuntó anteriormente se manifiestan las evidencias de tectonismo hacia la porción sur occidental, donde los metasedimentos se hallan muy movidos y plegados por efecto de la Revolución Apalachana de fines del Paleozoico. Los plegamientos de las rocas del Mesozoico en ésta región no presentan una gran intensidad, en general forman estructuras anticlinales y sinclinales, casi simétricas echados suaves entre 5°- 10°y con sus ejes estructurales orientados de Nw a Se (regionalmente).
Hacia el norte, y muy próxima al área de estudio se tienen plegamientos recumbentes del Cretácico Superior, pero en general este tipo de estructuras no son comunes dentro de la región.

Del Cenozoico no se tienen grandes deformaciones sino solo fallas

y fracturas en las rocas volcánicas y piroclásticas.

El amplio valle de Aldama que se encuentra dentro de esta región, se ha supuesto corresponda a una cuenca estructural rellenada por materiales de aluviones, (gravas, arenas y arcillas), quizá la cuenca se formó por fallamientos normales (fosas?) sin embargo, no hay aún evidencias de subsuelo al respecto.

3.6 Geología histórica

En la región del área de estudios, se pueden distinguir claramente los procesos geológicos que se han verificado en diversas épocas, mediante los estudios geológico-radiométricos y el mapeo de las unidades, de ésta área de estudios por (Geoca, S. A.) para el INEM. y por los trabajos de desarrollo geológico-minero por este organismo federal, se está en condiciones de presentar un bosquejo generalizado, sobre la historia geológica de la zona de estudios.

Paleozoico.

Hacia el sur del área, se encuentran afloramientos de rocas paleozoicas que se han asignado de Carbonífero-Pérmico; y que representan unos 50.0 Km^2 aproximadamente; consiste litológicamente , de calizas, areniscas y lutitas muy plegadas, con grado de metamorfismo avanzado.

Se manifiestan evidencias de actividad ígnea por numerosos intrusivos de tipo ácido? que cortan a la sección de metasedimentos fuertemente plegada. La sección paleozoica se presenta en suaves lomeríos que intemperizan con un color pardo-ocre.

La orogenia que produjo las movimientos de éstas rocas es la Apalachana, cuyas ramificaciones se prolongaron a esta región del foco de mayor intensidad del oriente de los E.U. Durante la mayor parte del Mesozoico fué esta zona de rocas paleozoicas tierras positivas, ya que las superyacen solamente secciones de rocas del Cretácico inferior; por último, se han verificado procesos de erosión de estas rocas paleozoicas aflorantes.

Mesozoico (Cretácico Inferior y Superior)

En esta región, durante ésta era de depositaron potentes sedimenros marinos (calizas, areniscas y lutitas) en mares someros cercanos a costas ya que éstas rocas marinas son de facies arrecifales y con fauna marina característica de la zona nerítica (rudistas). Durante el Cretácico superior hay evidencias de actividad ígnea, y manifestada en la porción norte de la sierra de Peña Blanca. (Formación Tobas Cuervo), que son tobas vítricas piroconsolidadas, lítico arenosas y conglomeráticas, depositadas con discordancia erosional sobre calizas del Cretácico superior, y se hallan fuertemente plegadas conjuntamente con las rocas marinas del Cretácico superior, y formando parte de plegamientos recumbentes. Estas estructuras se localizan a unos 10.0 Kms. hacia el Ne del área del yacimiento "El Nopal".

Las rocas mesozoicas se suponen levantadas, plegadas y afalladas por efecto de la Orogenia Laramide; procesos de intensa erosión han modelado a las secciones mesozoicas, alcanzando actualmente una etapa de madurez en el ciclo de erosión.

Cenozoico

Terciario

De este período se tienen depósitos de rocas clásticas de grano grueso o fino, (gravas, arenas y arcillas) de tipo continental, (sedimentos de relleno en el Valle de Aldama y "Conglomerado Pozos" de tipo calcáreo y volcánico). Estos sedimentos continentales cubren con discordancia a las rocas mesozoicas, hacia la parte norte en la sierra de Peña Blanca.

En este período ocurrió intensa actividad ígnea intrusiva y extrusiva y se sitúa en el Terciario medio (Oligoceno-Mioceno?) (Wisser 1968); la actividad ígnea se prolonga probablemente hasta fines del Plioceno. Los intrusivos se ubican hacia el sur-oeste en la sierra de Peña Blanca; las rocas ígneas extrusivas (volcánicas), se distribuyen en mayor proporción hacia el NW, presentándose como secuencias de piroclásticos y derrames de tipo riolítico.

Es probable que durante la última actividad ígnea defines del Terciario (Plioceno)? se ubicó la mineralización uranífera primaria (Epitermal); el hidrotermalismo, se supone provocado por el emplazamiento en el subsuelo de un gran plutón (Batolito de época de fines del Terciario ?), ésta idea la sugieren los intrusivos de tipo granodiorítico, que se encuentran cortando a las rocas paleozoicas y mesozoicas, en la porción sur occidental, de la sierra Cuervo-Peña Blanca.

Cuaternario

Por último, regionalmente se han verificado erosión y desintegración de las masas de rocas aflorantes en la región, y la acumulación o depósito de los materiales de erosión como taludes, aluviones, y formación de cubierta de suelos.

IV.- GEOLOGIA DEL AREA

4.1 Introducción

La geología del área del yacimiento de uranio denominado " El Nopal", está constituída de rocas sedimentarias marinas del Cretácico inferior, y de rocas ígneas extrusivas ácidas que sobreyacen a las primeras, presentándose éstas últimas en una sucesión de miembros piroclásticos y derrames lávicos, que se han separado en varias formaciones, constituyendo una sección volcánica del Terciario, (Oligoceno Plioceno ?). Esta sección no ha sido aún correlacionada con otras áreas comunes del Terciario volcánico, tanto de México como de E.U., Según Wisser (1968) y otros autores, el vulcanismo en la Sierra Madre Occidental, se inicia en el Oligoceno; su mayor intensidad fué probablemente a principios del Mioceno y su culminación en el Plioceno. La topografía del área es accidentada, se presentan cerros de cerca de 800 metros, de elevación y zonas de suave pendiente que representan a las partes bajas de las formaciones volcánicas, así como a los valles, en esta área de estudio. (Fotografías Nos. 1, 2 y 3). El yacimiento " El Nopal" se localiza en la parte media de la ladera de una prominencia ígnea extrusiva, (Fotografía No. 3).

No se tienen antecedentes sobre trabajos geológicos en esta área, Ultimamente desde 1969 a la fecha se han realizado trabajos de carácter geológico-radiométrico por Geoca, S. A., para el INEN, y por éste organismo del Ejecutivo Federal se han llevado a cabo trabajos de desarrollo geológico exploratorio de los yacimientos uraníferos descubiertos.

4.2.-Estratigrafía

Las unidades litológicas que se presentan en el área del yacimiento uranífero de " El Nopal", se han situado como correspondientes a las eras Mesozoica, (Cretácico inferior Albiano medio); Cenozoica (Terciario medio volcánico y Cuaternario). (Plano no. 3).

La secuencia volcánica terciaria de ésta área de la porción septentrional de la Sierra del Cuervo-Peña Blanca, posee interés geológico y económico, a causa de las anomalías radiométricas con presencia de secundarios uraníferos, que se han descubierto y localizado.

La Sierra del Cuervo-Peña Blanca, en su porción norte presenta la siguiente estratigrafía. (Fotografía no. 2).

Mesozoico

Cretácico inferior

Formación Edwards. (Albiano medio).

Formación Edwards.

Definición.

Hill y Vaughan en 1899, aplicaron éste término a las calizas de tipo arrecifal y rocas asociadas, que tienen su sección tipo en Barton Creek , (en las cercanías de Austin, Texas); siendo ésta unidad estratigráfica la más antigua de las rocas aflorantes en el área uranífera objeto de este estudio.

Características litológicas y afloramientos.

La formación Edwards aflora muy ampliamente en esta área desarrollando cerros de relieve ondulado y pendientes abruptas. Consiste de

calizas de estratificación media a gruesa: (.50 a 4.0 metros), y también masiva, con nodulos de pedernal color gris-café; es muy fosilífera, (con abundantes Rudistas silicificados).

La formación Edwards presenta suave plegamiento con echado regional de 5ª10°; en esa zona, se encuentra muy disectada, y se han desarrollado arroyos de flujo intermitente, cañadas cortas y amplios cañones, perteneciendo su ciclo de erosión al de madúrez.

Contactos.

En el área, la formación Edwards es cubierta por un conglomerado calizo y volcánico denominado formación "Pozos", y en discordancia erosional; el contacto inferior se localiza más hacía el sur-oeste con la formación Walnut, pero no ha sido observado por el autor, por situarse muy fuera del área de estudios.

Origen.

La formación Edwards, corresponde a calizas de facie arrecifal, depositadas en maressomeros, cercanos a la línea de costa, a causa de su abundante contenido faunístico de zona nerítica (Rudistas).

Cenozoico.

Terciario.

Rocas clásticas continentales.

Formación pozos.

Definición.

Este nombre fué introducido por Geoca, S.A. (1969) para definir a un conglomerado mixto volcánico y calcáreo que sobreyace en dicordancia angular y erosional a la caliza Edwards, cerca del Rancho "Los Pozos" en el municipio de Aldama, estado de Chihuahua, y representa la base de la sección terciaria del área uranífera, de la Sierra de Peña Blanca

Características litológicas y afloramientos.

Esta unidad estratigráfica aflora en la falda oriental de la Sierra de Peña Blanca; contiene bandas de conglomerado y arcillas tobáceas rojizas. Los componentes de éste conglomerado son una mezcla de fenoclastos angulosos a sub-angulosos de caliza y fragmentos de tobas riolíticas y de riolitas; el porcentaje de éstos componentes no ha sido determinado con exactitud. El rango de tamaño de estos componentes varía entre 2 mm. a 30 cms, presentando mala clasificación; la matriz es arenosa á arcillosa y de color café-claro a café rojizo. Una sección que se levantó con rumbo NW47SE dió unos 140 metros de espesor, para esta unidad, y parece ser que se acuña hacía el interior de la Sierra de Peña Blanca, estando ausente a unos 5 kilómetros de su sitio de afloramiento en áreas próximas a las anomalías radiométricas denominadas " La Brecha" y " Dos y Medio ".

Contactos.

El contacto inferior, de este conglomerado basal, esta marcado por una discordancia angular y erosional. Dicho conglomerado basal volcánico y calcáreo, sobreyace a la caliza "Edwards", el contacto es bien observable en el arroyo de la Venada, mismo que es utilizado para llegar al yacimiento uranífero "El Nopal".

El contacto superior, consiste de tobas arenosas líticas, miembro inferior de la formación Nopal.

Origen.

Se trata probablemente de un depósito muy local, y derivado de la erosión y transporte de las rocas de esta región, (calizas y rocas ígneas extrusivas ácidas de tipo riolítico y calcáreas, por lo tanto el

aporte de materiales ha sido mixto, y en un medio continental semiárido. Hacia el norte del área considerada, el Conglomerado Pozos, se extiende unos 10 kilómetros donde se encuentra cubriendo a rocas del Cretácico superior.

Correlación.

En área próximas al afloramiento del Conglomerado Pozos no se han realizado trabajos de reconocimiento geológicos con esa finalidad, por lo cual no se tiene la información necesaria para correlacionar ésta unidad clástica continental, con otra áreas terciarias tanto de México, como de E. U.

Cenozoico

Terciario

Rocas Igneas Extrusivas

Formación Corrales

Definición.

La Formación Corrales corresponde a la primera unidad volcánica, siendo la base de la sección valcánica terciaria en la sierra de Peña Blanca.

Características litológicas y afloramientos.

Consiste esta unidad volcánica, de derrame de riolitas porfíricas micáceas. Intemperiza en un fuerte tono café obscuro y a veces rojizo; los afloramientos se hallan hacia la parte central de la sierra de Peña Blanca; sin embargo, son restringidos; se diferencía de la riolita Nopal, por su textura micácea, y posición estratigráfica.

Contactos.

Durante el mapeo geológico (Geoca, S.A.), en la porción central de la Sierra Peña Blanca, se distinguió esta unidad extrusiva, donde se encuentra en contacto con la toba lítica de la Formación Nopal, y con discordancia erosional. Esta unidad como se indicó anteriormente presenta características texturales y estructurales distintivas, por lo que se le separó como una unidad aparte.

Origen.

Su origen es de carácter ígnea extrusivo, y forma parte de la secuencia de rocas extrusivas, que se ubicaron en esta área durante el Terciario medio y superior volcánico continental.

Edad.

Por las características litológicas y de afloramiento de esta unidad volcánica (derrame riolítico), se le situó como la base de la sección de rocas volcánicas de tipo ácido-alcalinas de la porción septentrional de la sierra de Peña Blanca, y de edad relativa al Terciario (Oligoceno?), ya que no se tienen a la fecha determinaciones de edades absolutas de estas rocas ígneas extrusivas.

Correlación.

A la fecha no se tiene información sistemática sobre literatura estratigráfica de áreas regionalmente próximas a la de estudio, para hacer correlaciones tanto de la Formación Corrales, como de las que integran la sección de rocas volcánicas ácidas en la sierra de Peña Blanca. Sin embargo, con mapeos posteriores de áreas próximas, se

podrán hacer correlaciones con otras unidades volcánicas presentes en otras sierras igualmente del sistema Terciario volcánico.

Formación Nopal.

Definición.

Esta formación fue definida y se le asignó este nombre por Geoca, S.A. (1969). Representa a los primeros eventos de naturaleza volcánica en el área considerada, este nombre se ha aplicado a los dos miembros que la integran: el inferior es tobáceo riolítico y el superior es un derrame lávico de tipo riolítico.

En la sierra de Peña Blanca, se halla expuesta la Formación Nopal en su flanco oriental, y en éste borde se presenta tipicamente formando mesas inclinadas con echado al oeste, de 20°que van gradualmente disminuyendo en inclinación hacia el interior de la sierra. (Fotografías 1 y 2 de este capítulo).

Características litológicas y afloramiento.

Esta formación aflora muy ampliamente dentro de la porción central de la sierra de Peña Blanca, y forma el yacimiento uranífero "El Nopal", toma su nombre de esta formación ígnea extrusiva, presentándose en una forma topográfica de una loma, cuya parte superior es un creston de riolita muy diaclasada.

En el afloramiento la formación Nopal presenta su miembro inferior constituído por una toba riolítica de color morado, con abundantes fragmentos rotos líticos de naturaleza ácida, en una matriz arenosa de igual naturaleza. Estos componentes se encuentran alterados hacia productos arcillosos (caolinita?). No forma un cuerpo tabular estrictamente, sino una masa de piroclásticos cruzada por fracturas horizontales y verticales, y hacia el subsuelo este miembro inferior cambia a tonos café claro, amarillo o crema y café rojizo, pero persistiendo

BIBLIOTECA CENTRAL

en su textura tobácea lítica. También hacia el subsuelo se halla muy fracturada, (niveles -40, -100).

El miembro superior lávico intemperiza con un color rojizo; en corte, la riolita presenta tonos gris claro y café rojizos, es frecuente observar bandas de flujos de ésos tonos; la riolita es porfírica (feldespatos y cuarzo), con pasta microcristalina. En el afloramiento el miembro lávico, presenta juntas y fracturas de NW-Se, y NE-Sw; probablemente estas últimas de origen tectónico (Plano No. 2).

Hacia la parte media de la loma el miembro lávico se halla intensamente fracturado, constituyendo un cuerpo "brechoide o brechado " de unos 35 metros x 50 metros. Es éste cuerpo donde se presenta la mineralización uranífera, siendo el control de la misma el intenso brechamiento. Hacia el subsuelo en el miembro tobáceo riolítco subsiste la mineralización de secundarios de uranio; el limite del cuerpo brechado en el afloramiento es la riolita porfírica compacta, la que es estéril radiométricamente.

Contactos.

El contacto inferior de la formación Nopal (su miembro tobáceo), es con el conglomerado "Pozos" descrito anteriormente, y es directo, Su contacto superior es con la formación Escuadra (miembro inferior tobáceo hacia el W. y a unos 3.5 kilómetros donde la formación Nopal, es cubierta por los piroclásticos y derrame de la formación Escuadra.

Hacia el Oeste, de la mina El Nopal, o sea el centro de la sierra de Peña Blanca, los afloramientos de la caliza Edwards, funcionaron como una barrera de la inicial actividad volcánica representada por

la formación Nopal, sin embargo, en diversos sitios de la parte central de la sierra de Peña Blanca, la formación Nopal cubre áreas de la caliza Edwards directamente y el conglomerado Pozos está ausente.

Origen.

Con relación a su origen, ésta formación Nopal es de cárácter ígneo extrusivo (volcánico), el vulcanismo del Terciario medio proporcionó gran cantidad de piroclásticos y de materiales lávicos ácidos. Los eventos anteriores a ésta formación son el plegamiento laramídico de las rocas del Mesozoico, y el depósito del conglomerado Pozos.

Edad.

Corresponde al vulcanismo del Terciario (Oligoceno-Plioceno)? que afectó a gran parte del territorio nacional durante el Cenozoico Medio.

Correlación.

La Formación Nopal, no ha sido a la fecha correlacionada con otras áreas de rocas ígneas extrusivas, dentro del Estado de Chihuahua, u otras regiones de México y los E.U. por razones análogas expuestas anteriormente, esperándose que en trabajos futuros en áreas de rocas ígneas extrusivas en otras áreas como las de la Sierra Madre Occidental, pueda tenerse información al respecto.

Formación Escuadra.

Definición.

La Formación Escuadra aflora ampliamente mostrando sus relaciones estratigráficas con la sección volcánica terciaria en la porción

septentrional de la Sierra de Peña Blanca, a unos 3.5 Kms. hacia el NW. de su flanco oriental. Geoca, S.A. (1969), aplicó este nombre para designar a dos miembros volcánicos que presentan distintas características litológicas con relación a los dos miembros de la formación Nopal.

Características litológicas y afloramientos.

Miembro Inferior Tobáceo.

Este miembro consiste litológicamente hacia la base, de un conglomerado calizo, de carácter muy local y de tobas aglomeráticas y de lapilli. Este miembro inferior se acuña en el subsuelo y presenta un espesor de 30 metros.

Miembro superior lávico.

El miembro superior lávico consiste de derrames riolíticos de mediano espesor (de 15-75 m), intemperizando hacia la base la riolita, de aspecto tobáceo.

La riolita se presenta con tonos de violáceo a rojizo, con textura porfírica, y estructura compacta. Hacía el subsuelo está fracturada, observándose zonas de movimientos (espejos de fallas estriados), en obras de exploración, así como en las anomalías Corrales I y II, en la parte centro occidental de la sierra de Peña Blanca).
Los dos miembros de la formación Escuadra, se encuentran mineralizados por secundarios de uranio.

Contactos.

La formación Escuadra (miembro inferior tobáceo), presenta un contacto directo con el miembro superior lavico de la formación Nopal, y se halla cubierta por las tobas arenosas de la formación Peña Blanca.

Origen.

La Formación Escuadra, corresponde a las étapas de vulcanismo del Terciario (Oligoceno-Plioceno)? que en ésta área se presentan en secuencias de unidades de piroclásticos y derrames de tipo ácido, al igual que la formación Nopal; sin embargo, ésta unidad presenta carácteres texturales y de posición estratigráfica diferentes.

Edad.

La edad relativa se sitúa igualmente (Oligoceno-Plioceno?) a la fecha no se tienen datos sobre determinación de edad absoluta.

Correlación.

No existe información estratigráfica al respecto para ubicar ésta formación volcánica, en comparación con unidades similares de otras áreas dentro del Estado de Chihuahua y de la República Mexicana.

Formación Tobas Peña Blanca.

Como ésta formación no esta mineralizada por uranio, su descripción se hace de un modo somero; se halla constituída por un conglomerado calcáreo hacia la base, cubierta por tobas arenosas blanquecinas. Su afloramiento típico se localiza en la porción central de ésta sierra en el camino que va a las anomalías radiométricas denominadas Corrales I y II. Aqui está en contacto con los derrames traquíticos (?) de la formación Mesa que presentan tonos gris obscuro o rojizo obscuro. También más el NW de este sitio, y en el área próxima a las anomalías radiométricas Tecolotes I y II, se encuentra un contacto bien marcado y extenso entre la formación Peña Blanca y la formación Mesa, con unos 20°de inclinación con echado regional al NW.

La formación Tobas Peña Blanca presenta un intemperismo café claro en notable contacto con los derrames café rojizos obscuros de trquitas (?) de la formación Mesa que la sobreyace.

Formación Mesa.

La formación Mesa, al igual que las formaciones de la sección volcánica Terciaria de la sierra de Peña Blanca, fué mapeada y definida por Geoca, S.A. (1969 - 1971), en trabajos para el INEN, y se aplicó éste nombre para los derrames café rojizo obscuro de traquitas?que cubren con discordancia angular y erosional a las tobas arenosas blancas, de la formación Peña Blanca.

Como se indicó antes su afloramiento se encuentra al NW, donde sobresalen cerros algo elevados de color café obscuro de ésta formación, cubriendo discordantemente a la formación Peña Blanca. Consiste de traquitas (?) de color rojizo o violáceo con bandas de fluidez, textura porfírica, compacta.

No exite contacto superior, ya que la formación Mesa, representa el último suceso geológico de carácter ígneo extrusivo en la sierra de Peña Blanca, y al igual que las unidades anteriores de la secuencia volcánica de esta sierra, se supone corresponde probablemente al Plioceno, (ó sea una edad relativa de (13$\pm$ 1)? millones de años, ésto último sujeto a comprobación posterior con métodos radioactivos de laboratorio).

La formación Mesa, presenta anomalías radiométricas litológicas

(cambio litológico), y no acusa presencia de mineralización de Uranio.

Cenozoico Reciente

(Holoceno)

Este período está representado por depósitos de materiales derivados de la erosión (fragmentación por planos de juntas o diaclasas), y forma depósitos de talud, (fragmentos de bloques angulosos de tamaños más de 30 cms. hasta 4.0 metros de roca ígnea ácida), y de cubierta de suelo vegetal. Desarrollo de cañadas cortas y valles pequeños.

4.3-Geología Estructural.

Desde el punto de vista de geología estructural, las rocas ígneas extrusivas representan a una sección volcánica, que se situó en un amplio valle o pequeña cuenca rodeada por cerros de calizas del Cretácico inferior, ligeramente plegada, (Plano No. 3... Sección estructural.)

Es probable que tanto el Conglomerado Pozos, como la formación - Nopal, sigan la topografía o dirección de los estratos inclinados y erosionados del Cretácico inferior, tal y como se presentan hacia el flanco oriental en forma de mesetas inclinadas hacia el oeste. Otra posibilidad sería que estas unidades volcánicas hallan sido levantadas por movimientos tectónicos (como el emplazamiento de un batolito?); sin embargo, la primera suposición parece ser la más lógica al respecto. La sección volcánica, se encuentra fallada cerca del lugar denominado anomalía "La Brecha", se presentan dos fallas: una de gravedad o normal con un rumbo norte-sur, y otra inversa o compresional- de rumbo general noroeste-sureste(plano No. 3...).

El fracturamiento, tanto en la superficie como en el subsuelo en algunos sitios dentro de esta sección volcánica Terciaria, tiene un rumbo

norte sur y noroeste-sureste; éste se observa en las anomalías radiométricas Nopal, I, II y III, Corrales I y II, Tecolotes I y II, Peña Blanca XVII y XVIII, así como en la mina Domitila, las cuales estan mineralizadas con minerales secundarios uraníferos. La causa de éstos fracturamientos que siguen también sensiblemente a rumbos de las fallas normales o inversas de la región, es probable que esté relacionada con los últimos movimientos tectónicos en la porción septentrional de la sierra de Peña Blanca. Durante los levantamientos geológicos-radiométricos, de las obras de exploración minera, abiertas en las anomalías arriba anotadas, se hizo una comparación de los sistemas de fracturamientos que se presentan en ésos sitios, tanto de la superficie como del interior de las obras de exploración geológico-mineras realizadas, dicha comparación permitió ver que son sistemas de fracturas que guardan relación entre si.

4.4. Geología histórica

La geología histórica de ésta área considerada es por demás interesante, en ella afloran rocas que se han referido a las eras Mesozoica y Cenozoica. Con los datos que se han obtenido de los trabajos de carácter geológico-radiométrico realizados en ésta porción, se está en condiciones

de hacer un breve resumen de los eventos históricos-geológicos.

La rocas mesozoicas que se encuentran en esta área han sido referidas al Cretácico inferior, depositadas en mares someros cercanos a costas, ya que tienen carácter arrecifal, y con gran cantidad de fósiles marinos característicos de la zona nerítica (Rudistas). Estas rocas mesozoicas se hallan suavemente plegadas hasta el presente (fueron levantadas por la Orogenia Laramide de fines del Cretácico, datada a (70 - 135)? millones de años.

El paso de la Era Mesozoica a la Cenozoica está representada en esta área por un largo lapso de tiempo, en el cual entre otros eventos, tuvo lugar una probable actividad ígnea durante el Cretácico superior y largos períodos de erosión, evidenciado esto último por el depósito de un conglomerado basal, constituído de fragmentos volcánicos y calizas, y cubriendo discordantemente a las rocas del Cretácio inferior (formación Edwards; Hill y Vaughan en 1899). Dicho conglomerado se acuña hacia el interior de la sierra de Peña Blanca, presentando probablemente un aspecto muy local dentro de la porción norte de esta sierra.

El área donde se ubicaron los productos piroclásticos y de-

rrames de naturaleza riolítica, corresponda a una pequeña cuenca que que está limitada por cerros de la formación Edwards.

Del levantamiento geológico-radiométrico (Geoca, S. A. para INEN, 1969), que se realizó de la porción septentrional de la Sierra de Peña Blanca se handistinguido varias etapas de actividad ígnea (siete en total), y que corresponden a una alternancia de eventos de tipo explosivo y de derrames lávicos. (columna estretigráfica, anexa).

a).- Primera étapa ígnra de tipo de derrame lávico que corresponde a la unidad, "Riolita Corrales" y que subyace a un conglomerado calcáreo tobáceo hacia la base. (espesor aproximado de 80.0 metros).

b).- Etapa de tipo explosivo que dió lugar al depósito del miembro inferior tobáceo lítico de formación Nopal (Toba Nopal), se acuña hacia el interior de la sierra; sobreyace al conglomerado basal Pozos. (Espesor aproximado de 90.0 metros).

c).- Derrame lávico, formación Nopal (Riolita), la cual cubre ampliamente ésta área, y en diferentes sitios se encuentran anomalías radiométricas en ésta unidad extrusiva. (Espesor aproximado de 45.0 metros).

d).- Depósito de una unidad de tobas de "Lapilli" y de brechas volcánicas (formación Tobas Escuadra), y hacia la base se presenta un conglomerado calcáreo-volcánico. Esta unidad presenta también mineralización secundaria uranífera en diversos sitios. (Espesor aproximado 30.0 metros).

e).- El miembro tobáceo anterior fué cubierto por derrames riolíticosque constituyen al miembro superior de la formación Escuadra, y en la cual igualmente se han localizado anomalías radiométricas por uranio. (Espesor aproximado de 90.0 metros).

f) Formando parte de ésta sección volcánica se halla de un modo alternante una unidad piroclástica e hidroclástica, que se denominó formación Tobas Peña Blanca, y que consiste hacia la base de conglomerados polimícticos, predominando los fragmentos de rocas ígneas ácidas, sobre los componentes calizos, y con intercalaciones de tobas arenosas blanquecinas. A la fecha no se han reportado anomalías radiométricas, dentro de esta unidad piroclástica. (Espesor aproximado de 350.0 metros).

g).- El último evento en cuanto a procesos de tipo ígneo extrusivo, dentro del área, es el derrame de la formación Mesa (Traquitas?) y que cubre a la sección volcánica del período Terciario en esta Sierra, presenta un espesor aproximado de 225.0 metros, con relación a la

edad de éstos últimos derrames no se tienen a la fecha datos sobre su edad absoluta; se ha supuesto que son del Plioceno? y que la mineralización uranífera en la Sierra de Peña Blanca, sea posible situarla como un evento geológico que tuvo lugar durante, o en un lapso de tiempo posterior a los derrames traquiticos? de la formación Mesa, es decir que el emplazamiento de los fluidos mineralizantes (hidrotermales), es relativamente reciente, en el área considerada, (fines del Plioceno?) Según Wisser,(1968) el vulcanismo en la Sierra Madre Occidental, principió en el Oligoceno, la mayor intensidad se manifestó en el Mioceno y culminó en el Plioceno. Turner y Verhoogen (1951), separan la fase de tectonismo laramídico y su actividad ígnea (intrusiva - extrusiva), por un período largo, de la actividad ígnea Terciaria (oligoceno-plioceno)?, y lo llaman "Asociaciones Volcánicas de Regiones Orogénicas" donde los derrames son de, basalto, andesita, y riolita. Los anteriores conceptos pueden extenderse al vulcanismo y mineralización uranífera del Terciario, en la Sierra de Peña Blanca, y de igual modo para futuras correlaciones de unidades volcánicas de esta Sierra con otras unidades volcánicas de la "Provincia Fisiográfica de Sierras y Valles" (Raisz, 1959), y de la Sierra Madre Occidental.

Geocronometría.

Ultimamente se sortaron y colectaron muestras geológicas de las unidades ígneas extrusivas en la sierra de Peña Blanca: formación Corrales (base de la sección extrusiva Terciaria), y de las que la cubren, formaciones: Nopal (miembro tobáceo y derrame); Escuadra (miembros de toba y derrame), Peña Blanca (tobas arenosas y conglomerados), y Mesa (derrames - traquíticos?), con el objeto de que se llevaran a cabo en los laboratorios del INEN, cálculos de la edad absoluta, (método de Potasio-Argon), de las anteriores unidades extrusivas. Los resultados cuantitativos obtenidos de edad calculada en millones de años caen dentro del período - Terciario (principios del Eoceno - base del Oligoceno). Según Alvarez Jr. Manuel, (Epocas Metalogenéticas, 1961), al tratar sobre la tectónica de México y la cronología de los ciclos tectónicos y magmáticos en México y en conexión con los procesos metalogenéticos, considera, que el gran batolito del geoanticlinal occidental ("cuya expresión topográfica es la Sierra Madre Occidental"), tuvo lugar en el Eoceno (ciclos tectónico de fase orogénica y magmática de plutonismo y etapa hidrotermal en el Mioceno), lo cual se aproxima bastante con las medidas de edad absoluta de las unidades que integran las secciones volcanica Terciaria.

V.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO.-

5.1.- A n t e c e d e n t e s .-

Durante las exploraciones aero-radiométicas realizadas en la parte norte de la Sierra de Peña Blanca, en el mes de noviembre de 1968 con la finalidad de prospectar por uranio, en las rocas ígneas extrusivas de tipo ácido (riolitas y tobas riolitas), de está sierra fue descubierta, la anomalía aero-radiométrica que fue denominada "El Nopal", (por la abundancia de esa planta en el lugar).

Del levantamiento geológico radiométrico de este sitio se obtubieron lecturas radiométricas entre 1.0 mR/h a más de 5.0 mR/h por la cual se procedió a hacer un levantamiento de tipo topográfico y geológico a fin de elaborar un mapa o plano, que mostrara los contactos de los tipos litológicos, en ésta zona radiométricamente anómala (Plano No....2). El levantamiento geológico y topográfico, permitió conocer la extensión del cuerpo radiactivo superficialmente, así como su forma, dimensiones y características estructurales distintivas.

Con dicho plano geológico superficial como base se programaron barrenos para bloquear al cuerpo mineralizado, (definirlo en el subsuelo), (Plano No. 2 y 5).

La información de subsuelo obtenida mediante el sondeo, dispuesto en una cuadrícula de barrenos, fue positiva en cuanto a la persistencia de valores de uranio hasta los 100.00 m. de profundidad y con apoyo en dicha información se proyectaron las obras con carácter de exploración geológico minera, para detallar en el subsuelo los mímites y forma de cuerpo brechado y mineralizado por uranio que se manifiesta en el afloramiento.

Las obras de exploración consistieron en abrir primeramente un

socavón en un sitio donde se presentaba la estructura brechoide mineralizada por secundarios uraníferos en una ladera (valle arriba). Posteriormente se siguió ésta estructura brechoide radiactiva, apoyándose en el levantamiento radiométrico, de la misma y de sus rasgos litológicos y estructurales, a medida que se progresaba en el avance exploratorio de subsuelo. (tiro general, socavones, cruceros, contra cruceros, pozos y contrapozos, en los cinco niveles que se abrieron y de que consta actualmente esta mina uranífera en rocas ácidas extrusivas).
Sobre la actividades mineras en la región donde se ubica este importante yacimiento uranífero, no se tienen datos acerca de trabajos mineros importantes y prácticamente se reducen a los estudios geológicos-radiométricos, que ha venido realizando el INEN., en la sierra del Cuervo Peña Blanca.

5.2.- Geología del Yacimiento.-

a).- Ocurrencia del depósito uranífero.

Este yacimiento uranífero, ocurre dentro de la Formación "Nopal", y en los dos miembros que se han distinguido: el superior - de derrame riolítico (45.00 m, aprox.) y el inferior tobáceo - - (90 m, aprox.). Esta formación forma parte de la secuencia volcánica Terciaria.

La forma topográfica donde se ubica propiamente el yacimiento corresponde a un crestón, (Fotografía No. 3). La mineralización de secundarios uraníferos se presenta en una estructura "brechoide" de la riolita porfírica del miembro superior, y alojada dentro de los espacios del fracturamiento. El brechamiento se prolonga

hacia el subsuelo, hasta el miembro inferior tobáceo. (unos 113.0 de profundidad con relación al brocal del pozo de exploración No. 1).

La estructura almacenadora de la mineralización uranífera secundaria, presenta en el afloramiento una orientación de NW 35° SE y con anchura superficial de unos 55.0 m.

b).- Métodos Geofísicos.-

Radiometría

La prospección radiactiva aplicada para el yacimiento uranífero "El Nopal", se efectuó utilizando instrumentos para la detección de las radiaciones (rayos gamma), emitidos por las masas de minerales uraníferos presentes en este yacimiento, (mineralización uranífera alojada en el cuerpo brechoide).

Los instrumentos para la detección de la radiación gamma, fueron los contadores "Geiger-Muller" y los "Cintilómetros", principalmente estos últimos por ser de mejor eficacia ya que detectan porcentajes algo mayores de radiación gamma, que los contadores Geiger-Muller, (las divisiones de contaje o medición en los cintilómetros son mas finas), siendo por lo tanto más sensibles.

Estos instrumentos están diseñados para captar la emisión de rayos gamma, por ser éstos de mayor penetración, que las particulas alfa y beta. Estas radiaciones son emitidas por los núcleos de los elementos radiactivos más pesados, (Uranio, Torio, Radio, Tierras Raras).

Las particulas gamma, son de igual naturaleza que los Rayos X,

(radiaciones electro-magnéticas), su velocidad es cercana a la de la luz, y con una penetración de diez o cien veces mayor que la - partícula beta, y de cien a mil veces mayor que las partículas alfa.

Método de Trabajo.-

La exploración radiométrica o prospección, en este yacimiento, ha consistido en un levantamiento geológico-radiométrico, tanto en la superficie, como así mismo en el subsuelo (socavones, cruceros, - pozos, contra pozos, que se abrieron, con carácter exploratorio, - en este yacimiento uranífero).

De cada obra de mineo exploratorio que se dió, se levantó la geología, (cambios litológicos, sistema de fracturas, fallas, y fracturas mineralizadas por uranio), apoyándose en un plano topográfico previo, de dichas obras de exploración. Una vez levantada la topografía y geología, se efectuó un reconocimiento radiométrico, o "barrido radiométrico", mismo que consistió en efectuar lecturas, según estaciones, que van dada metro en la obra de exploración ab ierta, y recorriendo sistemáticamente las tablas o respaldos, techo y piso en cada estación anotándose las lecturas radiométricas que se van obteniendo en el plano topográfico-geológico levandado previamente. En las zonas de fracturamiento se efectuaron lecturas radiométricas anotándose sus valores, así como sus características geológicas (mineralización uranífera, alteraciones, oxidaciones); finalmente en el tope de las obras de exploración se tomaron lecturas radiométricas, recorriendo la sección de la obra, de un modo sistemático. Con este procedimiento de trabajo

se contó con un plano topográfico-geológico-radiométrico, el cual fué utilizado para hacer los programas y poder seguir explorando al cuerpo mineralizado por secundarios uraníferos, tanto lateralmente, como verticalmente o sea hacia el subsuelo. Este método de levantamiento radiométrico se llevó a cabo en cada uno de los cinco niveles de que consta actualmente la mina uranífera "El Nopal".

El método anteriormente descrito, se aplicó también para el levantamiento radiométrico, en pozos y contra pozos.

Con los resultados obtenidos del levantamiento radiométrico o "reconocimiento radiométrico" en cada nivel, sirvieron para efectuar el muestreo de las zonas con buenas lecturas radiométricas, (lecturas por arriba de la radiactividad ambiente o "background"), que presentó el cuerpo "oval brechado", uranífero. Dicho método de muestreo se describió en páginas anteriores.

La prospección radiométrica descrita, es de gran valor para investigar la presencia, la extensión horizontal y vertical de la mineralización uranífera, en un yacimiento de mineral uranífero; además sirve de base para trazar programas para seguir explorando a los cuerpos mineralizados y definir su forma, tamaño, o sea sus dimensiones, y estar en condiciones de efectuar la cubicación de sus reservas, apoyándose posteriormente en los resultados analíticos, del muestreo sistemático.

Descripción del Contador Geiger-Muller y Cintilómetro.

A continuación se presentan los principios fundamentales tanto

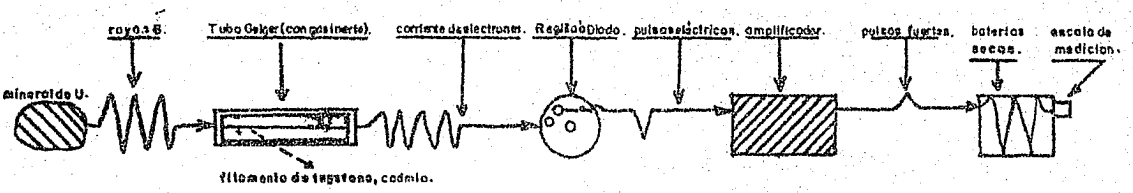
del contador "Geiger-Muller" como del "Cintilómetro", que son los instrumentos de detección y medición de la radiactividad usados en la prospección, desarrollo y valorización de los yacimientos uraníferos.

Descripción del Contador Geiger-Muller.-

El contador Geiger-Muller mide la intensidad de la radiactividad de las rocas, y por medio de esto se determinan las anomalías radiométricas. Un contador Geiger consiste de un modo esquemático de las siguientes partes:
De una caja metálica (aluminio), en ella va instalado un circuito electrónico y baterías secas; unido a la caja metálica por medio de un cable conductor en espiral, va el tubo Geiger que es de corta longitud (17 cms.); en el interior del tubo hay un gas inerte, (Helio, Argon, Criptón), cuando el aparato está funcionando se aplican una carga de cerca de 1000 voltios, entre el alambre central que hay en su interior y la pared del tubo, dicho alambre puede ser de filamentos de Tugsteno o Cadmio.

Una muestra radiactiva (pastilla de uranio metálico, o de mineral de uranio), emite rayos alfa, rayos beta y rayos gamma, estos últimos son los detectados, (a causa de su mayor poder de penetración), por el tubo corto; sin embargo, solo entra el 0.5% de la radiación proveniente de una fuente radiactiva.

En la parte superior de la caja metálica, está alojada la ventana de medición con escalas, (.04, .20, 2.0, 20), una perilla para seleccionar escalas; y otra perilla de "tiempo constante", "len



-ESQUEMA DEL "CONTADOR GEIGER"

to", "rápido"; además existen el calibrador del contador, audífonos y un indicador de radiactividad de luz neón.

Descripción del Cintilómetro.-

Un cintilómetro consta de las siguientes partes fundamentales: Un cristal pequeño de yoduro de sodio (NaI.) que transforma los rayos gamma (de la fuente radiactiva) en haces luminosos (destellos); existen otras substancias que producen el efecto de convertir los rayos gamma a destellos luminosos.

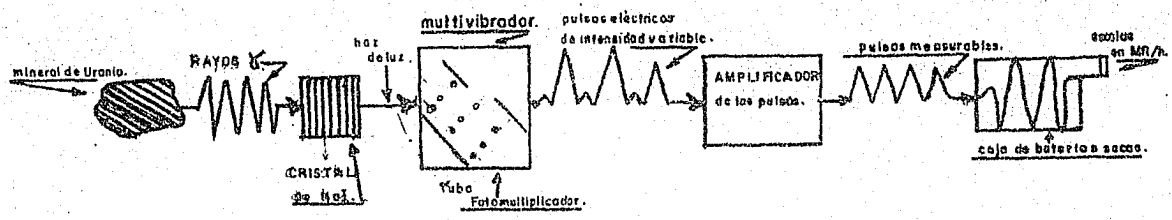
Un tubo foto-multiplicador, (reproductor de electrones, o pequeños pulsos eléctricos); se necesitan unos 10,000.000 electrones para un pulso mensurable, y la corriente que fluye, así es aún pequeña.

Un amplificador, (consiste de un multivibrador, que produce pulsos eléctricos de igual fase), como los pulsos eléctricos que se reproducen aún son muy pequeños, se usa el amplificador de pulsos eléctricos que los transforma en pulsos de intensidad uniforme.

Una unidad de medición, con escalas que van de (0, .01, .025, .05, .10. .50, 2.5,) en mR/h. El cintilómetro es más eficiente en la detección de rayos gamma que los "Contadores Geiger", por ello tienen marcas de escalas más finas.

Existen varios modelos profesionales; el usado en el campo - para los estudios y levantamientos radiométricos, tiene una "pistola" de unos 35 cms. unida a una caja metálica de lámina cromada

por medio de un cordón en espiral, la caja metálica cromada tiene 14 x 12 x 8 cms. y en ella va alojado el circuito electrónico. La "pistola" es de lámina cromada, y en ella van la escala graduada en MR/h, las perillas de selección de escalas y de tiempo constante (lento, medio y rápido), así como dos calibradores del aparato.



ESQUEMA DEL CINTILOMETRO.

c).- Forma y dimensiones del cuerpo mineralizado uranífero.

F o r m a.-

El cuerpo radiactivo mineralizado por secundarios uraníferos presenta en planta aproximadamente una forma ovalada y que varía en área en los cinco niveles que se desarrollaron.

En sección vertical (subsuelo), adopta una forma casi tubular con área mas o menos uniforme hasta el nivel - 20; y con buzamiento de 60° al SE. hasta el nivel - 100, dando una forma de un "embudo invertido" y ensanchándose en esta segunda inflexión.

En el nivel último abierto (-100), se sondeó con tres barrenos de diamante verticales a 78.00 m, 89.0 m, y 122.0 m, recuperándose núcleos o testigos, los que no contienen mineralización uranífera, ni radiometría por encima del "back ground", por lo que no hay información positiva de que el "cuerpo mineralizado brechado" se profundice mas allá del nivel -100. (plano No. 11 anexo).

D i m e n s i o n e s.-

En sección vertical el cuerpo mineralizado hasta el nivel -20 presenta una anchura promedio de 17.0 m aproximadamente, y en los niveles -70 y -100, la anchura es respectivamente 33.0 m y 42.0 m. ensanchándose el cuerpo mineralizado a partir del nivel -40 al -100. (planos 5 y 11 anexos).

El "cuerpo brechado", almacenador principalmente de la mineralización uranífera, presenta en planta una forma ovalada, con

su eje mayor orientado de NW-SE y su eje menor con rumbo general de NE-SW, tanto en la superficie como en los cinco niveles en la mina "El Nopal". En la superficie presenta una área igual a 1800 m^2 aproximadamente, y en los niveles -20. -40, -70 y -100 las áreas son respectivamente: 628.0 m^2, 717.0 m^2, 1420.0 m^2 y 2154.0 m^2. Tanto la forma, así como sus dimensiones, fueron mostradas durante el levantamiento geológico-radiométrico que se iba realizando al progresar las obras de mineo exploratorio a partir del tiro general.

El levantamiento geológico consistió en resumen, en levantar los sistemas de fracturas, (rumbo y echado); seguir al cuerpo brechado y mineralizado por uranio, con apoyo de su radiometría y de sus características de estructura, anotándose las características petrológicas y alteraciones de la roca almacenadora (riolita y tobas riolíticas), marcar en el plano geológico zonas de oxidación ferrosa, en cuya presencia parece ser se depositan mineralizaciones del uranio secundario, y el contacto del "Cuerpo brechado" radiactivo y la roca estéril radiométricamente, (roca encajonante). Este criterio de levantamiento geológico fue aplicado en las obras que con carácter exploratorio fueron abiertas en el yacimiento de uranio denominado "El Nopal". (planos geológicos: 6, 7, 8, 9 y 10 anexos).

d).- Control Estructural de la Mineralización.-

En este yacimiento el control de la mineralización uranífera, es el "brechamiento", que afectó a los miembros superior riolítico

e inferior tobáceo de la Formación "Nopal"; el "brechamiento"- se manifiesta en una zona muy fracturada de la riolita porfírica en la superficie, extendiéndose el "brechamiento" al subsuelo, en las tobas líticas, del miembro inferior de la FM. Nopal (niveles de -40 a -100).

La mineralización de uranio secundario se encuentra distribuida dentro del "brechamiento", que afecta alos miembros tobáceo riolítico y lávico riolítico, es decir, que hay presencia y concentración de mineralización uranífera dentro de los espacios abiertos por fracturamiento intenso en esta zona.

El fracturamiento en el "cuerpo brechado mineralizado", no sigue un tipo o modelo para clasificarle, dado que es muy irregular su presentación en la masa rocosa "brechada". Sin embargo, - del levantamiento de fracturas efectuado en las frentes, cruceros, contra cruceros, pozos, y contra pozos de esta mina, hay los rumbos preferenciales siguientes; NW (10°- 45°) SE, y SW 65° NE, con inclinaciones de 24° a 90°. (planos Nos. 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 anexos).

La mayor intensidad de fracturamiento, se presenta del nivel "0" al nivel -40, particularmente en este nivel y el -70 se tienen bloques de roca riolítica angulosos, dentro de las rocas tobáceas líticas, cuyos bordes se encuentran rellenados por material triturado o desmenuzado y por óxidos de fierro y de manganeso, (caballos de riolita); los tamaños de estos bloques de riolita angulosos están entre 50 cms. a más de 2.0 m.- su presentación en las fuentes y cruceros de los niveles -40 y -70 dan la idea de

"bloques caidos", y a menudo, dentro de las fracturas, se presenta la mineralización secundaria uranífera asociada a óxidos de fierro rojizo (hematita pulverulenta), y material arcilloso de alteración de color blanquecino, (arcillas de especies aún no identificadas).

e).- M i n e r a l o g i a.-

El uranio, es elemento muy distribuído en las rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas), y a causa de su radiactividad es posible su detección y cuantificación aún en muy pequeñas cantidades.

Se ha estimado que la concentración media de uranio en la corteza terrestre, es de unos tres gramos por tonelada de roca, y que las rocas ígneas de tipo ácido contienen el doble de proporciones de uranio que las rocas sedimentarias.

A pesar de las pequeñas cantidades de uranio que se encuentran en forma de yacimientos o depósitos; se halla mas abundantemente distribuído que algunos metales como: Oro, Plata, Mercurio, Antimonio, Bismuto, Cadmio, Molibdeno, Arsénico, Estaño, se hallan en iguales cantidades que el Uranio, y abundan más que el Uranio el Zinc y el Cobre.

No se le encuentra al Uranio en estado nativo o libre, encontrándose formado compuestos con otros elementos, principalmente con el oxígeno, (es fuertemente oxífilo), aparece en Oxidos, Hidróxidos, Silicatos, Fosfatos, Vanadatos, Sulfatos y también asociado con Calcio, Cobre y Potasio.

De las especies "primarias" de uranio, Uraninita (óxido cristalino), Pechblenda (óxido amorfo), Davidita (óxido complejo de uranio Titanio, y Tierras Raras). se derivan los minerales "secundarios" de uranio a causa de procesos de alteración, por la acción físico-química del intemperismo, por lixiviaciones de aguas superficiales y subterráneas principalmente (supergénicamente).

En la Mina "El Nopal", la especie mineralógica de uranio es de carácter secundario, siendo ésta "Uranofano" que es químicamente un "silicato hidratado de uranio y calcio".

De los análisis efectuados a muestras del "cuerpo radiactivo" en el laboratorio de "Rayos X" del INEN, por difracción de "Rayos X" se obtuvo la fórmula: $CaO \cdot (UO_2)_3 (SiO_3)_2 \, 5H_2O$, y que es la del "Silicato complejo hidratado de Uranio y Calcio" o "Uranofano"; esta especie mineralógica radiactiva, es el silicato de uranio más difundido, y por lo tanto, la "especie secundaria" más frecuente de la sección volcánica terciaria de la porción norte de la sierra de Peña Blanca, donde se ubica este importante yacimiento uranífero.

La literatura sobre este "mineral secundario radiactivo" señala que el "Uranofano" es un producto de la alteración de la "Uraninita" o de la "Pechblenda" y que se presenta en "zonas de oxidación", asociado con otras especies de uranio secundarios como la Torbernita, $(Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 - 8\text{-}12\ H_2O)$, y la Autunita $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2\ 10\text{-}12\ H_2O)$, sin embargo en este yacimiento no se han reportado estas dos últimas especies mineralógicas radiactivas. En

el yacimiento de "El Nopal" se presenta el Uranófano, en los espacios abiertos del fracturamiento del cuerpo brechado mineralizado por Uranio, en masas o costras amorfas de color amarillo canario y amarillo limón, (hábito masivo, y también con un hábito en grupos radiales de pequeños cristales cortos y aciculares de color amarillo limón, siendo la matríz o ganga el "cuerpo brechoide" de riolita porfírica y de toba lítico-arenosa de la "FM.Nopal".

f).- P e t r o l o g í a y P e t r o g r a f í a.-

La "Formación Nopal", unidad lito-estratigráfica donde se ha desarrollado la mina del mismo nombre, está formada de dos miembros litológicos, el superior lávico riolítico y el inferior que corresponde a tobas líticas-arenosas también riolíticas.

De reconocimientos sobre el terreno directamente se ha concluído que pertenecen al Clan Granito-Riolita, es decir, que corresponden a rocas ígneas ácidas donde el porcentaje de sílice está entre 65° a 75° % y el resto lo componen minerales de tipo alcalino, así como ferromagnesianos (en forma accesoria).

Los dos miembros de esta formacion son extrusivos, el inferior de tipo piroclástico (tobas líticas arenosas). Esta toba varía en su presentación; así, en la superficie tiene un color morado-rojizo, con fracturas casi verticales, cruzadas por fracturas horizontales y hacia el subsuelo (nivel -100) esta toba presenta tonos café claro, café grisáceo y blanquecino.

Los piroclástos que se observan megascópicamente, son de fragmentos angulosos de roca riolítica, y de feldespatos alterados,

la matríz se observa de grano fino también fragmentada, los componente líticos varían desde menos de 1 mm. hasta más de 32 mm. rotos y angulosos.

La riolita perteneciente al miembro superior lávico, tiene en el afloramiento una estructura de flujo (líneas de fluidéz). la mineralogía observable es de fenocristales de cuarzo y feldespatos potásicos y máficos (biotita?), la pasta es microscópica, cuya determinación mineralógica es posible solo en láminas delgadas y bajo el microscopio polarizador. La riolita fue definida en un principio por Von Richthofen al estudiar a las rocas ígneas ácidas (del tipo graníticas), en 1861.

Con respecto al emplazamiento de los mantos de riolita y tobas quizás se originaron por material expelido de conductos volcánicos; las tobas líticas arenosas, se asentaron a partir de actividad explosiva (de piroclásticos), y los derrames lávicos de riolita por la extravazación de esos conductos.

Un conducto volcánico puede aparecer a partir de grietas o fracturas, la primera etapa es explosiva, y seguida por los derrames lávicos que cubren a los productos piroclásticos.

La descripción de las unidades ígneas extrusivas ácidas, del área del yacimiento Uranífero del "Nopal", que aquí se presenta, - es de campo.

g).- Hipótesis Genética del Yacimiento Uranífero "El Nopal".-

De las observaciones realizadas en este yacimiento de uranio, (superficie y subsuelo), con carácter geológico-exploratorio, el

autor presupone los eventos geológicos siguientes:

I),-Epoca de actividad ígnea extrusiva, durante el Terciario Medio volcánico?, en esta área, rocas ígneas que se presupone tienen conexión con las rocas ígneas generadas durante la actividad ígnea terciaria, que está representada en gran parte del territorio del país, (Cenozoico Medio volcánico), y que en la parte norte de la Sierra de Peña Blanca, está representada por la sección volcánica terciaria, cuya secuencia comienza, con la unidad de derrames riolíticos micáceos "Corrales".

II).- Formación del "Cuerpo Brechado". por intensos fracturamientos, ò zona donde convergen sistemas de fracturas, las fracturas pueden agruparse como de enfriamiento y de origen tectónico, principalmente las fracturas resultantes de fuerzas tectónicas durante movimientos corticales son las más importantes y responsables del "brechamiento" que afecta en una zona a las tobas y riolitas de la FM. Nopal (Cuerpo Brechado).

Movimientos de "asentamientos" verticales, y también horizontales tuvierón lugar, (Espejos de fallas", con estriaciones verticales y horizontales).

III).- Etapa de mineralización Uranífera de tipo hidrotermal (Epitermal), ya de presión y baja temperatura o sea muy superficial, donde se tienen temperaturas de los fluídos hidrotermales entre los 200° a 50° C.

La mineralización uranífera hidrotermal, interesó dentro del

área de estudio (porción norte de la sierra de "Peña Blanca"), a la sección volcánica terciaria o secuencias de tobas y riolitas, y en áreas próximas además a formaciones sedimentarias del Cretácico Inferior (Formaciones Edwards y Georgetown), la primera, aflorante en esta misma Sierra de Peña Blanca, y la segunda en las Sierras Grande y Chica de Gómez, ambas citadas anteriormente.

IV).- Etapa de Migración del Uranio.-

Posteriormente a la ubicación de la mineralización uranífera hidrotermal en las formaciones tanto del Cretácico Inferior (calizas), como en las del Terciario Medio volcánico, a causa de lixiviación de las concentraciones originales de minerales primarios de uranio (Uraninita o Pechblenda), se produjo la concentración de soluciones "secundarias" de uranio en las rocas de las formaciones estratigráficamente más bajas de la secuencia volcánica terciaria, en calizas Edwards y George Town del Cretácico Inferior. Las aguas meteóricas, corrientes superficiales y subterraneas lixiviaron a las concentraciones "primarias" de minerales de uranio (óxidos primarios), pasando a compuestos de Silicatos, Vanadatos, y Fosfatos de Uranio, (minerales secundarios que se han depósitado o distribuido en trampas adecuadas: fracturas, "brechamientos" y en aberturas de disolución en calizas).

El "Uranófano" secundario del cuerpo radiactivo del yacimiento "El Nopal"- presupone el autor que fue derivado por lixiviaciones de concentraciones primarias ascendentes (origen hidrotermal) y que han emigrado en forma de "mineralizaciones secundarias" hacia unidades estratigráficamente inferiores (origen descendente).

h),- Método de Muestreo.-

La técnica de muestreo aplicado del cuerpo mineralizado uranífero en la Mina "El Nopal" fue la de "muestrear en canal", abriendo franjas en semicírculo en la roca mineralizada, y siguiendo la tabla derecha, techo, piso y tabla izquierda en las diferentes obras abiertas de este yacimiento con carácter de exploración geológica-minera.

La concentración de uranio en el "cuerpo brechado" manifestada por la radiactividad levantada por radiometría, en su exploración a base de frentes, cruceros, contra-cruceros, pozos y contra-pozos, presenta variabilidad, por tanto la técnica del muestreo de canal en semicirculo se vió como la más conveniente para el caso del yacimiento uranífero "El Nopal".

Para ello previamente, se procedió a limpiar la franja elegida para arrancar muestras de roca, para no tener valores erróneos por una excesiva concentración errática en alguna zona y consistió en quitar la delgada costra de oxidación a lo largo de las franjas en semi-círculo trazadas.

Las franjas tienen unos 10 cms. de ancho y 2 cms. de profundidad, con un espaciamiento sistemático igual a un metro; todo el material de roca arrancado para objeto de tener muestras representativas se cortaron de esa manera, siguiendo el método tradicional y explicado en la literatura de exploración geológica minera.

Para la correcta ejecución de éste método de "muestreo en - canal" se necesitan dos hombres, uno va provisto de un martillo

de acero de unos 2 Kgs. de peso y un cincel de acero templado terminado en punta, con el cual opera, arrancando la roca de las franjas en semicírculo, el otro hombre extiende una lona sobre el piso en donde cae el material de roca arrancado (fragmentos, esquirlas y polvo), el cual debe reunirlo en la lona, y triturar este materal de roca, y se coloca en sacos de lona de 2 kgs. de capacidad, se le adjunta tanto dentro de la bolda como fuera de ella una etiqueta, la que indica el número de muestra, lugar de muestreo, nivel y nombre de la mina.

Una vez terminada la etapa anterior de muestrear se sacan las muestras obtenidas fuera de la mina a fin de ser aún mas quebradas. mezcladas y cuarteadas, afin de obtener un "compósito" y que representa a una muestra representativa del yacimiento considerado como un todo.

Estas muestras representativas del yacimiento de "El Nopal" se enviaron a los laboratorios del Instituto Nacional de Energía Nuclear donde se determinó la ley en "kgrton de U_3O_8" de cada - muestra tomada en las obras de exploración abiertas en esta mina, asi mismo la determinación de la especie mineralógica radiactiva (Uranofano), por el método de difracción de Rayos X; los elementos químicos presentes en las muestras en porcientos decrecientes por Espectrografía, y estudios especiales de carácter metalúrgico: de beneficio y concentración de compuestos de uranio (concentrados de Uranio) que puedan representar utilidad económica-industrial.

i).- Ley del depósito Uranífero.-

Del muestreo sistemático del "cuerpo radiactivo" o sea el - "cuerpo brechado", efectuado en las obras de exploración que lo - delimitan en cada nivel, se obtuvo información sobre los valores de óxidos de Uranio, de cada muestra de "canal" cortada. Dichas muestras de "canal" representativas del cuerpo mineralizado por Uranio en cada uno de los cinco niveles de que consta actualmente esta mina, se enviaron al laboratorio de Química Inorgánica - deñ I.N.E.N. para ensayes de determinación de valores en % de U_3O_8.

A causa de que en cada nivel, se muestreó sistemáticamente cada metro, dentro y fuera del cuerpo mineralizado por Uranio (franjas en semicírculo cada metro), en sus diferentes obras de exploración (frentes, cruceros, contra cruceros, pozos, contra pozos), así de cada nivel se tiene un número algo grande de muestras con valores de procientos de U_3O_8, por ello se tiene que hacer un promedio aritmético de las muestras con valores que caen dentro de la forma del cuerpo mineralizado por Uranio ("Cuerpo Brechado"), así se procedió para cada nivel (cinco en total, en esta mina).

A continuación se dan las leyes promedio de U_3O_8 de cada nivel:

Nivel	Ley promedio (% U_3O_8).
0	0.492
-20	0.212
-40	0.376
-70	0.036
-100	0.016

Como estos valores de uranio, son de muestras resultantes de un muestreo sistemático, se consideran como resultados químicos representativos de la mineralización uranífera del depósito "El Nopal".

j).- R e s e r v a s.-

Se entiende por "reserva mineral" a la concentración de substancias minerales explotables y de utilidad económica.

Para una correcta estimación o determinación de una reserva mineral es necesario conocer: mediciones directas, resultados de ensayes químicos y las características sobre la completa geología del yacimiento.

Se ha establecido varias clases de reservas, por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, para depósitos radiactivos: medidas, indicadas, inferidas y potenciales.

Reservas medidas.-

Las condiciones necesarias para llamar "reservas medidas" a las calculadas en un depósito son:

-La ley es el resultado de ensayes químicos a muestras que se han obtenido de un muestreo detallado y sistemático (muestras de un "compósito").

-Levantamiento topográfico preciso de las diferentes obras de exploración (medidas reales de frentes, socavones, cruceros, etc.)

-Conocimiento de la forma, extensión, dimensiones de los cuerpos mineralizados, así como su actitud en el subsuelo (obras de explo-

ración, perforaciones, etc.), los cálculos de áreas, volúmenes, tonelajes y leyes promedio son bastante reales.

Reservas indicadas.-

Si la información se obtiene de sitios no muy adecuados o convenientes, por tanto los cálculos para tonelaje y leyes no serán reales, además generalmente el muestreo de los cuerpos no se ha realizado sistemáticamente, parte de la información geológica, es inferida, o sea que no tiene un buen nivel de seguridad para hacer estimaciones reales.

Reservas Inferidas.-

También los cálculos sobre reservas son a partir de datos inseguros, acerca de la forma, dimensiones, y actitud de los depósitos minerales.

No existen ensayes representativos, (muestreo sistemático), escasean las mediciones correctamente adecuadas, mucha de la información está basada en continuidades supuestas por comparaciones con otros depósitos de carácter geológico similar.

Si se hace estimaciones con sólo datos superficiales, en cuerpos no muy completamente aflorantes, los datos sobre áreas, volúmenes, tonelajes, no pueden tomarse como seguros.

Reservas Potenciales.-

Representan estimaciones de reservas de depósitos que se han deducido a partir de datos muy generales. (Gen. de geología regional). Son "reservas estadísticas".

La estimación de las reservas de mineral de uranio del yacimiento uranífero "El Nopal", comprendió básicamente las etapas siguientes:

I).- Levantamiento geológico-radiométrico de detalle, de cada obra de exploración, implicando previamente trabajo topográfico, a fin de contar con los planos topográficos de la mina.

El levantamiento geológico proporcionó información sobre variaciones litológicas, contactos, sistemas de fracturas, alteraciones, zonas mineralizadas por Uranio; con apoyo de la radiometría levantada con "cintilómetros" se puede delimitar la forma del cuerpo mineralizado, y su prolongación horizontal y vertical, este trabajo se efectuó en las diferentes obras mineras de cada nivel.

II).- A partir de la topografía y geología levantada (superficie y mina), se construyó una sección geológica vertical transversal que sirvió de base para dividir al cuerpo mineralizado (de forma de "embudo invertido en sección") en bloques convenientes para cubicación de sus reservas. Los bloques para este cálculo, deben tener dimensiones reales conocidas (área, profundidad, o altura promedio, volumen, tonelaje, ley media en % de U_3O_8, y producto tonelaje x ley media) y se construyó con esos datos una tabla de cálculo de reservas, la ley media obtenida del yacimiento en conjunto ha resultado de valor económico y por tanto explotable la concentración de mineral secundario uranífero, con leyes variables a profundidad.

Para esta yacimiento uranífero "El Nopal" en la Sierra de Peña

Blanca, se ha proyectado la construcción de una planta de beneficio y concentrado del mineral uranífero (por el método alcalino). Esta planta igualmente podrá beneficiar minerales uraníferos, que se han localizado en varios sitios (anomalías radiométricas). dentro de la Sierra de Peña Blanca y que al presente se investigan - mediante estudios y programas de exploración geológico-radiométricos, con el objetivo de ver si desarrollan en depósitos o cuerpos mineralizados por secundarios uraníferos, de rendimiento económico industrial y como fuentes de materia prima radiactiva.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

C O N C L U S I O N E S

Y

R E C O M E N D A C I O N E S

6.1.- Conclusiones.-

De acuerdo con la información y datos que se obtuvieron al desarrollar el presente trabajo, se llega a lo siguiente:

La mineralización presente en el yacimiento uranífero "El Nopal", se considera de origen hidrotermal, por la presencia de primario de uranio, en riolita porfírica del miembro lávico de la FM. Nopal, la mineralización fue emplazada en el "Cuerpo Brechado" tanto del miembro superior riolítico, como del miembro inferior (tobáceo lítico), esta mineralización original evolucionó por amplias lixiviaciones hacia secundario de uranio (Uranófano $Ca(UO_2)_2(S_iO_3)(OH)_2\ SH_2O$, a partir de Uraninita, (UO_2).

Se exploró y desarrolló el depósito de uranio en un total de 26 meses de actividades geológico-mineras, y se cubicó un total de 225,408.50 Tons. de mineral de uranio, con ley media igual a 1.620 Kg.xTons. (de secundarios uraníferos).

El yacimiento uranífero "El Nopal", por sus características geológicas de ocurrencia, así como por su potencialidad, es al presente, el yacimiento de uranio mejor, que se ha descubierto.

Las rocas ígneas ácidas (extrusivas) de la porción norte de la Sierra de Peña Blanca, del Terciario Medio y Superior presentan un importante grupo de anomalías aero-radiométricas, mismas

que en condiciones favorables, pueden formalizar en buenos depósitos uraníferos.

Esta zona por tanto posee gran importancia, por ser potencialmente uranífera y así como el conocimiento del control estratigráfico y estructural, tanto de superficie como de subsuelo, de la mineralización por secundarios de uranio.

Como se indicó anteriormente; en esta porción septentrional - de la Sierra de Peña Blanca, por contener un buen número de anomalías radiométricas (104), puede considerarse como una pequeña provincia uranífera en rocas volcánicas del Terciario y sedimentarias marinas mesozoicas del período Cretácico.

6.2.- Recomendaciones.-

Como la mineralización uranífera tanto de este yacimiento, - como de las áreas vecinas dentro de la porción norte de la sierra de Peña Blanca se presenta en rocas ígneas extrusivas ácidas, es recomendable realizar estudios geológico-económicos en esta porción, y también que considerando, que el yacimiento de "El Nopal" es el más importante a la fecha en rocas ígneas ácidas del Terciario, sería adecuado iniciar estudios científicos en regiones de - similitud geológica tanto dentro del Estado de Chihuahua, como de otros Estados de la República, ya que hay probabilidades de poder contar con depósitos, como el tratado en el presente trabajo.

Conforme a los programas actuales de trabajo en las zonas de anomalías descubiertas en áreas próximas a este yacimiento es recomendable seguir investigando a profundidad con el equipo neumá-

tico de perforación (martillo de percusión y rotación), en sitios donde existan condiciones estructurales índices en las rocas ácidas volcánicas de la parte norte en la sierra de Peña Blanca, las condiciones estructurales índices son: zonas de fracturamientos, con mineralización uranífera alojada en él, y que superficialmente corresponden a puntos de altos radiométricos. Así como que en dichas fracturas se presenten óxidos de fierro que es una guía mineralógica, ya que los secundarios uraníferos parece ser se hallan asociados con esos óxidos fierro, (hematita goethita, limonita).

En estos sitios seleccionados, (con bases exploradoras), dar barrenos verticales e inclinados en forma de abanico (a 15°, 30°, 45°, 60°, 75° de inclinación, y entre 40.0 m a 60.0 m de profundidad). a fin de bloquear y cortar estructuras o "cuerpos brechoides" donde se almacenen minerales secundarios uraníferos a profundidad.

Así mismo como las áreas próximas a este importante yacimiento uranífero contienen grupos de altos radiométricos, tanto en las rocas volcánicas ácidas del Terciario, así como en las rocas mesozoicas marinas del Cretácico Inferior, dentro de la porción septentrional de la sierra de Peña Blanca, se recomienda delimitar áreas que encierren grupos de altos radiométricos y trazar dentro de esas áreas cuadrículas de perforación con espaciamientos convenientes y desarrollar una táctica exploratoria de subsuelo a base de pozos perforados en cada punto de la cuadrícula trazada y que pueden ser verticales e inclinados, con disposición (en abanico), y siguiendo el criterio de inclinaciones y profundidades

arriba anotados, con esto se podría contar con un efectivo control detallado del grupo de formaciones que integran la sección volcánica Terciario de la porción septentrional de la sierra de Peña Blanca donde se han localizado grupos de puntos de altos radiométricos, y con el trabajo de perforación con barrenos neumáticos poder contar como se apuntó anteriormente, con datos sobre la profundización o no, de mineralización uranífera siguiendo estructuras favorables en el subsuelo.

VII.- BIBLIOGRAFIA

Y

REFERENCIAS

7.1.- B I B L I O G R A F I A.-

Principios de Geología. . . . . Edit. Aguilar (1964).

J. Gilluly, A.C. Waters, A.O. Woodford.

Principios de Estratigrafía. . . . . Edit.CECSA. (1969).

C.O. Dumbar. J. Rodgers

Petrología. . . . . Edit. UTHE. (1968).

W. Huang.

Petrografía. . . . . Edit. CECSA. (1968).

H. Williams, F. Turner, Ch. M. Gilbert.

Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico.Edit.Omega. (1957).

A. M. Bateman.

Rocas Sedimentarias. . . . . Edit. EUDEBA, (1963).

F. J. Pettijohn.

Structural and Tectonic Principles. . . . . Edit.Harper International Students. (1965).

P. C. Badgley.

Topografía General (IV). . . . . Representaciones y Servicios de Ingenieria - (UNAM) (1970).

Código de Nomen-latura Estratigráfica. . . . Instituto de Geología (UNAM) (1961).

Geología Estructural. . . . . Edit.Prentice-hall.Inc. (1960)

M.P. Billings.

Geología Estructural. . . . . Edit. Omega (1963).

L.U. de Sitter.

Geología Práctica. . . . . Edit. Omega (1970).

F. H. Lahee.

Geología Histórica. . . . . Edit. CECSA. (1963).

Car. O. Dumbar.

Geología de Minas. . . . . Edit. Omega (1961).

H.E. Mc Kinstry.

Geoquímica. . . . . Edit. Aguilar (1962).

Kalervo Ra-kama y Th. G. Sahama.

Manual para la Exploración del Uranio. . . . C.N.E.N. (1958).
Ing.F.A.Echagaray.

Manual de Mineralogía. . . . . Edit.Reverté (1960).

E. Wm. Heinrich.

Introducción a la Prospección Geofísica. . . Edit.Omega (1969).

M.B. Dobrin.

7.2.- R E F E R E N C I A S .-

Memoria de la VIII Convención Nacional de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgístas y Geólogos de México.Taxco,Gro.Oct. 1969.

Páginas Nos. 261-274.

Boletín Meteorológico del Estado de Chihuahua. vol.9. . . . . Servicio Meteorológico del Edo.de Chihuahua. (1970).

Mapa del Estado de Chihuahua. . . . . S. A. G. Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología. Depto.Geográfico. Esc. 1/4000 000, 1939.

Plano Geológico del Estado de Chihuahua (Compilación de planos de archivos de - Petróleos Mexicanos). por JC.Ramírez M. y Fco.Acevedo C. Esc.1/1000 000 (1956).

Monografías Municipales del Edo.de Chihuahua. (Centro de Estudios Económicos. U.A.CH. (1971).

Geología, Paleografía y Tectónica de México. Ing. Manuel Alvaréz Jr. (Apuntes para la clase de Geología de México. Fac.de Ing. UNAM.) (1963).

Resultados de las Exploraciones Geológicas Mineras realizadas por la C.N.E.N. en la - República Mexicana en lo referente a Minerales Radiactivos. . . . . C.N.E.N. No. 141 (G-2) Dic. 1963.

Ings. Fco. Antúnez Echagaray
Jesús Ruíz Elizondo
Alejandro Calderón G.

Epocas Metalogenéticas.

Ing. Manuel Ayvarez Jr. (1961). . . . . Sociedad Geológica Mexicana sobretiro Boletín No. 1 Tomo No.24.

Zonificación Metalo Tectónica

Regional de México.

John W. Gabelman

(miembro de la Comisión de Energía

Atómica de E. U. A.. . . . . C. N. E. N. México, 1968.

Notas sobre la Geología de Chihuahua

Vol. 9, Asoc. Mex. Geol. Petrol.. .

Páginas 503-718. . . . . En Tésis Profesional Valentín Iparrea UNAM. (1959)

Ramírez J. C. y Francisco Acevedo C.

Climatología de México

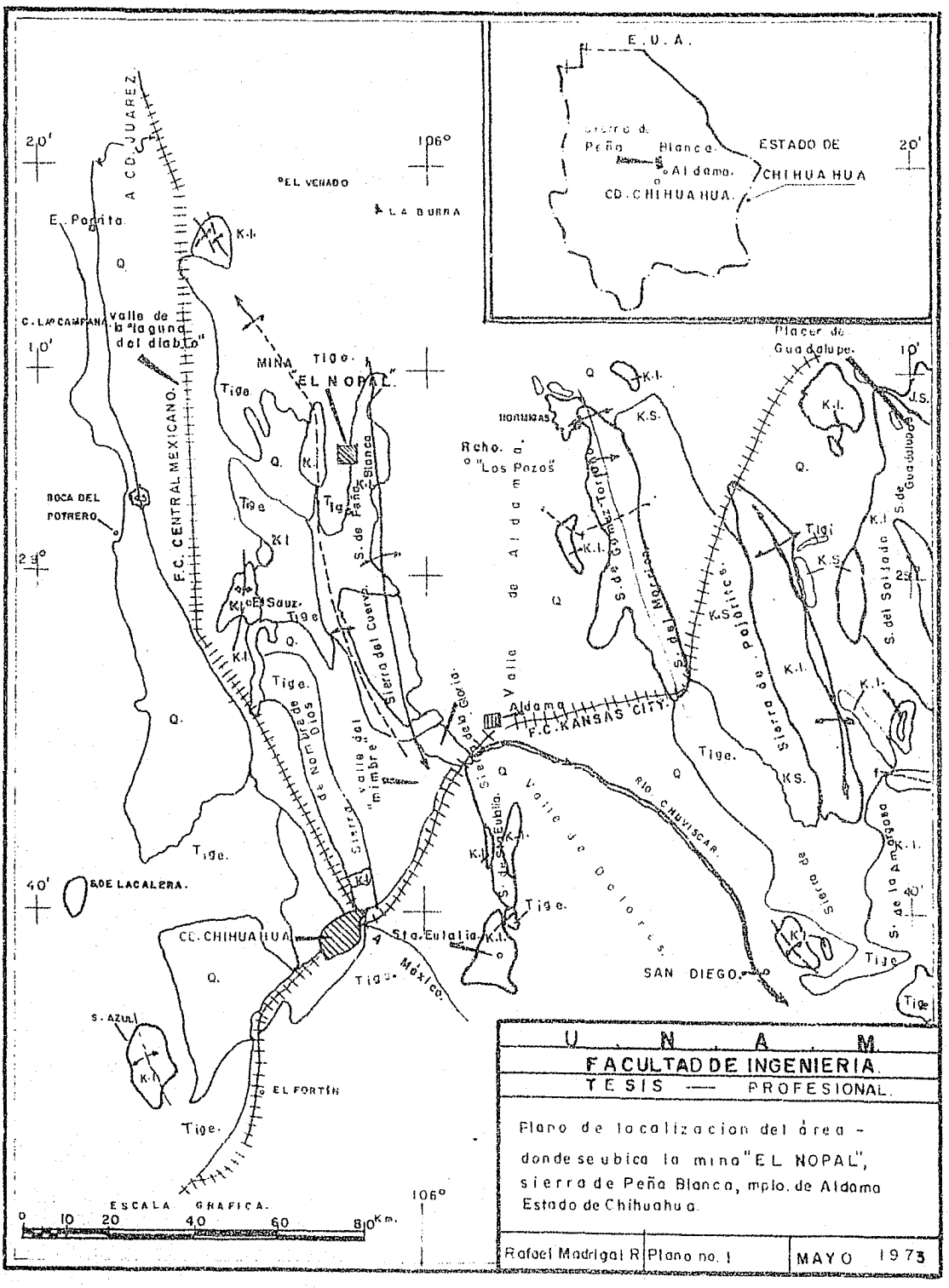
(tablas)

Koeppen (1963). . . . . En Tésis Profesional Ramirez Olvera Enrique (UNAM 1971).

Depósito de Uranio en la Mina

Noche Buena. Mpio. de Opodepe,

Edo. de Sonora. . . . . En Tésis Profesional Yza Domínguez Roberto. (1965). UNAM.



U N A M

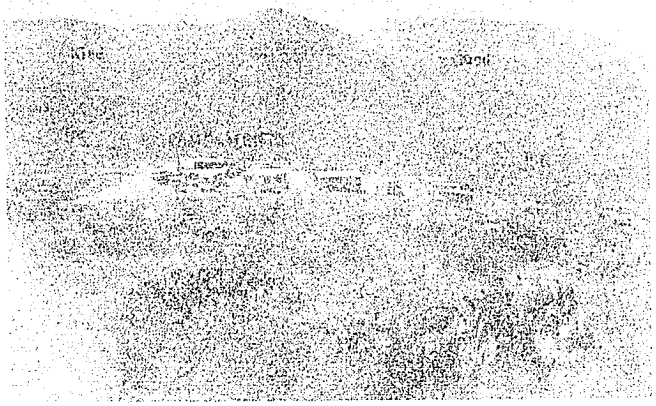
FACULTAD DE INGENIERIA.

TESIS —— PROFESIONAL.

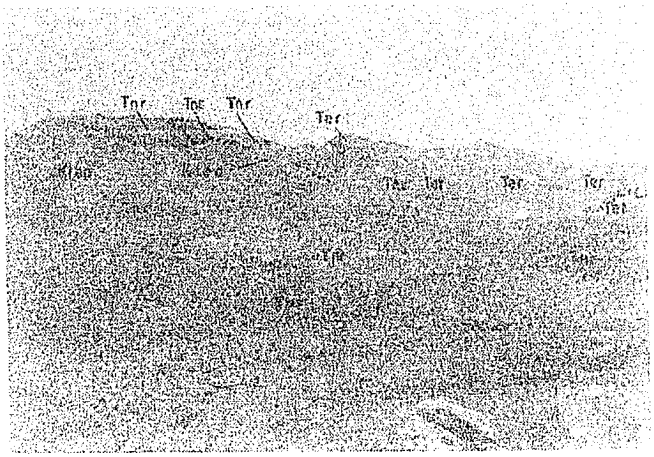
Plano de localizacion del área - donde se ubica la mina "EL NOPAL", sierra de Peña Blanca, mpio. de Aldama Estado de Chihuahua.

Rafael Madrigal R.	Plano no. 1	MAYO 1973

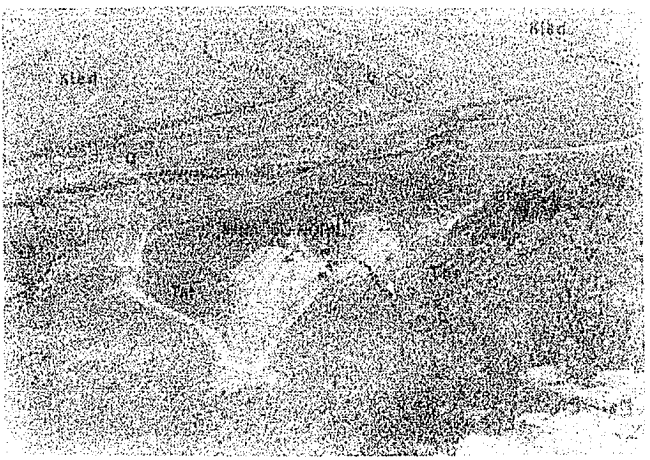
Fotografía No.1, - Cap. II. Campamento de Exploración Geológico-Radiométrica "El Nopal" - del INEN. Sierra - de Tierra Blanca,- Edo. de Chihuahua.

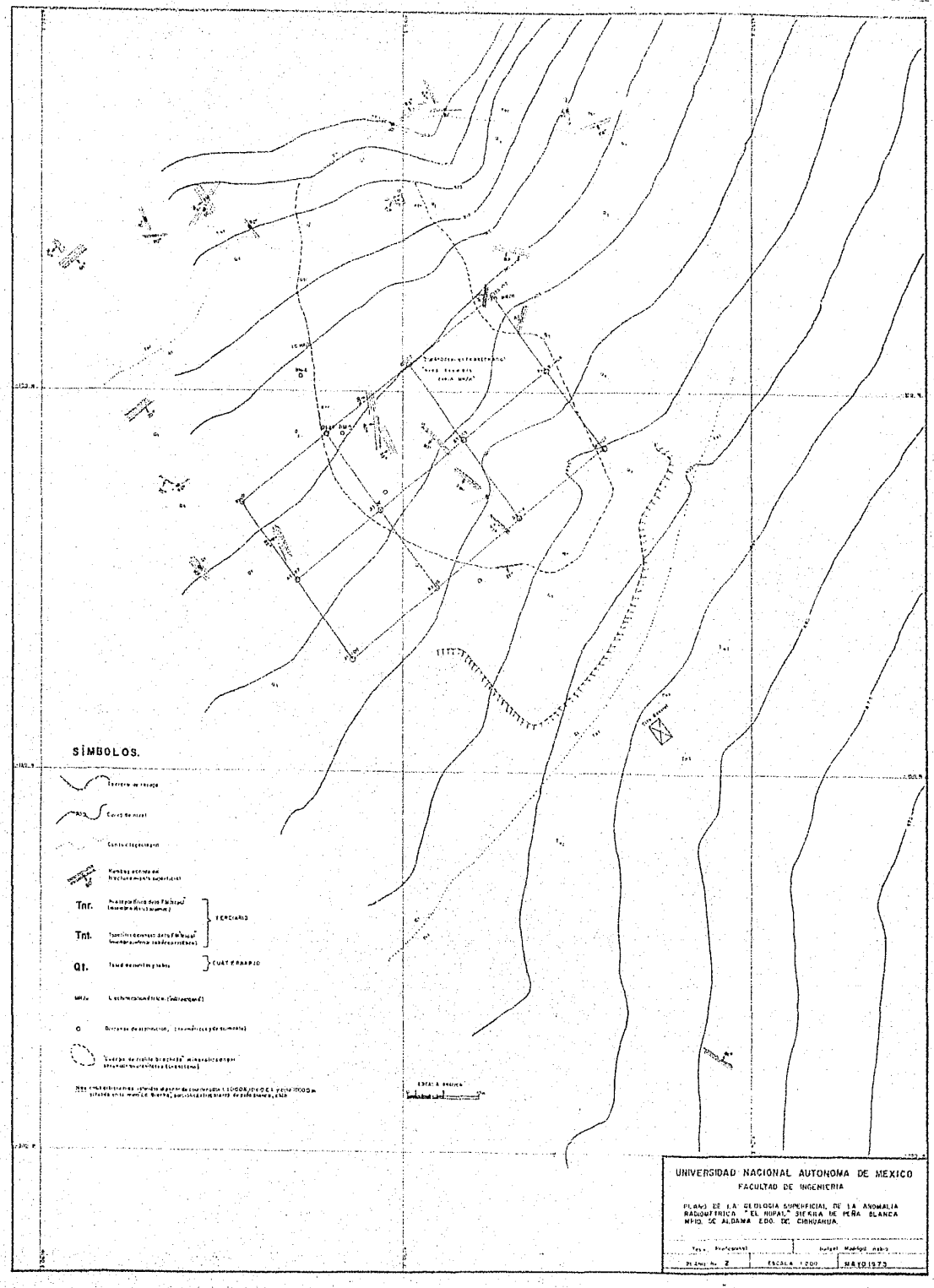


Fotografía No.2, - Cap. IV. Estratigrafía del área próxima al yacimiento de uranio "El Nopal" en la porción centró-oriental de la Sierra de Peña Blanca.



Fotografía No. 3, - Cap. V. Geología del Yacimiento.



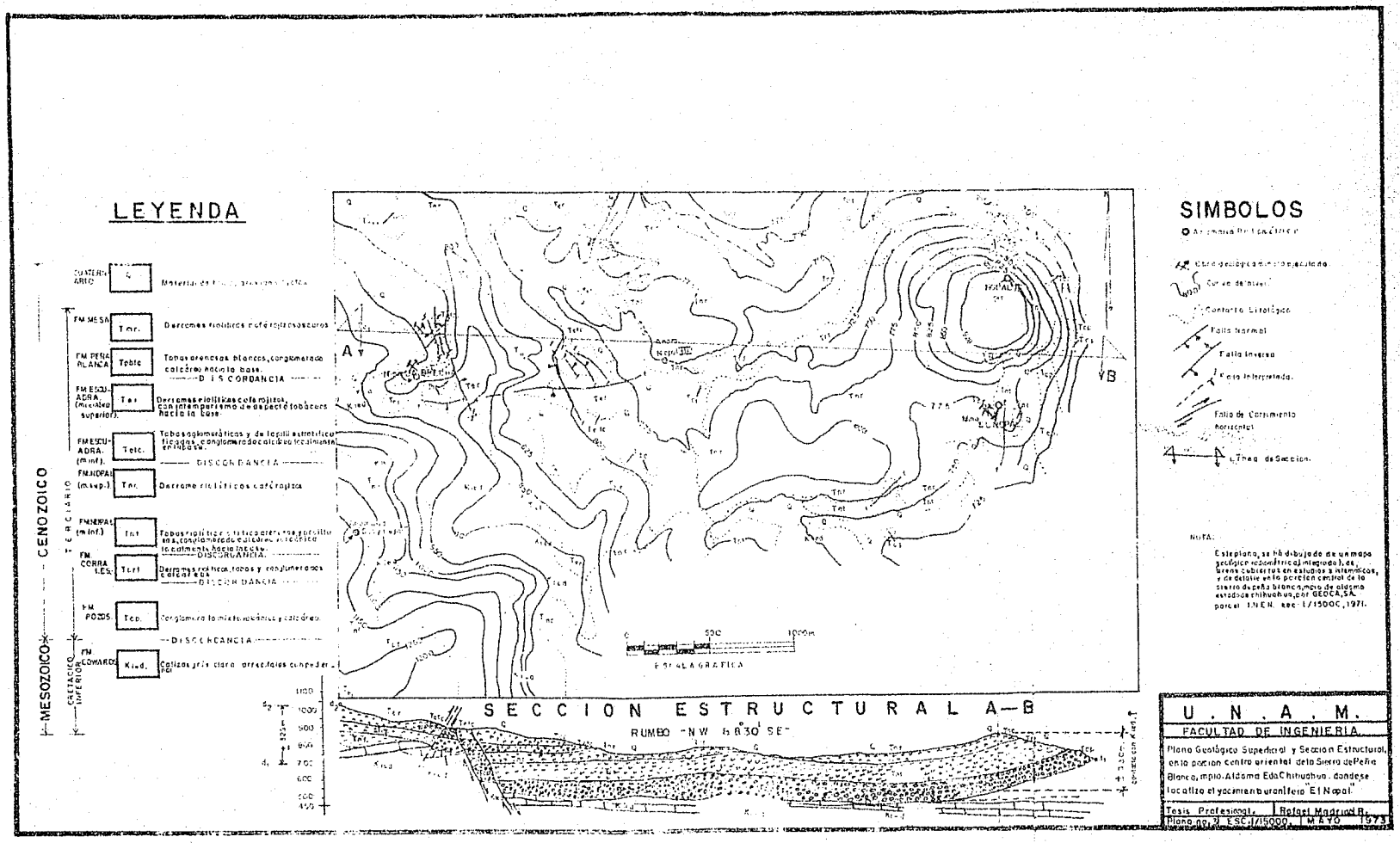


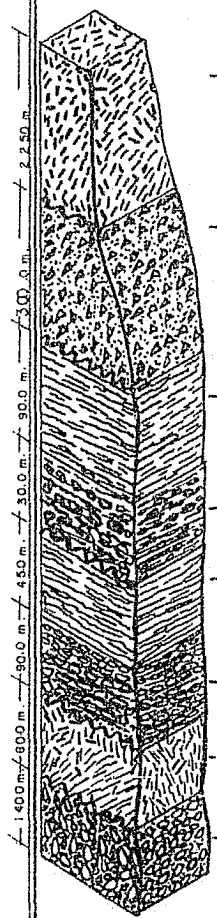
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE LA GEOLOGIA SUPERFICIAL DE LA ANOMALIA RADIOMETRICA "EL NOPAL" SIERRA DE PEÑA BLANCA MPIO. DE ALDAMA EDO. DE CHIHUAHUA.

Tesis Profesional	Autor: Rodrigo Mata
Plano No. 2	ESCALA 1:20 000 MAYO 1979


LEYENDA
CENOZOICO
MESOZOICO
TERCIARIO
CRETACICO INFERIOR
CUATERNARIO
Q
FM. MESA
Tmr.
Derrames riolíticos café rojizos oscuros
FM. PEÑA BLANCA
Tpbte
Tobas arenosas blancas, conglomerado calcáreo hacia la base.
DISCORDANCIA
FM. ESCUADRA (miembro superior)
Tsr
Derrames riolíticos café rojizos, con intemperismo de aspecto tobáceo hacia la base.
FM. ESCUADRA (m.inf.)
Tetc.
Tobas aglomeráticas y de lapilli estratificadas, conglomerado calcáreo localmente en la base.
DISCORDANCIA
FM. NOPAL (m.sup.)
Tnr.
Derrame riolíticos café rojizos
FM. NOPAL (m.inf.)
Tnt
Tobas riolíticas, tobas arenosas y arcillitas, conglomerado calcáreo, volcánico localmente hacia la base.
DISCORDANCIA
FM. CORRALES
Tcrl
Derrames riolíticos, tobas y conglomerados calcáreos
DISCORDANCIA
FM. POZOS
Tcp.
Conglomerado mixto volcánico y calcáreo.
DISCORDANCIA
FM. COWARDS
Kied.
Calizas gris claro arrecifales con pedernal
A
B
NOPAL
LUNOPAL
0
500
1000m
ESCALA GRAFICA
SECCION ESTRUCTURAL A—B
RUMBO "NW 68°30' SE"
SIMBOLOS
Curva de nivel
Contacto Litológico
Falla Normal
Falla Inversa
Falla Interpretada
Falla de Cortimiento horizontal
Línea de Sección
NOTA:
Este plano, se ha dibujado de un mapa geológico (adamítrico) integrado), de áreas cubiertas en estudios sistemáticos, y de detalle en la porción central de la sierra de peña blanca, mapa de aldama estado de chihuahua, por GEOCA, S.A. para el I.N.E.R. esc. 1/15000, 1971.
U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
Plano Geológico Superficial y Sección Estructural, en la porción centro oriental de la Sierra de Peña Blanca, mpio. Aldama Edo. Chihuahua, donde se localiza el yacimiento uranífero "El Nopal"
Tesis Profesional.
Rafael Madrid R.
Plano no. 2 ESC. 1/15000
MAYO 1973

ERA.	PERIODO.	COLUMNA ESTRATIGRAFICA.	FORMACION.	DESCRIPCION LITOLOGICA.
CENOZOICO	TERCIARIO. (Oligoceno — Plioceno)?		MESA.	Derrames riolíticos café-morado, con-asimilaciones de líticos; No mineralizado por Uranio.
			Peña Blanca	Tobas arenosas blanquecinas a gris claro, y-conglomerado calcáreo hacia la base. No mineralizada-por Uranio.
			Escuadra. (miembro-superior).	Derrames riolíticos café rojizos, textura porfírico-fluidal, mineralizada por secundarios uraníferos.
			Escuadra. (miembro-inferior).	Tobas aglomeráticas y de lapilli estratificadas-mineralizada, por secundarios uraníferos.
			Nopal. (miembro superior).	Derrames riolíticos café rojizos-grisáceos, textura porfírico, inclusiones de líticos ácidos y bandas-de fluidos, mineralizada por primarios y secundarios de uranio.
			Nopal (miembro inferior).	Tobas arenosas líticas moradas-rojizas y cremas-mineralizada por secundarios de uranio
			Corrales	Derrames riolíticos café-rojizos micáceos-tobas y conglomerados calcáreos hacia la base. No mineralizado por uranio.
			Pozos	Conglomerado, mixto calcáreo y fragmentos volcánicos-no mineralizado por uranio.

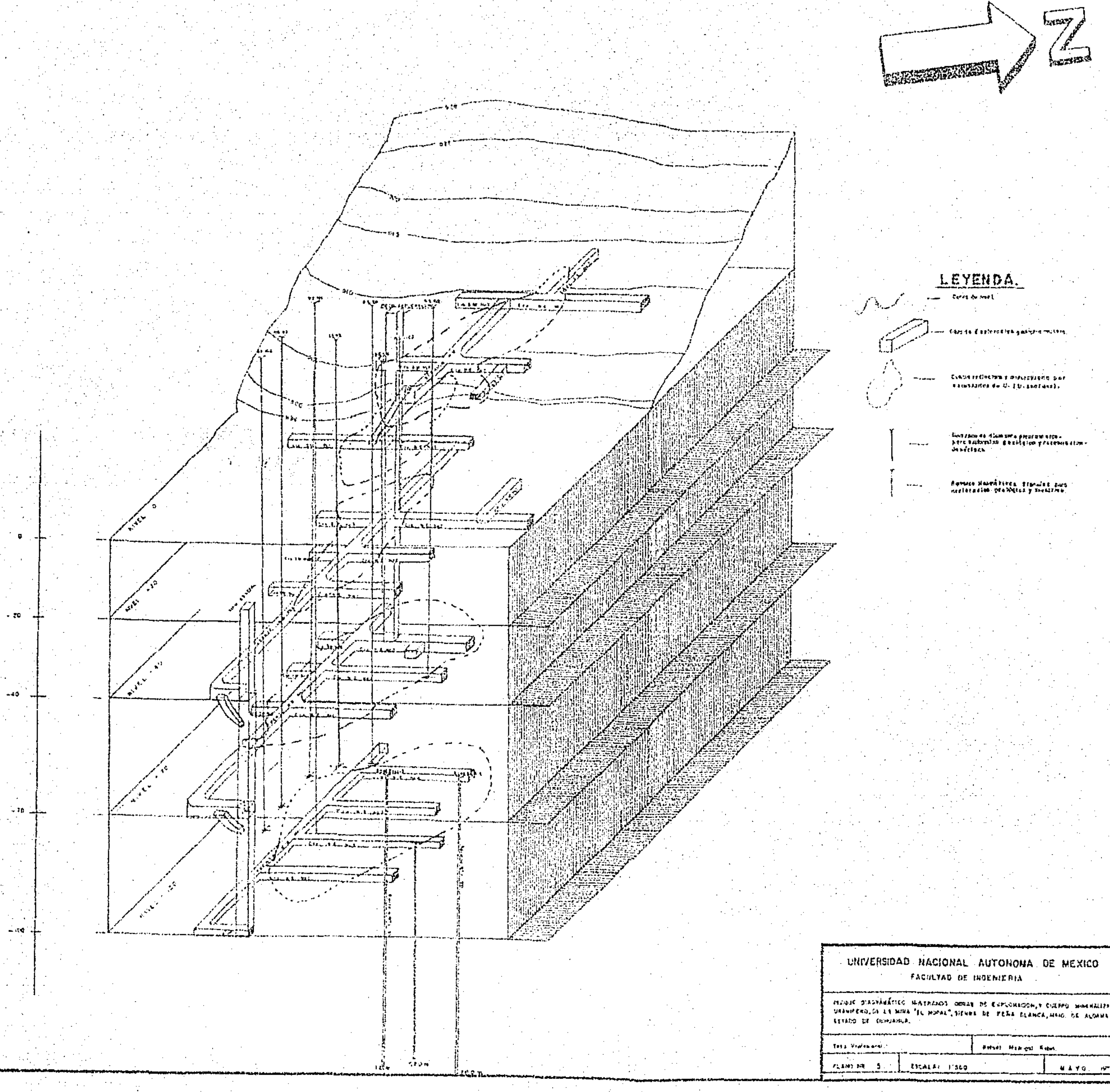
Nota: Los espesores indicados son aproximados se midieron gráficamente de secciones geológicas de un plano geológico integrado de la sierra de Peña Blanca. (GEOCA-S.A. para INEN).

U . N . A . M.

FACULTAD DE INGENIERIA.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA SECUENCIA VOLCÁNICA, EN LA SIERRA PEÑA BLANCA MPIO. DE ALDAMA, ESTADO-DE CHIHUAHUA.

Rafael Madrigal R. | TESIS PROFESIONAL | MAYO 1973



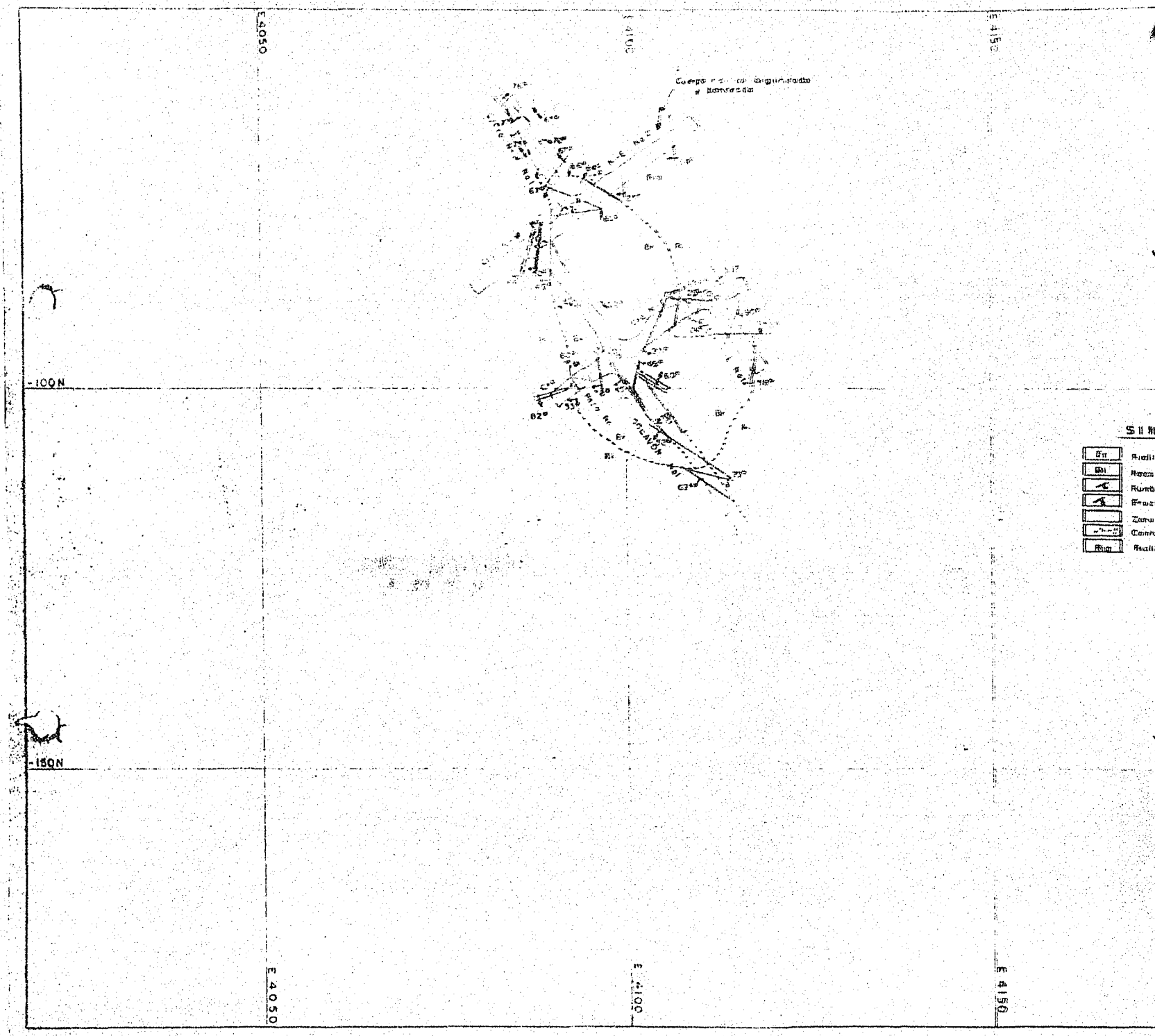
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

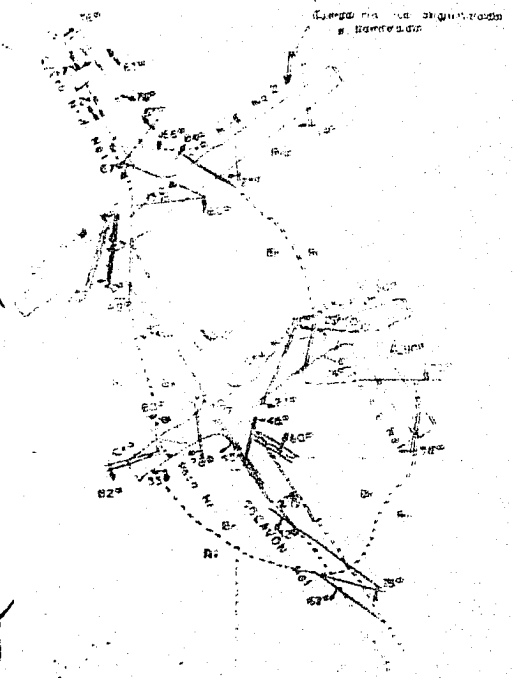
FACULTAD DE INGENIERIA

CROQUIS DIAGRAMÁTICO MOSTRANDO OBRAS DE EXPLORACION, Y CUERPO MINERALIZADO URANIFERO, DE LA MINA "EL NOPAL", SIERRA DE PEÑA BLANCA, MPIO. DE ALDAMA - ESTADO DE CHIHUAHUA.

TESIS PROFESIONAL

PLANO No. 5 | ESCALA: 1:500 | MAYO 1975


E 4050
E 4100
E 4150
-100N
-150N



E 4100

N 4150

-100 M

SIMBOLOS

- Riolita Brechada
- Roca ígnea fallmarina
- Rumbo y Echado de Fractura
- Fractura con mineralización Uranífera
- Zona de concentración de mineralización uranífera
- Contacto Geológico Inferido
- Rocilla Alterada

-150 M

U . N . A . M .		
FACULTAD DE INGENIERIA		
Mina El Nopal, plano geológico, nivel -0- Sierra de Peña Blanca, mpio. de Aldama. Edo. de Chih.		
Tesis profesional.		Rafael Madrigal R.
Plano no. 6	Esc. 1/500.	Mayo 1973

E 4150

E 4100

E 4150

-100 N

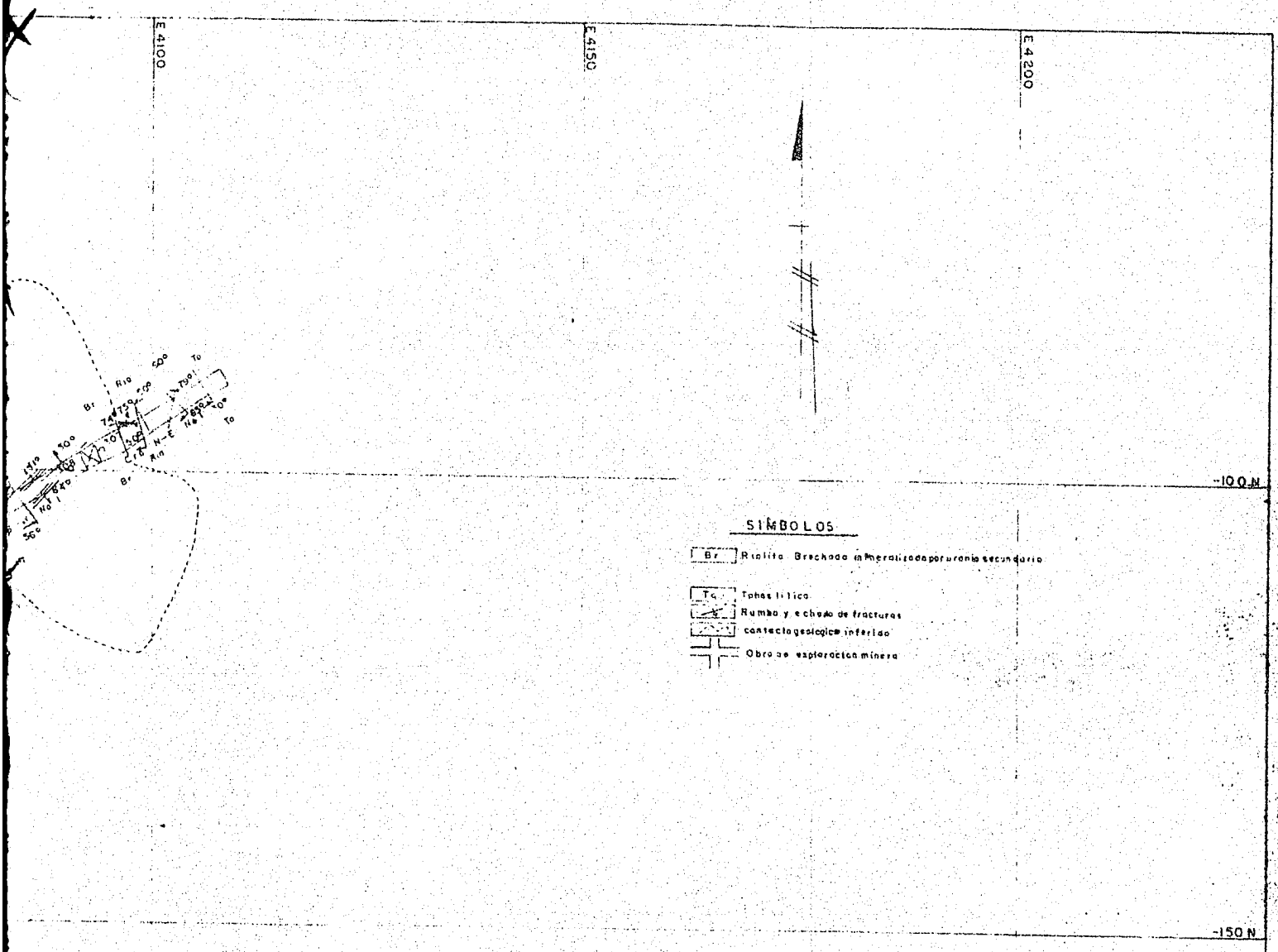
-150 N

E 4050

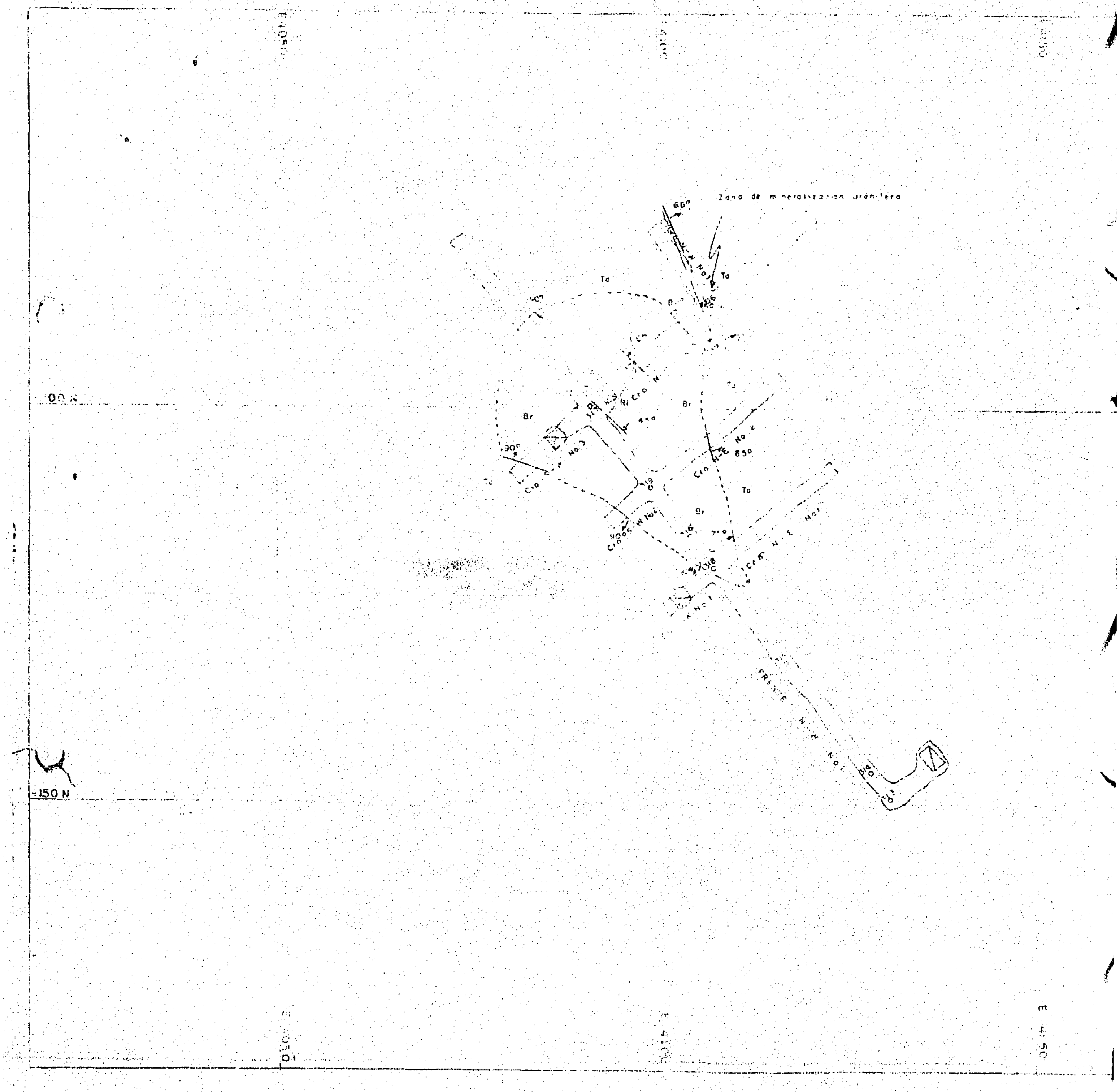
E 4100

E 4150

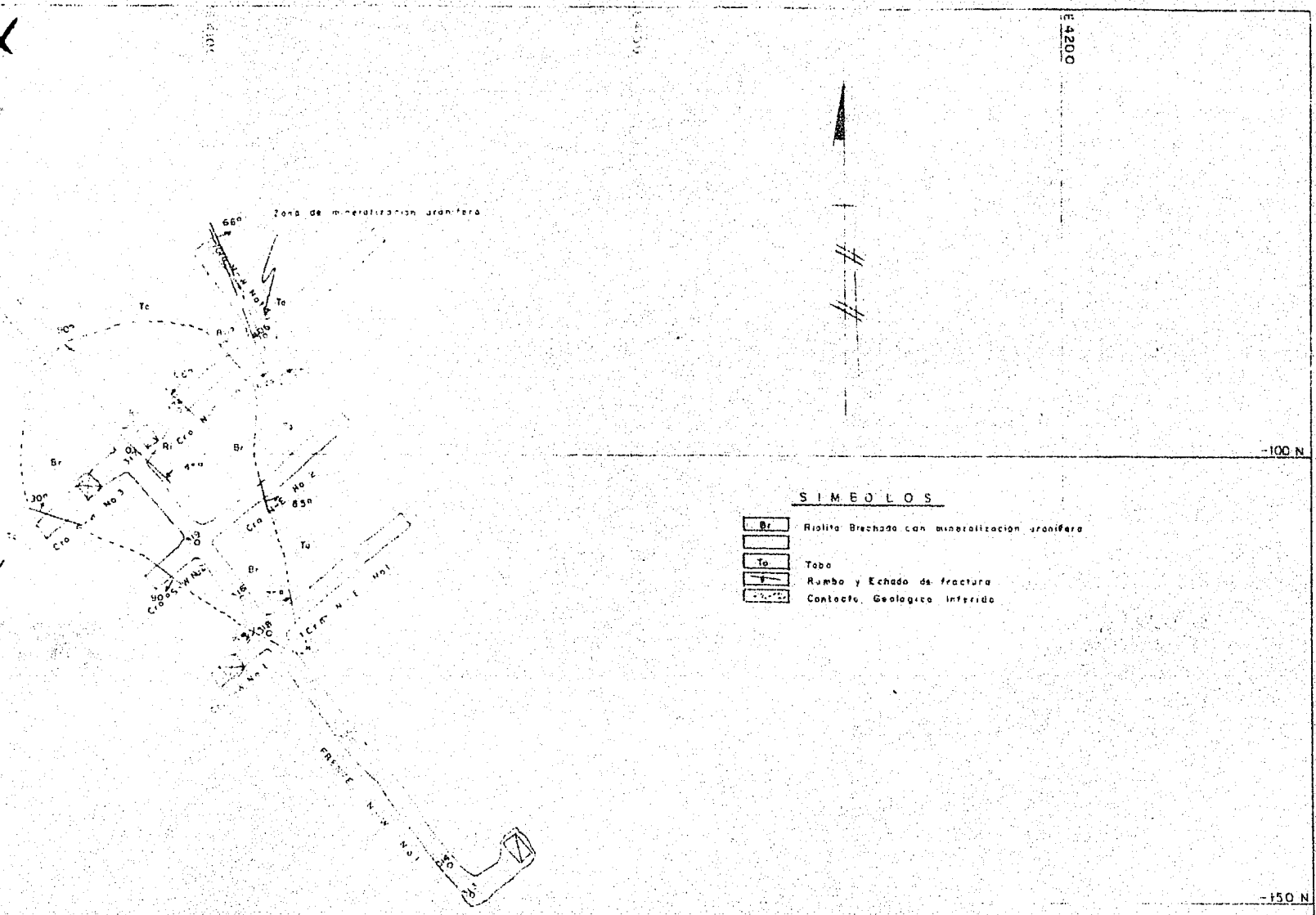
Cuerpo Riolítico Argilitizado
Bandeado



U . N . A . M.			
FACULTAD DE INGENIERIA			
Mina El Nopal, plano geológico nivel -20- Sierra de Peña Blanca mpio. de Aldama - Edo. de Chih.			
Tesis profesional.		Rafael Madrigal R.	
Plano no. 7.	Esc. 1/500.	Mayo.	1973.



Zona de mineralizacion uranifera
Ta
Br
Cro
No. 3
Cro No. 2
Cro No. 1
Frente N-N No. 1
100 N
150 N
E 4050
E 4100
E 4150

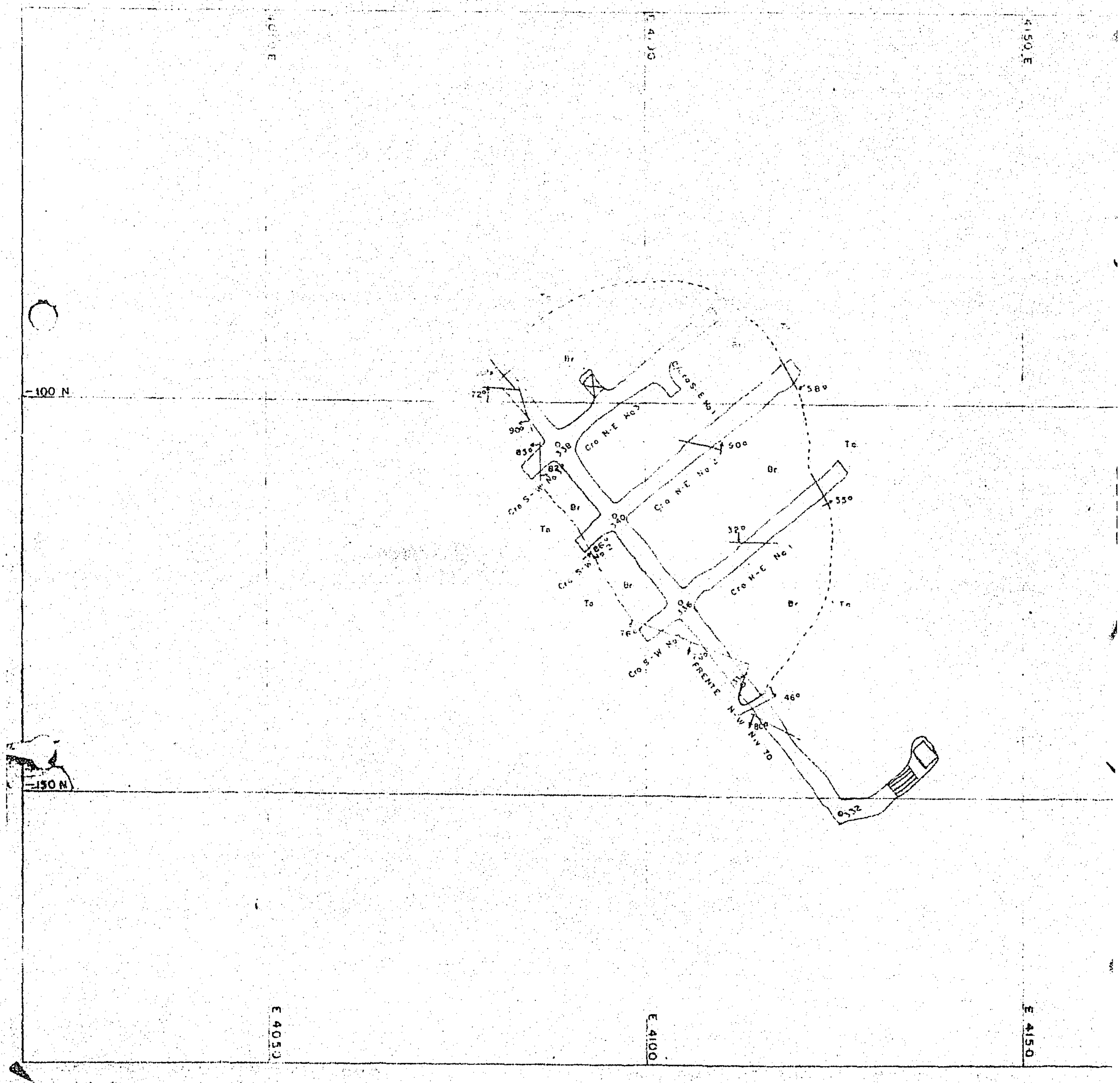


U . N . A . M .

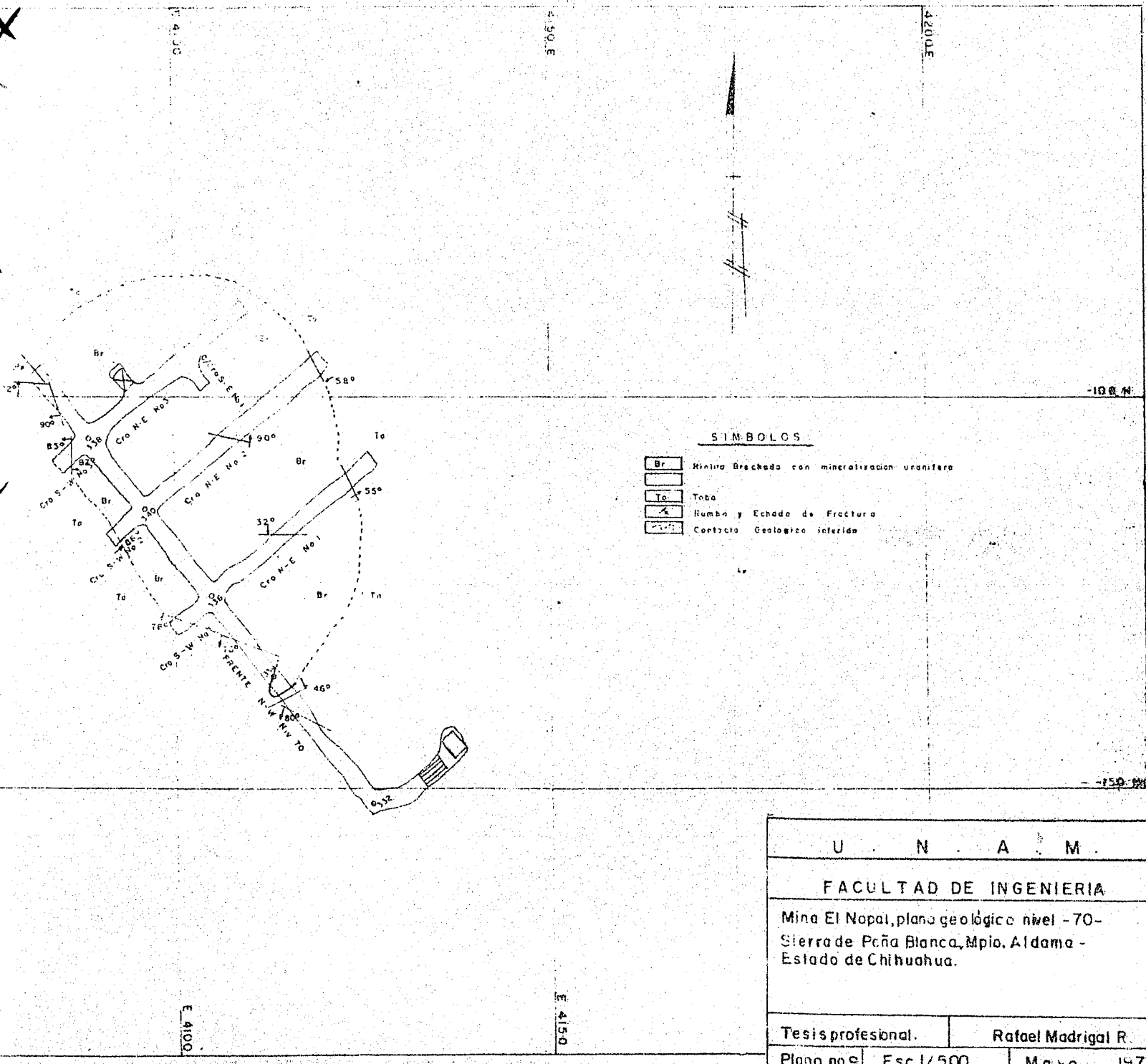
FACULTAD DE INGENIERIA

Mina El Nopal, plano geológico nivel -40-
Sierra de Peña Blanca, mpio. Aldama -
Edo. de Chih.

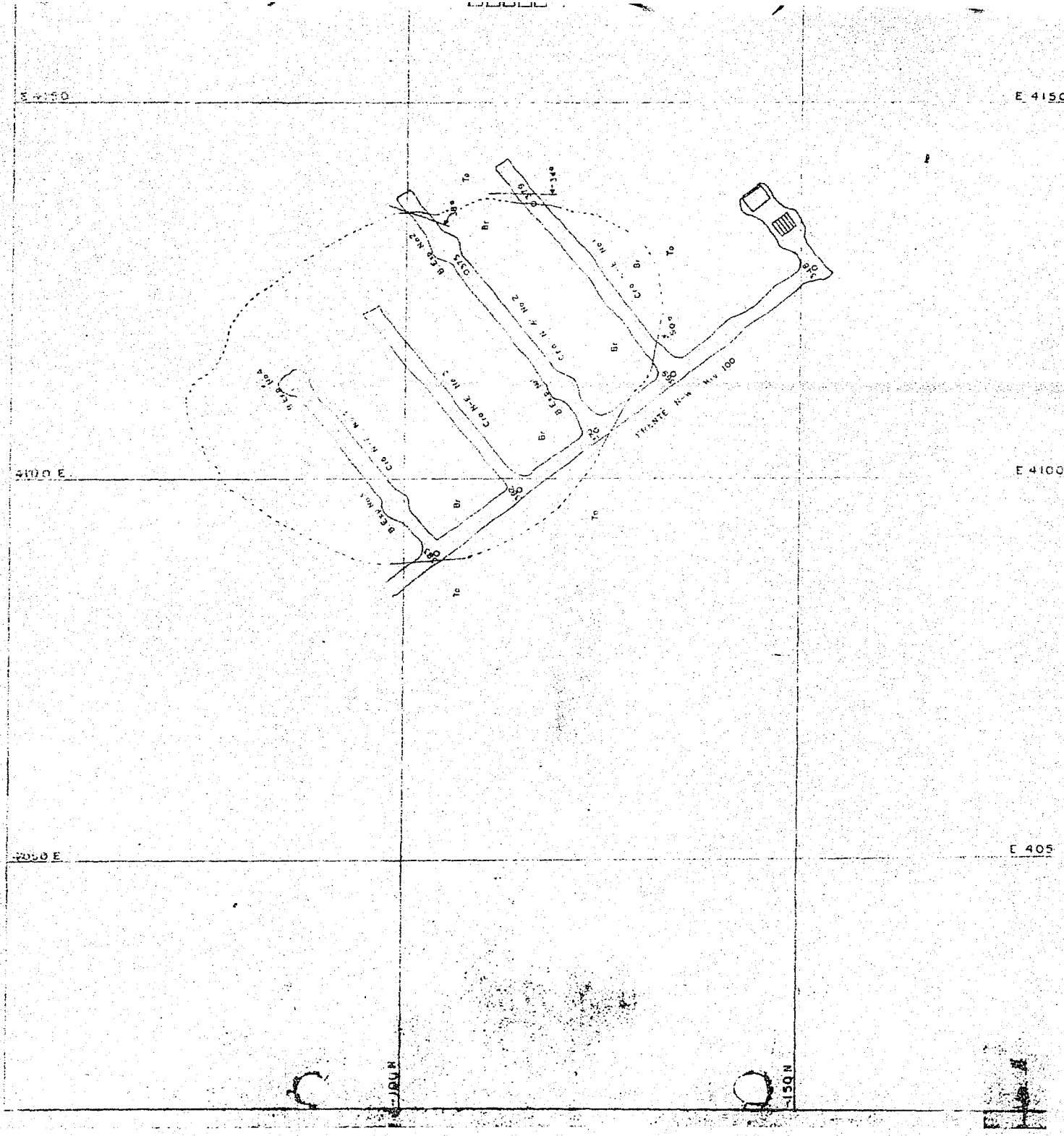
Tesis profesional		Rafael Madrigal R.
Plano no. 8	Escala 1/500	Mayo 1973

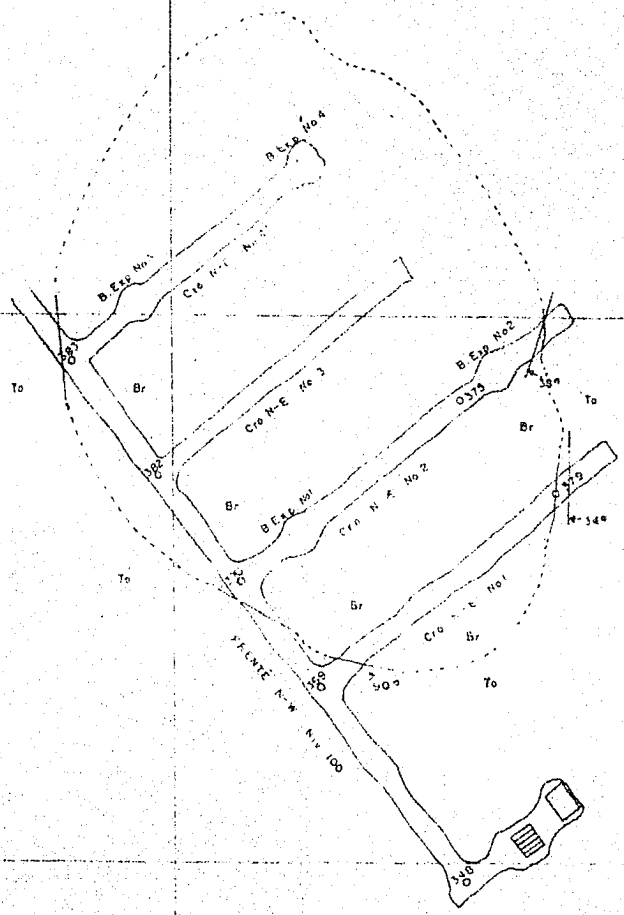


4150 E
-100 N
-150 N
E 4050
E 4100
E 4150
Br
Tn
Cro N-E No 1
Cro N-E No 2
FRENTE
72°
90°
83°
58°
90°
55°
32°
46°



U . N . A . M .		
FACULTAD DE INGENIERIA		
Mina El Nopal, plano geológico nivel -70- Sierra de Peña Blanca, Mpio. Aldama - Estado de Chihuahua.		
Tesis profesional.		Rafael Madrigal R.
Plano no.9	Esc. 1/500	Mayo 1973.

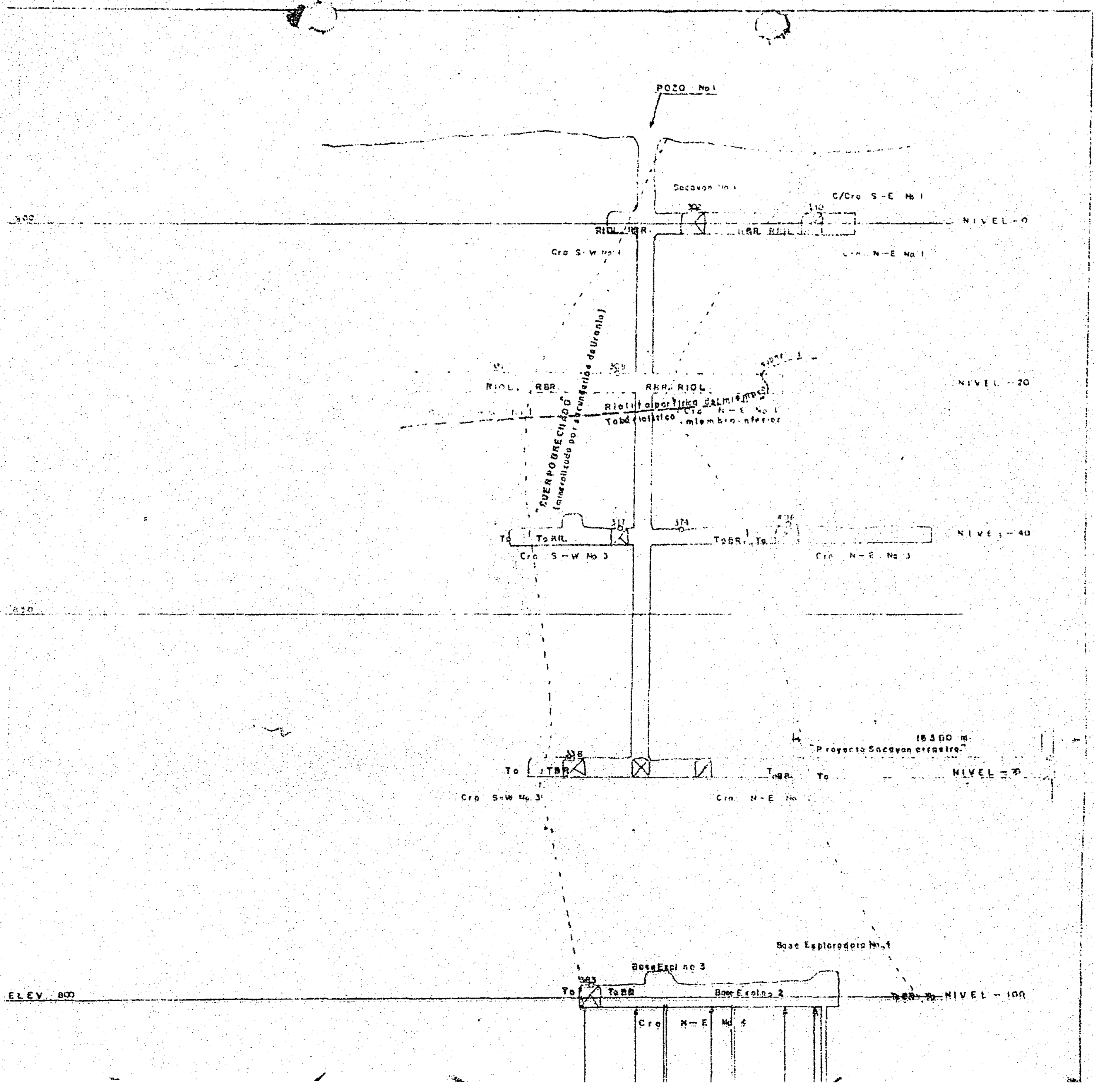

E 4150
E 4100
E 405
150 N
100 N

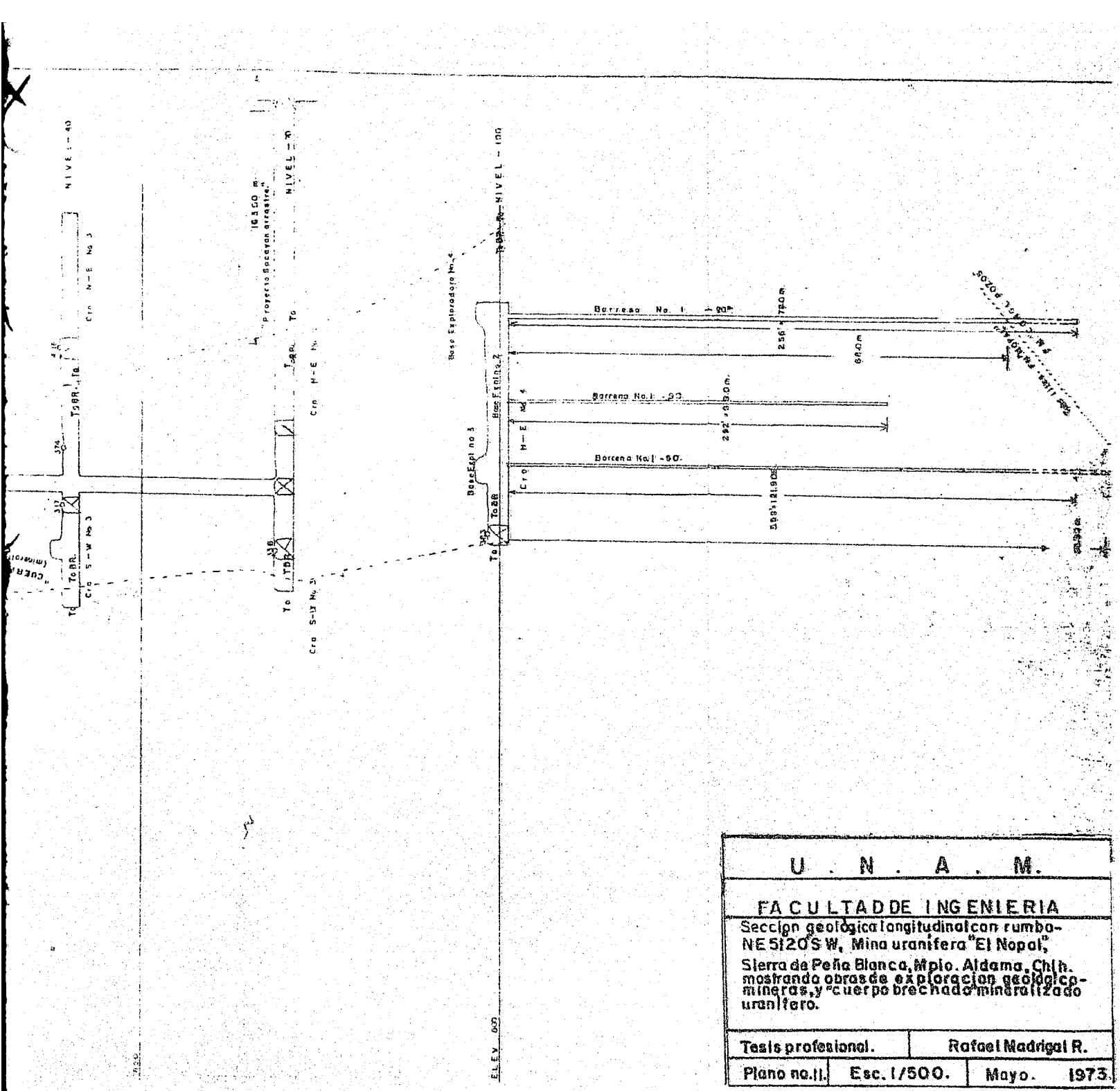


SIMBOLOS

- Br — Riolita Brechada con mineralizacion argentifera
- Te — Tobo
- Rumbo y Echado de Fractura
- Contacto Geologico Inferido

U . N . A . M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
Mina EL Nopal, planogeológico nivel - 100- Sierra de Peña Blanca, mpio. Aldama - Edo. de Chih.	
Tesis profesional.	Rafael Madrigal R.
Plano no. 10 | Esc. 1/500	Mayo 1973


POZO No.1
Socavon No.1
C/Cro S-E No.1
NIVEL-0
Cro S-W No.1
Cro N-E No.1
NIVEL -20
CUERPO BRECHADO
(mineralizado por aseungaríos de Uranio)
NIVEL -40
Cro S-W No.3
Cro N-E No.3
16300 m.
Proyecto Socavon circastre.
NIVEL -70
Cro S-W No.3
Base Exploradora No.1
Base Expl no 3
Base Explo. 2
NIVEL - 100
ELEV. 800
Cro N-E No.5



U . N . A . M.			
FACULTAD DE INGENIERIA			
Seccion geologica longitudinal con rumbo-NE 51 20' SW, Mina uranifera "El Nopal," Sierra de Peña Blanca, Mpio. Aldama, Chih. mostrando obras de exploracion geologico-mineras, y "cuerpo brechado mineralizado uranifero.			
Tesis profesional.		Rafael Madrigal R.	
Plano no. II.	Esc. 1/500.	Mayo.	1973.