

4  
2ej-



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOLOGICO - MINERO POR  
CARBON EN EL AREA DE LAS PILAS  
MPIO. DE HUAUTLA, HGO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO  
P R E S E N T A :  
JOSE LUIS AGUSTIN GARCIA PADILLA



México, D. F.

1992

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	Pag.
RESUMEN.....	XI
1.- GENERALIDADES.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Antecedentes.....	2
1.3.- Objetivo del estudio.....	3
1.4.- Trabajos previos.....	3
1.5.- Método de trabajo.....	4
2.- GEOGRAFIA.....	8
2.1.- Localización y acceso.....	8
2.2.- Fisiografía y orografía.....	8
2.3.- Geomorfología.....	11
2.4.- Hidrografía.....	11
3.- GEOLOGIA.....	13
3.1.- Estratigrafía.....	13
3.1.1.- Evolución histórica del término Chicontepec....	13
3.1.2.- Estratigrafía.....	17
3.2.- Aspectos sedimentológicos; Paleoambientes y Paleosedimentación del Grupo Chicontepec.....	24
3.3.- Geología Estructural.....	27
3.4.- Marco tectónico.....	34
3.5.- Geología histórica.....	37

4.- YACIMIENTOS MINERALES.....	39
4.1.- Guías de mineralización.....	39
4.2.- Ambientes geológicos favorables y yacimientos detectados.....	41
4.3.- Descripción de las zonas mineralizadas.....	50
4.4.- Potencial minero estimado.....	60
5.- IMPORTANCIA DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL CARBON.....	64
6.- INTERPRETACION DE BARRENOS.....	70
7.- METODO DE ESTUDIOS PALINOLOGICOS.....	75
7.1.- Utilidad del método.....	75
7.2.- Resultados obtenidos.....	75
8.- INTEGRACION DE INFORMACION Y DEFINICION DE UN MODELO GEOLOGICO.....	77
9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
9.1.- Conclusiones.....	80
9.2.- Recomendaciones.....	82
BIBLIOGRAFIA.....	83
ANEXOS.	
- Descripciones petrográficas.....	87
- Resultados de análisis de caracterización geoquímica y análisis químicos.....	91

INDICE DE ILUSTRACIONES DEL AREA LAS PILAS

Pag.

- TABLA s/n Actividades realizadas.....	7
- FIGURA A Plano de localización.....	8
- FIGURA 1 Provincias Fisiográficas.....	8
- FIGURA 2 Columna Estratigráfica.....	14
- FIGURA 3 y 3.1 Localización y extensión de la Cuenca y Paleocanal de Chicontepec.....	24
- FIGURA 4 y 4.1 Origen y relaciones estratigráficas del Paleocanal de Chicontepec.....	26
- FIGURA 5 Origen y relaciones estratigráficas del Paleocanal de Chicontepec.....	26
- FIGURA 6 Roseta de fracturamiento del área Las Pilas.....	31
- FIGURA 7 Unidades Geotectónicas .....	35
- FIGURA 7.1 Unidades tectónicas asociadas al área de estudio..	35
- FIGURA 8 Cuenca de Tampico - Tuxpan y Provincia Alcalina del Oriente de México.....	36
- FIGURA 9 Modelo idealizado de la estructura del yacimiento en el área de estudio.....	50
- FIGURA 10 Modelo idealizado de la estructura del yacimiento en el área de estudio.....	50
- TABLAS 4.1 y 4.2 AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO Y SU UBICACION GEOGRAFICA.....	44 y 45
- TABLAS 1,2,3 y 4 AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO CON DATOS ESTRATIGRAFICO - ESTRUCTURALES.....	46, 47, 48, 49
- FIGURA 11 Secuencia esquemática de la hipótesis genética del yacimiento de Las Pilas.....	79
- TABLAS 5 y 6 Resultados de los análisis efectuados por SIDERMEX.....	94 y 95
- TABLA 7 Resultados de los análisis efectuados por MICARE.....	96
- TABLA 8 Análisis químico de la ceniza.....	97
- TABLA 9 Apéndice de clasificación química del carbón.....	98
- TABLA 10 Equivalencias para la determinación del poder calorífico de una muestra de hidrocarburo sólido.....	99

## RESUMEN.

El área de estudio se localiza en la región nororiental del estado de Hidalgo, dentro de la cuenca de Tampico-Tuxpan la cual constituye una de las provincias geológicas de mayor importancia en el país, en cuanto a producción y reservas de hidrocarburos se refiere.

Las unidades litológicas están representadas por una secuencia sedimentaria arcillo-arenosa de tipo flysch que da origen a las Formaciones Chicontepec Inferior ( calcarenitas y lutitas con intercalaciones de areniscas y capas lenticulares de conglomerado) y Chicontepec Medio ( areniscas y lutitas ), de edad Terciaria ( Paleoceno ). Extensas emisiones lávicas de composición basáltica y de edad Terciaria ( Mioceno ) cubren en forma concordante grandes porciones de la secuencia sedimentaria

Los ambientes de depósito que existieron en esta región hicieron posible la acumulación de grandes espesores de sedimentos y de materia orgánica, a partir de los cuales se generaron hidrocarburos como consecuencia de los procesos diagenéticos que actuaron sobre de ellos.

Las manifestaciones de hidrocarburos que existen en el área de estudio se presentan en estado sólido y con base en los estudios realizados se han clasificado como bitúmenes carbonosos. El afloramiento más importante se ubica en la localidad de Las Pilas y tiene un espesor de 7.0m, profundidad mínima de 50.0m y extensión aproximada de 200.0m.

Su ocurrencia, al igual que en los otros afloramientos, está limitado por las características estructurales de las rocas ya que ocurren asociados a zonas de debilidad de las mismas como fracturas, fallas y planos de estratificación, adoptan formas tanto tabulares como de cuerpos irregulares y se encuentran intercalados e interestratificados dentro de la secuencia sedimentaria de las Formaciones Chicontepec Inferior y medio y sin presentar ninguna relación estructural entre cada uno.

Los estudios realizados también indicaron que estos cuerpos de bitumen carbonoso fueron formados in-situ y generados en las rocas presentes en la secuencia sedimentaria, por lo que pueden considerarse como autóctonos.

Según la clasificación de Teichmuller constituyen residuos sólidos formados a partir de hidrocarburos o de bitúmenes líquidos por endurecimiento in-situ.

Por los resultados obtenidos en la exploración geológica-minera efectuada en sus etapas regional y de semidetalle, se realizó el detalle que culminó con los trabajos de zanjeo y barrenación de los cuales se obtuvieron los datos requeridos para realizar una estimación de las reservas del Área en la cual se cubicaron un total de 75000 toneladas como reservas positivas.

## 1.- GENERALIDADES.

### 1.1.- INTRODUCCION.

Los antecedentes que se tienen sobre la existencia de yacimientos de carbón en la región centro-oriental de México datan desde el siglo pasado.

En 1833, Alex D. Anderson evaluó unas 660 000 toneladas de carbón en los depósitos de Zacualtipán, Hgo. y afirmó que otras áreas cercanas podrían contener carbones coquizables, dependiendo de las condiciones geológicas locales.

En 1884, el Ingeniero de minas Spencer, exploró los yacimientos de Zacualtipán y Tecamastitlán, Hgo. y planteó la posibilidad de que éstos yacimientos se podrían extender dentro de la Cuenca de Tampico-Tuxpan.

A pesar de que el carbón ha sufrido grandes variaciones como energético y que en las últimas dos décadas su importancia ha sido relegada a un segundo plano por el petróleo y el gas natural, sin embargo su demanda en la industria, principalmente la metalúrgica y la eléctrica, nunca ha dejado de existir.

Es por esto que con los antecedentes mencionados y los trabajos de exploración realizados por el CRM, CFE, PEMEX, UNAM y otras instituciones, continúa la búsqueda de este mineral en varias porciones de la República Mexicana, entre las que se encuentra la Cuenca de Tampico-Tuxpan, región tradicionalmente productora de hidrocarburos.



## 1.2.- ANTECEDENTES.

El Consejo de Recursos Naturales no Renovables efectuó la geología y exploración de afloramientos de carbón en las localidades de Tamazunchale, S.L.P. y San Felipe Orizatlán, Hgo. ( Jorge Galicia y Jesús Ojeda, 1973 ).

En la localidad de La Esperanza S.L.P. se efectuaron seis pozos con profundidades no mayores de 10m, así como cuatro zanjas en donde se obtuvieron espesores variables de carbón del orden de 0.10-1.50m ( Jorge Galicia, 1973 ) aunque en algunos pozos no se cortó el manto. El compósito de 10 muestras reporta la siguiente composición: carbón fijo=50.7%, materia volátil=31.3%, cenizas=11.4%, humedad=6.6%, espesor promedio=0.75m.

Con los estudios que se han efectuado en la región, se han descubierto otras localidades con indicios de carbón cercanas al Área de estudio, entre las que se encuentran Pánuco, Chicontepec y Tempoal, Ver., Xilitla, S.L.P., Yahualica y Tehuichila, Hgo. ( Francisco Verdugo Díaz y Francisco Herrera Arredondo, 1984 ).

El Consejo de Recursos Minerales en marzo de 1985, dentro del Programa Nacional de Exploración por Carbón, propuso para la región huasteca el estudio sistemático del carbón con barrenos de diamante ( Jorge Galicia, 1985 ).

En el año de 1986, el Consejo de Recursos Minerales, a través de la Subgerencia Zona NE, inició las actividades de exploración de los mantos carboníferos en los límites de los estados de Hidalgo, Veracruz y San Luis Potosí.

En julio de 1988, el Consejo de Recursos Minerales a través de la Subgerencia Zona Centro realizó la exploración geológica en

etapa regional en los límites de los estados mencionados, con lo cual se inició en la residencia Hidalgo el proyecto Carbón Huastecas, que posteriormente cambió su nombre a Bitumen Huautla.

#### 1.3.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Definir con base en los antecedentes que se tienen sobre la región y en la exploración geológico-minera del área, zonas susceptibles de contener yacimientos de hidrocarburos sólidos, realizar una estimación de su potencial para determinar si los yacimientos son económicamente explotables.

#### 1.4.- TRABAJOS PREVIOS.

La División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM presentó un texto con el título de " Resena sobre la Evolución Histórica de las Reservas de Carbón en México "

( M. Casatneda Pérez, 1987 ) y hace la siguiente clasificación: Grafito, 4 localidades; Carbón bituminoso, 4 localidades; Lignito, 10 localidades; Turba, 2 localidades.

En marzo de 1987, la Comisión Federal de Electricidad efectuó un estudio geoquímico y petrográfico en las localidades de Xilitla, Tanleab, Axtla y La Esperanza en el Edo. de S.L.P. y Las Pilas, en el Edo. de Hgo. En dicho estudio los autores concluyen que las muestras recolectadas pertenecen en su totalidad a hidrocarburos sólidos definidos como bitúmenes, basados en las características físico-químicas que presentan y los clasifican de la siguiente manera:

<u>Localidad</u>	<u>Clasificación</u>
Tanleab.	Albertita.
Axtla.	Grahamita.
La Esperanza.	Epi-impsonita.
Las Pilas.	Albertita.

En ese mismo año, CFE efectuó también un censo de localidades con indicios de carbón en México, en el cual presentan como resultado la distribución geográfica de 22 localidades de carbón muestreadas, y que corresponden: 5 a Oaxaca, 4 a Jalisco, 3 a Puebla, 3 a Veracruz, 3 a Hidalgo, 2 a Sonora, 2 a Tabasco y 1 a Chihuahua. Así mismo identificaron 9 localidades con hidrocarburos sólidos ( bitumen ) de alto poder calorífico y bajo porcentaje de ceniza. Proponen a este tipo de hidrocarburos como una alternativa para la generación de termoelectricidad. De estas 9 localidades, 6 pertenecen a S.L.P., 1 a Hidalgo, 1 a Veracruz y 1 a Puebla.

#### 1.5.- METODO DE TRABAJO.

Con base en los antecedentes y estudios previos sobre la región, se realizó la etapa de exploración geológica regional que consistió en la interpretación de imágenes de satélite en donde se definieron las estructuras sedimentarias predominantes, rasgos tectónicos principales, lineamientos rectilíneos y curvilineamientos.

Los lineamientos rectilíneos se interpretaron como fallas regionales de varios km de longitud y fracturas de menor extensión, bien definidas con una orientación NW-SE y NE-SW.

Las estructuras semicirculares constituyen pequeños aparatos volcánicos.

Posteriormente se realizó la interpretación fotogeológica de la zona, en la cual se diferenciaron tres unidades principales: la secuencia sedimentaria del Grupo Chicontepec, los derrames de basalto que forman una meseta bien definida y los depósitos recientes que rellenan las partes más bajas; talud y aluvión.

La siguiente etapa consistió en la verificación de campo en la cual se cartografiaron las unidades correspondientes al Grupo Chicontepec, constituido por las Formaciones Chicontepec Inferior, Medio y Superior, de las cuales sólo las dos primeras afloran en el área de estudio. Se delimitaron también las extensas emisiones lávicas que cubren en parte a las Formaciones anteriores.

En dichas unidades se observó un sistema de fracturamiento con una orientación preferencial NW-SE.

Así mismo se colectaron 22 muestras de roca ( 2 de afloramiento y 20 de núcleo ) y 12 de bitumen carbonoso para análisis petrográficos y químicos respectivamente. ( Ver anexos petrográficos y químicos ).

Finalmente se realizaron dos fichas de yacimientos.

Al considerar los resultados obtenidos en estos análisis, se delimitó un área de interés para realizar trabajos de geología a semidetalle y detalle. Se consideró también para encauzar los trabajos de exploración, la información proporcionada por los habitantes de la región sobre los lugares con existencia de indicios de bitumen carbonoso.

Para la exploración geológica a semidetalle y detalle se procedió a definir de manera precisa la forma y dimensiones de las zonas mineralizadas, su posición estratigráfica, sus relaciones estructurales y sus guías mineralógicas ( estructurales y litológicas ).

Para ello se procedió a elaborar los planos geológicos, primero a escala 1:10000 y posteriormente 1:5000. Con este fin se programaron y realizaron caminamientos a lo largo del cauce de los ríos y arroyos más importantes, así como por los caminos en donde existen cortes que dejan expuesta la roca. En esas partes se midieron datos estructurales, se describieron los afloramientos y se obtuvieron muestras de roca y de carbón.

Se efectuaron también levantamientos detallados y se trazaron secciones con brújula y cinta, se definió y describió la litología existente. Se ubicó la presencia de fallas y fracturas además de las estructuras y cuerpos de bitumen carbonoso. Esta información se trasladó a mapas a las escalas mencionadas.

En los sitios en donde se encontraron mayores evidencias del bitumen carbonoso se efectuaron un socavón y varias zanjas con el objeto de definir el espesor y la extensión del mayor afloramiento, así como su forma que inicialmente se consideraba como un manto. Con el avance de dichos trabajos se observó que los cuerpos ocurren en forma irregular y tabular, intercalados con la estratificación, asociados a zonas de debilidad de la roca como fallas fracturas y planos de estratificación.

Con base en las evidencias obtenidas por los trabajos realizados se programaron y ejecutaron 3 barrenos para determinar la

profundidad del yacimiento. El primero con máquina JKS 300 con una profundidad de 85.4m, sin lograr cortar algún cuerpo de importancia; los 2 siguientes se realizaron con máquina JKS Winkie; el BW-3 con prof. de 46.0m y el BW-4 con 56.2m; ambos dieron resultados positivos al cortar mineral.

#### ACTIVIDADES REALIZADAS

##### ACTIVIDADES

Topografía	320 has.
Geología semidetalle	10300 has.
Geología detalle	50 has.
Selecciones geológicas (m)	24453
Muestreo Petrográfico (afloramientos)	2
Muestreo Petrográfico (núcleos)	20
Análisis Químico de Mineral	10
Análisis de caracterización geoquímica ( Incluye análisis primario y análisis químico de la ceniza)	2
Zanjas	6 (20.7 m)
Levantamiento de obras mineras (m)	8.20
Obras Mineras (crucero)	8.20
Rehabilitación de camino	4300 m
Instalación de poliducto	300 m
Plantilla	3 m <sup>2</sup>
Perforación con barrena de diamante	187.60 m
Geología del subsuelo	187.60 m de núcleo

## 2.- GEOGRAFIA.

### 2.1.- LOCALIZACION Y ACCESO.

El área de estudio se localiza en la región nororiental del estado de Hidalgo dentro de las coordenadas: 20 55' 38" a 20 58' 37"; 21 00' 30" a 21 03' 28" de Latitud Norte y 98 12' 40" a 98 15' 10" y 98 19' 20" a 98 21' 50" de Longitud Oeste. La superficie total es de 10 300 has. (Fig. A).

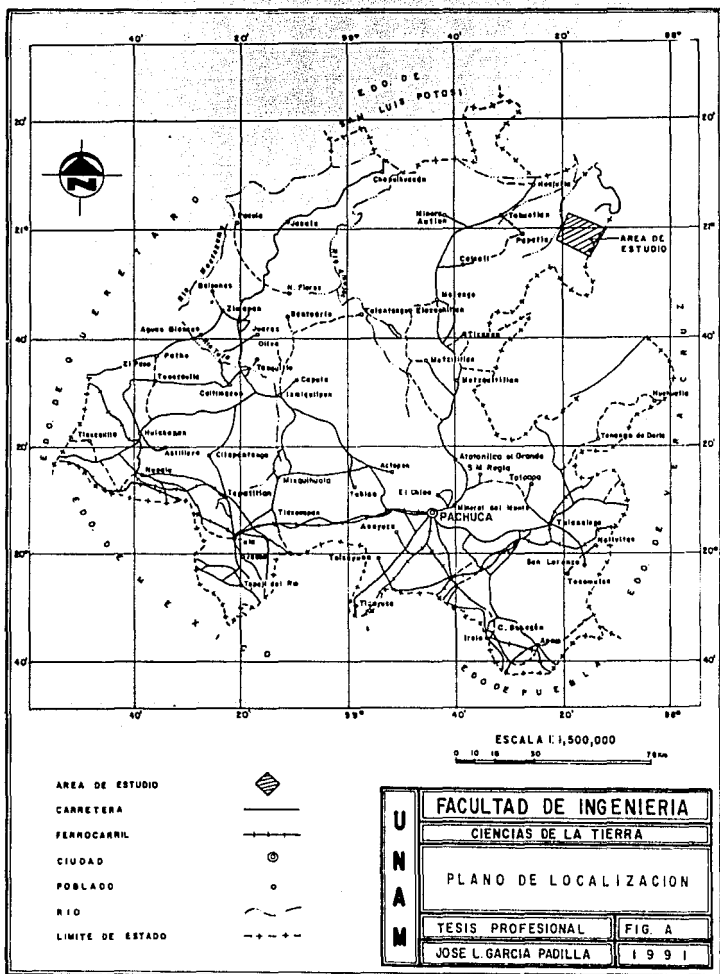
El acceso a partir de la Cd. de México es por la carretera federal número 105 México-Tampico que pasa por la Cd. de Pachuca, en la cual se continúa hacia Huejutla. En el km 209 se toma la desviación hacia Huautla por un camino pavimentado recorriendo 27 km; de ahí se continúa por un camino de terracería de 3km hasta llegar al ejido de las Pilas.

### 2.2.- FISIOGRAFIA.

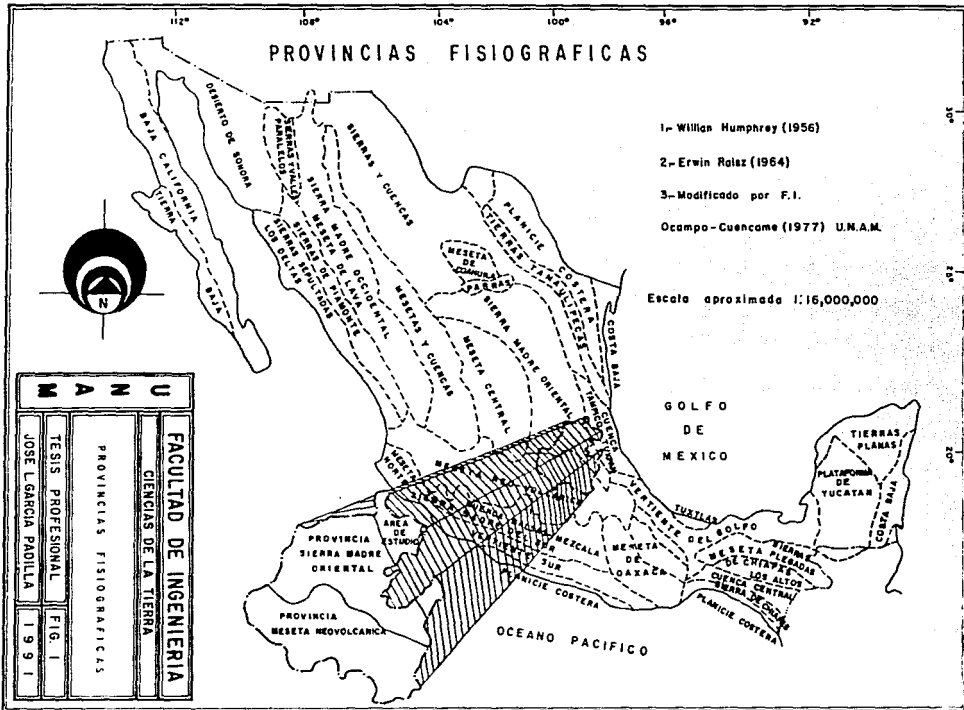
El área de estudio se localiza en la vertiente oriental de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (E.Raisz, 1959).

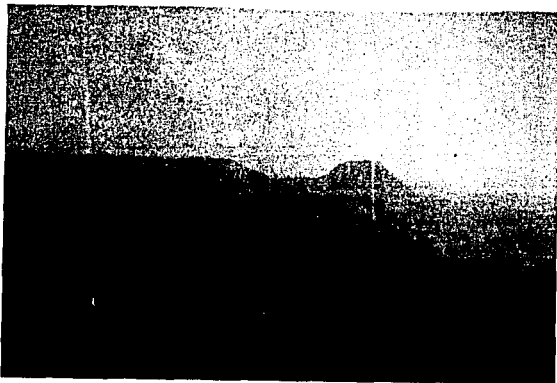
Geológicamente se ubica en la subprovincia de la cuenca de Tampico-Tuxpan (E.López Ramos, 1979) , dentro de un enclave tectónico denominado cuenca o antifosa de Chicontepec (M. Alvarez, 1938) (Fig.1). Esta subprovincia se caracteriza por la presencia de un conjunto de sierras alargadas y suaves lomeríos con una orientación NW-SE. (Fotografía 1).

Dichos lomeríos representan las principales formas del relieve y tienen alturas máximas del orden de 100 a 400 m.s.n.m. y con pendientes que varían de 20 a 40 de inclinación. (Fotografía 2).





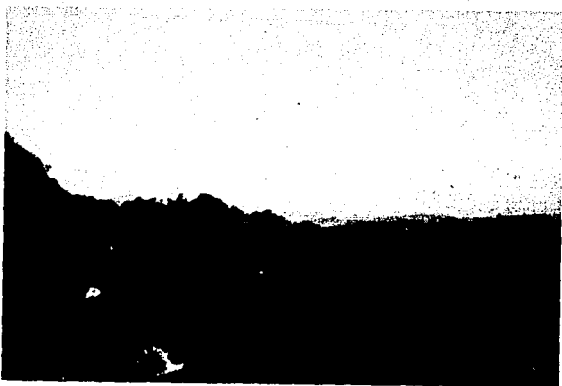




Fotografía 1.- Paisaje de la Sierra huasteca en el área de estudio.



Fotografía 2.- Expresión fisiográfica del relieve en la estribaciones de la Sierra Madre Oriental.



Fotografía 3.- Colinas y lomeríos ondulantes característicos en el área de estudio.



Fotografía 4.- Meseta basáltica de Huautla que cubre una porción de los lomeríos sedimentarios.

Un extenso derrame basáltico cubre parcialmente a las prominencias mencionadas y forma una gran meseta con alturas del orden de los 600 m.s.n.m. y pendientes fuertes casi verticales.

### 2.3.- GEOMORFOLOGIA.

En forma general se considera que el relieve del área es suave y está representado por un conjunto de sierras menores alargadas que conforman una serie de lomeríos ondulantes de orientación general NW - SE. (Fotografía 3). Este relieve corresponde a una etapa post-evolutiva, según W.M. Davis (1899), de madurez. Existen valles de tipo intermontano que se caracterizan por su gran amplitud y un desarrollo en forma de "U". Se presentan también zonas de planicie de gran extensión que se encuentran rellenadas por potentes espesores de depósitos aluviales.

Otro proceso que participa de manera relevante en el modelado del relieve dentro del área de estudio es el magmatismo, representado por el vulcanismo. Este origina una extensa emisión lávica de composición basáltica, en forma de derrame tabular y que cubre una porción de los lomeríos más bajos, formados por rocas sedimentarias. (Fotografía 4).

### 2.4 HIDROGRAFIA.

La corriente principal que transporta las aguas procedentes de las regiones más altas es el río Calabozo el cual nace en la confluencia de los ríos El Encinal y Zontecomatlán que tiene su origen en las partes altas de la sierra de Calnali que se ubica hacia el SW del área de estudio. Otro río importante que cruza la zona es el Atlapexco, cuyas características son similares a las

del Calabozo. El sistema fluvial que presentan estos ríos se caracteriza por la formación de numerosos meandros que permiten considerar a la región dentro de una etapa de madurez en el ciclo hidrológico. El resto del sistema hidrográfico del área está representado por grandes arroyos de profundos cauces así como pequeñas escorrentías de estrechos cauces que forman un drenaje de tipo dendrítico. La red hidrográfica de la región forma parte del sistema hidrológico Moctezuma-Pánuco, el cual vierte sus aguas en el Golfo de México.

### 3.- GEOLOGIA.

#### 3.1 ESTRATIGRAFIA.

##### 3.1.1 EVOLUCION HISTORICA DEL TERMINO CHICONTEPEC.

Desde principios del presente siglo el término Chicontepec ha sido utilizado por varios autores, cada uno de los cuales enfocó su definición a un criterio en particular como estratigráfico, litológico, sedimentológico, paleontológico, etc. sin embargo descuidaban o no consideraban los demás criterios.

Con base en los trabajos geológico-paleontológicos más recientes se han unificado los criterios y en la actualidad se considera al Chicontepec como un Grupo, integrado en estudios de Micropaleontología por tres Formaciones: Superior, Medio e Inferior, (W.L.F. Nuttall, 1931).

Formación Chicontepec Inferior. Está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, lutitas y margas depositadas en aguas poco profundas. Estos sedimentos representan el tipo denominado "flysch". En la parte inferior se encuentran capas de arenisca calcárea de grano fino, de color gris oscuro, de 50 a 60 cm de espesor, que alternan con capas de lutita calcárea de grano fino de 20 a 25 cm de espesor; en algunas partes existen capas lenticulares de conglomerado basal de 2 a 3 cm de diámetro, a medida que se asciende estratigráficamente, las capas de arenisca se adelgazan hasta tener el mismo espesor que las lutitas. (Fotografía 5).

Formación Chicontepec Medio. Está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas. Las areniscas son de color gris, de grano medio, compactas, en capas de 20 cm a 1 m de espesor, ocasionalmente con material bituminoso (restos de plantas). Las lutitas son de color gris, compactas y estratificadas en capas delgadas. (Fotografía 6).

Formación Chicontepec Superior. Consiste generalmente de capas de arenisca de grano fino a medio, de colores gris y gris oscuro de 5 a 10 cm de espesor con impresiones de gusanos marinos, huellas de oleaje y restos de plantas. Se presentan alternancias de capas delgadas formadas por margas arenosas de color gris y de lutita de color gris.

Edad.- La edad del Grupo Chicontepec abarca del Paleoceno al Eoceno. Al Paleoceno corresponden las Formaciones Chicontepec Inferior y Medio y al Eoceno pertenece la Formación Chicontepec Superior. (Fig. 2).






Límites.- Los sedimentos del Grupo Chicontepec sobreyacen, en ocasiones en forma discordante, a la Formación Méndez del Cretácico Superior y subyacen a su vez a los sedimentos arcillosos de las Formaciones Aragón y Guayabal del Eoceno. (Fig.2).

Localidad tipo.- Los afloramientos donde se originó el nombre y que corresponde al Chicontepec Superior están expuestos en la cresta de un anticlinal a 2.5 km al oriente de Chicontepec, Ver. y tienen una elevación de unos 975 m.s.n.m.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA DE TAMPICO-TUXPAN

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA LAS PILAS, HGO.

ERA	SISTEMA	SERIE O PISO	CUENCA SEDIMENTARIA DE TAMPICO-TUXPAN	
C E N O Z O I C O O	CUATERNARIO	RECIENTE	Depositos Aluviales (Qal)	
		PLEISTOCENO	de Toluca (Qta)	
	T	MIOCENO		Basaltos (TBo)
			O	Mesda (Om) Escolin (Oe)
			G	Coahuila (Oco)
			C	Alzada P. Real Sup. (Opr)
			N	Palma Real Inferior (Oprl)
	E	O		Horcones (Oh)
			E	Chapopala (Ec) Tantoyuca (Et)
			O	Gueyabal Temporal (Eg)
			C	Arriaga (Ea)
			N	Chicontepec Sup. (Tchs) Velasco Sup. (Vss)
	O	PALEOCENO		Chicontepec Med. (Tchm) Velasco Med. (Vsm)
				Chicontepec Inf. (Tchl) Velasco Inf. (Vsl)
				Velasco Basal (Vrb)
			Mendez (Km)	
			San Felipe (Ksf)	
M E S O Z O I C O	SUPERIOR		Agu Nuevo (Kan)	
			Tameshpos (Tsup) Tameshpos (Tsp)	
	MEDIO		El Abre (Ka)	
			Ostias (Kto)	
INFERIOR		Tameshpos Inferior (Kti)		

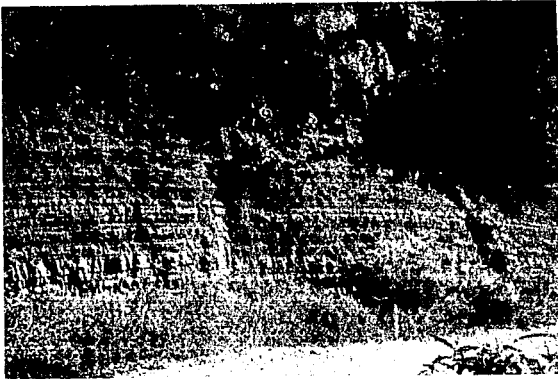
-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  DEPOSITOS DE TALUD
-  BASALTO EN FORMA DE DERRAMES
-  FORMACION CHICONTEPEC MEDIO (Areniscos y Lutitas ocasionalmente con material bituminoso.)
-  FORMACION CHICONTEPEC INFERIOR (Calcarenitas, Lutitas, Margas y Conglomerados con intercalaciones de material bituminoso.)

 No. DE DEPOSITO Y/O EROSION

(Modificado de E. López Ramos, 1976)

UNAM	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 2
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991

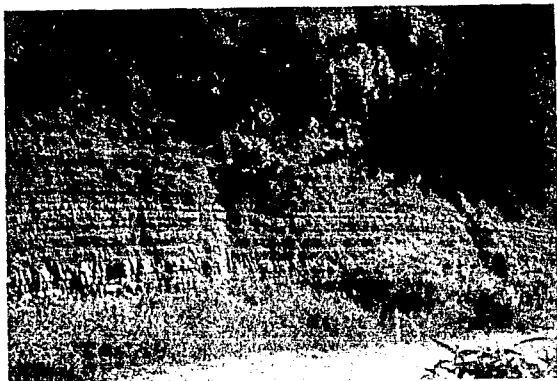




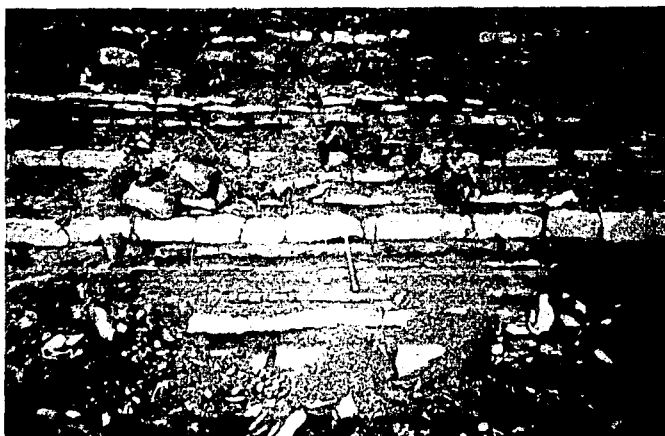
Fotografía 5.- Areniscas calcáreas y lutitas de la Formación Chicontepec Inferior.



Fotografía 6.- alternancia de areniscas y lutitas de la Formación Chicontepec Medio.



Fotografía 5.- Areniscas calcáreas y lutitas de la Formación Chicontepec Inferior.



Fotografía 6.- alternancia de areniscas y lutitas de la Formación Chicontepec Medio.

**Espesor.-** El espesor conjunto de las tres unidades que constituyen al Grupo Chicontepec es muy variable dentro de la cuenca de Tampico-Tuxpan, donde mejor se le conoce es en algunas localidades de la parte Sur del estado de Veracruz. Entre Tancanhuitz y Chicontepec, en la mitad sur de la cuenca, alcanzan unos 1500 m de espesor medio, aún cuando en algunos lugares se han medido más de 2000 m, sin embargo, se adelgaza gradualmente hacia el SE, de tal manera que en San Marcos, Pue. y en Entabladero, Ver., su espesor medio es de 900 m, cerca de Misantla, Ver. tiene sólo de 220 a 250 m de espesor. La mayor parte de tales espesores corresponden a la Formación Chicontepec Inferior. De acuerdo con los trabajos de perforación realizados por PEMEX se ha determinado para esta Formación un espesor aproximado de 1500 m. Para la Chicontepec Medio el espesor que se ha medido varía de 40 a 200 m.

**Fósiles característicos.-** los más importantes porque permiten diferenciar los tres Miembros, son los foraminíferos planctónicos. Entre estos se tienen los siguientes: (Velázquez, C.E. 1979).

#### Chicontepec Superior

Globigerina pseudobulloides, Plummer.

Globorotalia palmeri Cushman Bermúdez.

Textularia Aff. T. Foeda (Reuss).

Textularia Aff. T. Goesili (Cushman).

Trochammina Diagonis (Carsey).

### Chicontepec Medio.

Cornuspira Cretacea Remss.  
Globigerina Velascoensis (White)  
Globigerina Velascoensis (Cushman)  
Gumbelina Globulosa (Ehrenberg)

### Chicontepec Inferior.

Anomalina Velascoensis (Cushman)  
Aragonia Velascoensis (Cushman)  
Globorotalia Crassata Var Aequa Cushman Renz  
Globorotalia Membrancea (Ehrenberg)  
Globorotalia Wilcoxensis Var Acuta Toulmin

Se han encontrado también géneros de moluscos, fragmentos de corales, briozoarios y equinodermos, así como restos de plantas y bitumen carbonoso. (Velázquez, C.E. 1979).

### 3.1.2 ESTRATIGRAFIA.

En el área de estudio la secuencia estratigráfica está constituida por dos unidades de rocas sedimentarias clásticas marinas del Terciario: la Formación Chicontepec Inferior, formada por interestratos de calcarenitas y lutitas, con intercalaciones de hidrocarburos sólidos y en algunas partes presenta en la base capas lenticulares de conglomerado. La Formación Chicontepec Medio, formada por una alternancia de areniscas y lutitas, ocasionalmente con hidrocarburos sólidos. Ambas unidades son de edad Paleoceno.

Estas unidades se encuentran parcialmente cubiertas por rocas volcánicas de composición basáltica de edad Mioceno-Plioceno. (Fig.2).

Las unidades más recientes están conformadas por depósitos de talud, cuyos clastos están mal clasificados y sus tamaños varían desde arcillas hasta bloques de rocas basálticas y sedimentarias. Como relleno de las partes más bajas existen potentes espesores de depósitos aluviales mal clasificados, cuyos tamaños varían desde arcillas hasta guijones. (Plano 1).

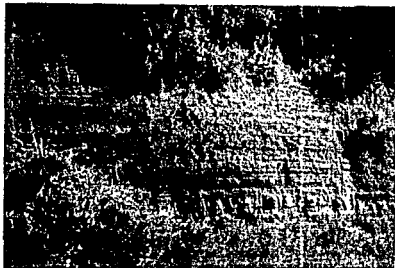
Para diferenciar las dos unidades sedimentarias en la cartografía del Área se utilizó básicamente un criterio litológico-estratigráfico que incluye tipo de roca, estructura y espesor de los estratos.

Terciario Paleoceno (TChi).

Las rocas más antiguas que afloran en el Área pertenecen a la Formación Chicontepepec Inferior. Están representadas por una secuencia sedimentaria de composición calcáreo-arcillosa de tipo Flysch constituida por interestratos de calcarenitas y lutitas, con intercalaciones de material arenoso. En algunas partes se observan en la base de esta secuencia capas lenticulares de conglomerado con clastos de calizas y fragmentos de pedernal. (Fotografía 7).

Las calcarenitas son de color gris claro que intemperiza a amarillo ocre. Son de grano fino, poco compactas y presentan una estructura en forma de hojuelas muy deleznales.

Las lutitas se presentan en estratos de 5 a 10 cm de espesor. Son de grano fino, poco compactas y de color gris oscuro que



Fotografía 7.- Secuencia tipo flysch de la Formación Chicontepec Inferior.



Fotografía 8.- interestratos de calcarenitas y lutitas de la Formación Chicontepec Inferior.

intemperiza a sepia. (Fotografía 8). Esta formación constituye la roca encajonante de los cuerpos de bitumen carbonoso más importantes, que ocurren tanto en forma tabular como de lentes, así como en formas muy irregulares, intercalados con la roca. (Ver anexos petrográficos).

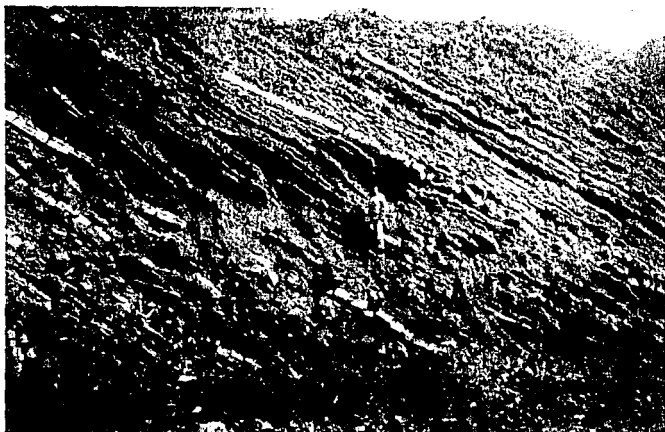
Terciario Paleoceno (TChm).

La Formación Chicontepec Medio está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas. (Fotografía 9). Las areniscas son de grano medio, compactas y se presentan en estratos que varían desde 5 cm hasta 1m de espesor. Su color es gris claro y ocasionalmente se observa en estas rocas material bituminoso en forma de relleno de fracturas de algunos centímetros de espesor o bien como relleno de planos de estratificación de algunos milímetros de espesor. Las lutitas son de grano fino, regularmente compactas y se presentan con estratos con espesor que varían de 5 a 20 cm.

Su color varía de pardo claro a pardo oscuro. Presentan estratificación en forma de lajas muy deleznales y quebradizas. (Fotografía 10).

Terciario Mioceno (TBa).

Las rocas ígneas presentes en el área representan una manifestación de vulcanismo en esta porción de la región huasteca. Constituyen derrames locales de tipo fisural, adoptan una estructura tabular o prismática y tienen espesores que varían de 10m a 40m, sin embargo, en algunos sitios estas emisiones alcanzan hasta 80m. Son rocas color gris oscuro que varía a negro, bien compactas y presentan pequeñas cavidades rellenas por



Fotografía 9.- alternancia de areniscas y lutitas de la Formación Chicontepec Medio. Camino a Huautla.



Fotografía 10.- areniscas de la Formación Chicontepec Medio. Camino Huejutla - Huautla.



cuarzo de origen secundario. (Ver anexos petrográficos).

Robin , C., (1976) realizó estudios petrográficos y geoquímicos y determinó que estas rocas contienen porcentajes de nefelina de hasta 17%. Con estos resultados clasificó a las rocas dentro de la serie alcalina, compuesta en parte por basaltos de tipo alcalino, que se encuentran relacionados con una parte del vulcanismo en forma de derrames y cuerpos prismáticos, como en el caso de la meseta de Huautla.

Cuaternario Depósitos de talud (Qta).

Esta Unidad consiste de gruesos depósitos de material rodado de 10 a 20 m de espesor, muy mal clasificado en fragmentos y agregados cuyos tamanos varían desde arcillas hasta bloques, producto del fracturamiento de las rocas volcánicas y sedimentarias. Estos depósitos se han formado por la acción de procesos gravitacionales y han rellenado las partes hundidas del terreno.

Cuanernario Depósitos aluviales (Qal).

Son depósitos de material mal clasificado de 1 a 2 m de espesor, cuyos tamanos varían de arcillas a guijones en fragmentos y agregados. Su origen es muy variado, ya que algunos son productos ígneos, representados por guijones de rocas volcánicas de composición basáltica, redondeados a bien redondeados, así como fragmentos de pedernal del tamaño de gránulos y guijarros, angulosos a subangulosos.

Como productos sedimentarios se presentan dentro de esta unidad: conglomerados de guijarros y guijones calcáreos, arcillas, limos y arenas cuarcíferas, gránulos, guijarros y agregados de lutitas, limolitas, areniscas y gravas bien compactados.

### 3.2 ASPECTOS SEDIMENTOLOGICOS, PALEOAMBIENTES Y PALEOSEDIMENTACION DEL GRUPO CHICONTEPEC.

Los estudios sedimentológicos más recientes han revelado que los sedimentos del Paleoceno están formados por turbiditas arcilloarenosas constituidas por secuencias alternantes de lutitas, limolitas, areniscas y en ocasiones conglomerados, que en conjunto se conocen como depósitos de tipo flysch y que se depositaron como relleno de la Cuenca de Chicontepec en ambientes marinos de aguas relativamente profundas. ( Figs. 3 y 3.1 ).

Por otra parte Bitter (1986, op.cit.) considera que los sedimentos del Grupo Chicontepec provienen también de una fuente orogénica; es decir que se derivaron de los carbonatos que constituyen a las rocas de la Sierra Madre Oriental.

Durante el Paleoceno los esfuerzos tectónicos originaron una serie de levantamientos y hundimientos que provocaron grandes variaciones en el nivel de los mares y se manifestaron con fuertes cambios en las condiciones de depósito con lo cual aumentó el régimen de sedimentación, la composición de las turbiditas cambió de lutitas y limolitas a areniscas y se depositaron en ambientes más someros.

El marco sedimentológico regional bajo el cual se depositaron las Formaciones Terciarias de la región central del País, es el de una regresión que se manifestó claramente en la naturaleza clástica de los miembros Medio e Inferior del Grupo Chicontepec.

El fenómeno regresivo estuvo afectado por una serie de transgresiones y regresiones de carácter local que originaron una

alternancia en los ambientes de depósito de tipo mixto.

Estos fenómenos propiciaron el desarrollo de planicies deltaicas con extensos abanicos aluviales cuyo material se tornó más fino conforme se alejaron de los centros de depósito. Dichos ambientes son considerados como los más favorables para la formación de yacimientos de hidrocarburos sólidos. Sin embargo el área de estudio se ubica en una región que fué seriamente afectada por un período de inestabilidad tectónica manifestado por la edificación de la Sierra Madre Oriental, lo cual impidió el desarrollo de una planicie deltaica extensa requerida para la formación de yacimientos de hidrocarburos sólidos en forma de mantos de grandes extensiones.

Por otra parte las turbiditas de la Formación Chicontepec probablemente terminaron su depósito en el límite occidental de la Faja de Oro ya que la Formación Velasco, correlacionable con el Grupo Chicontepec y constituida por lutitas de espesores delgados depositados en el interior del atolón de dicha Faja de Oro, no contiene areniscas ni conglomerados, por lo que al parecer se depositaron en aguas profundas producidas por la transgresión que dió origen a la Cuenca de Chicontepec.

Posteriormente hacia finales del Paleoceno se originaron en la porción oriental de dicha cuenca, corrientes submarinas muy densas que socavaron y erosionaron una porción de los sedimentos que rellenaban dicha cuenca y formaron el Paleocanon de Chicontepec (Schlumberger, 1984, op.cit.). La dirección de dichas corrientes probablemente fué NW-SE. Bitter (1986, op.cit.), determinó a partir de las marcas en la base de las capas, la dirección de las corrientes que depositaron a las turbiditas.

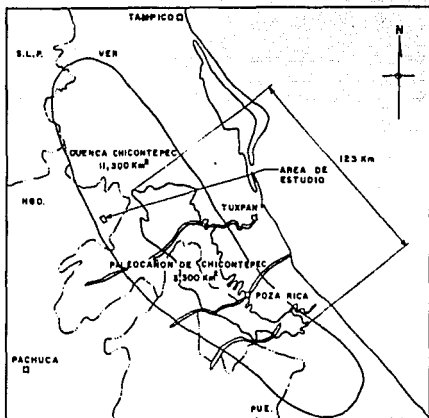


Fig 3

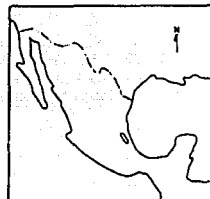


Fig. 3.1

(Tomado de Schlumberger, 1984)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	LOCALIZACION Y EXTENSION DE LA CUENCA Y PALEOCANAL DE CHICONTEPEC	
	TESIS PROFESIONAL	FIG 3 Y 3.1
	JOSE L GARCIA PADILLA	1991

En la región de Huautla (Las Pilas), ubicada en la porción central de la cuenca de Chicontepec, las corrientes de turbidez siguieron la dirección axial de dicha cuenca hacia el SSE. (Suter, 1990). Dichas corrientes cortaron toda la secuencia sedimentaria del mismo Paleoceno, Cretácico y la parte superior del Jurásico. (Figs. 4 y 4.1).

Se produjo entonces una sedimentación gradada de lentes arenosos y material arcilloso en forma alternante, típicos productos de turbiditas, que rellenaron el Paleocanón en aguas profundas. Este relleno de material así formado y constituido por turbiditas de Paleocanal, resulta ser más joven que el cuerpo principal de la Chicontepec, formado por turbiditas de cuenca, las cuales ya existían anteriormente al proceso de sedimentación. (Fig.5)

Por otra parte, los estudios geofísicos efectuados en esta zona revelaron que la base del paleocanal de Chicontepec presentan una pendiente suave y de gran longitud originada por la presencia de pequeños canales tributarios que corrían en dirección E-W, que es la dirección de la pendiente del echado regional de las Formaciones que le subyacen, en tanto que el flanco occidental presenta una pendiente fuerte en forma de escarpe. (Pedrazzini, C. y Basamez, M. 1978). (Fig. 5).

De lo anterior se concluye que la zona más favorable para la formación de yacimientos de hidrocarburos sólidos es el flanco occidental de la base del paleocanal, ya que en esa zona existe una mayor acumulación tanto de sedimentos como de materia orgánica y por lo tanto se pueden originar mayores concentraciones de kerógeno, materia orgánica fósil a partir de la cual se derivan los hidrocarburos de cualquier tipo.

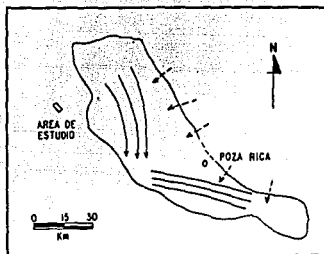


FIG. 4.- MAPA QUE MUESTRA LAS DIRECCIONES DE FLUJO DE LAS CORRIENTES QUE FORMARON EL PALEOCANAL. LINEAS CONTINUAS DENOTAN DIRECCION DE CORRIENTES PRINCIPALES, LINEAS DISCONTINUAS REPRESENTAN CORRIENTES TRIBUTARIAS.

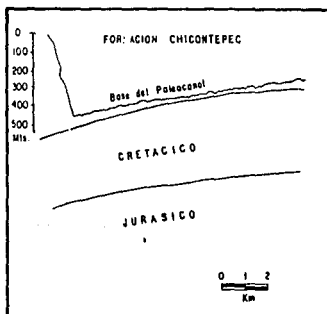
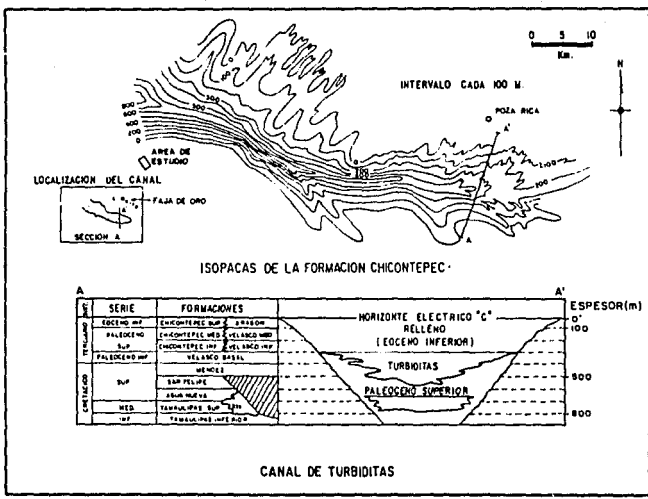


FIG. 5.- SECCION TRANSVERSAL DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC QUE MUESTRA EN EL PLANO ORIENTAL UNA PENDIENTE SUAVE DE GRAN LONGITUD EN EL PLANO OCCIDENTAL UNA PENDIENTE FUERTE DE ESCARPE.

( Tomado de Schlumberger, 1984 )

U N A M	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	ORIGEN Y RELACIONES ESTADIGRAFICAS DEL PALEOCANAL DE CHICONTEPEC	
	TESIS PROFESIONAL	FIGS. 4 y 5
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991



( Tomado de Schlumberger, 1984. )

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOCANAL DE CHICONTEPEC	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 4.1
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991



### 3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Los efectos de la orogenia Larámide se manifestaron en la región nororiental del País por una serie de esfuerzos de gran intensidad que plegaron y levantaron a principios del Terciario los sedimentos del Geosinclinal Mexicano; formaron estructuras regionales representadas por plegamientos asimétricos y recostados de orientación general NW-SE así como fallas de tipo inverso que en conjunto originaron la expresión fisiográfica de la Sierra Madre Oriental.

Dichos esfuerzos provocaron también una serie de hundimientos en forma de cuenca conocidas como antefosas, que fueron rellenadas por gruesos espesores de sedimentos de tipo flysch. Posteriormente estas secuencias sedimentarias fueron ligeramente plegadas por la acción de esfuerzos de menor intensidad con orientaciones NW-SE como sucedió dentro de la cuenca de Chicontepec en la cual se formaron una serie de anticlinales y sinclinales suaves prácticamente simétricos, con una orientación general NW-SE, que imprimieron a la superficie una morfología ondulante y armónica que se observa en toda la región.

Dentro de esta serie de anticlinales y sinclinales se ubica el área de estudio, en la cual la secuencia sedimentaria plegada forma dos estructuras de carácter regional representadas por el anticlinal de Atlapexco y el sinclinal de Huautla, ambos de tipo simétrico y parte de los cuales cruza el área con una orientación NW-SE. Las crestas y valles de los pliegues presentan una orientación buzante normal NW 45° SE, con echados suaves generalmente hacia el NE.

El eje de este anticlinal se puede observar claramente sobre un puerto localizado al SE de la población de Atlapexco. (Plano 1). Las estructuras regionales presentan a su vez una serie de pliegues casi simétricos y amplios, que varían de suaves a abiertos, de tipo buzante normal de orientación general NW-SE y cuyos echados oscilan desde casi horizontales hasta los 20°, con una tendencia general hacia el NE (Fotografía 11).

Los plegamientos están cortados por algunas fallas y numerosas fracturas. Las fallas son de carácter local de tipo normal excepto una de tipo inverso que se observó al norte del poblado de Huazalinguillo en donde el miembro inferior del Grupo Chicontepec cabalga sobre el miembro medio.

Debido a su carácter local el desplazamiento que presentan es del orden de 0.05-1.00 m (Fotografías 12 y 13). La más importante tiene rumbo NE60°SW. Se determinó que esta falla es el límite del mayor afloramiento de bitumen carbonoso. Se detectaron además tres fallas en las inmediaciones de este afloramiento con los siguientes rumbos: NW50°SE, NW30°SE y NW50°SE. (Plano 2).

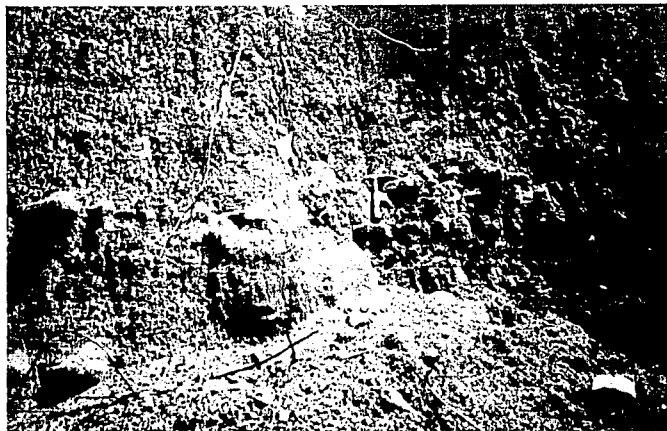
Se observó que las fallas y fracturas tienen direcciones tanto paralelas como transversales a los ejes estructurales (NW-SE y NE-SW) y sin una relación aparente con los esfuerzos tectónicos que modelaron la Sierra Madre Oriental; por tanto probablemente se originaron a partir de esfuerzos locales de componentes casi verticales y direcciones perpendiculares a la orientación de las estructuras. (Fotografía 14).



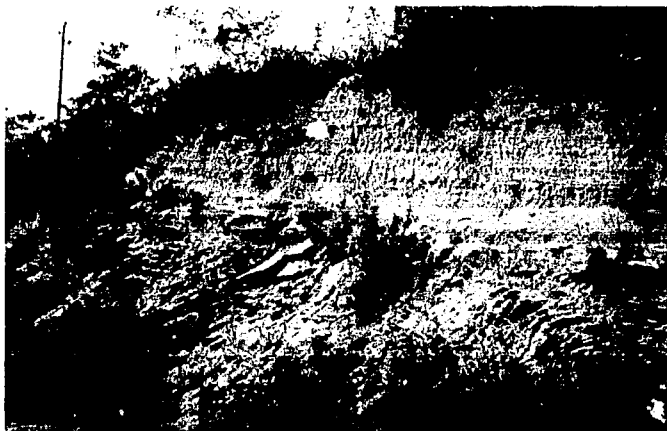
Fotografía 11.- pliegue abierto y afallado en la Formación Chicontepec Inferior. Camino a Huautla.



Fotografía 12.- falla de desplazamiento lateral en la Formación Chicontepec Medio. Camino a Huautla.



Fotografía 13.- falla normal con desplazamiento de 30 cm. Formación Chicontepec Inferior. Margen del río Calabozo.



Fotografía 14.- falla inversa. Formación Chicontepec Medio (plegada) subyace a la Formación Chicontepec Inferior. Camino a Huautla.

Tales fenómenos originaron un ajuste de bloques afallados, en algunas zonas escalonados y que en otras formaron basculamientos que produjeron pequeños horst y grabens, posteriormente rellenados por gruesos espesores de depósitos de talud y aluviales. (Ver cortes esquemáticos A-A' y B-B' ).

Existen también una serie de pliegues de carácter muy local paralelos y similares, que varían de cerrados a isoclinales y de tipo armónico. En conjunto son resultado de esfuerzos comprensivos locales. Estas estructuras se observaron particularmente en el contacto de la Formación Chicontepec Inferior y Chicontepec Medio ( Fotografías 15 - 16 ).

El sistema de fracturamiento presente en el área constituye otro rasgo estructural de gran importancia en la ocurrencia y comportamiento de los cuerpos minerales ya que estos se presentan asociados a fallas, fracturas y planos de estratificación. Con base en el análisis de los datos recolectados en el área se elaboró la roseta de fracturamiento en la cual se determinaron las siguientes direcciones de lineamientos, que se pueden considerar como una importante guía estructural ya que permite conocer la dirección de los esfuerzos que actuaron sobre la región. (Fig.6) ( Fotografía 17 ).

1er. orden

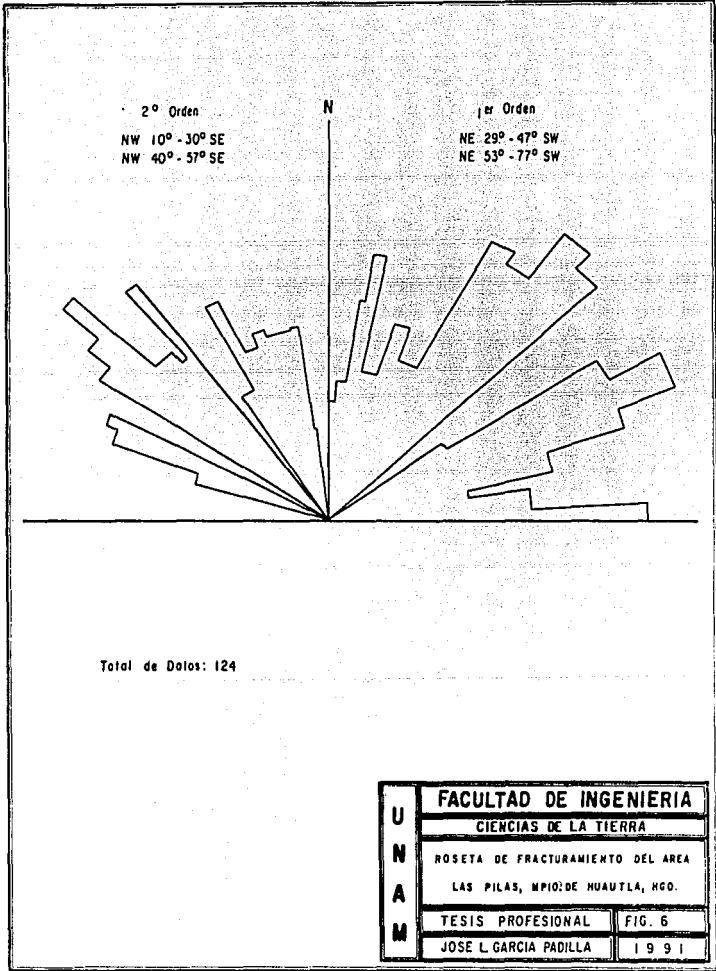
NE 29° - 47° SW

NE 53° - 77° SW

2o. orden

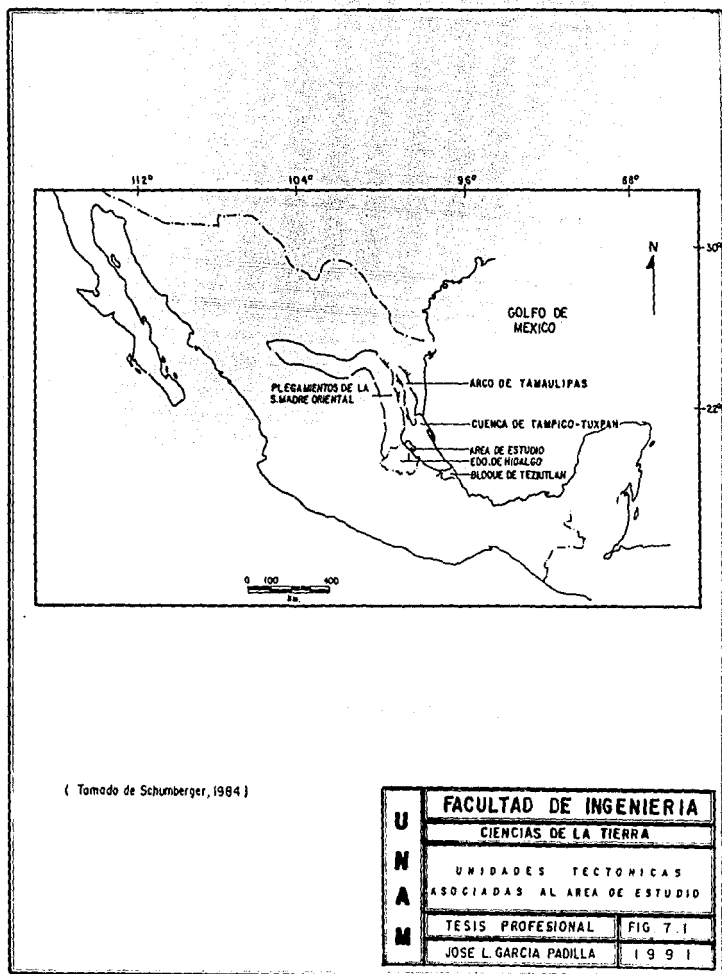
NW 10° - 30° SE

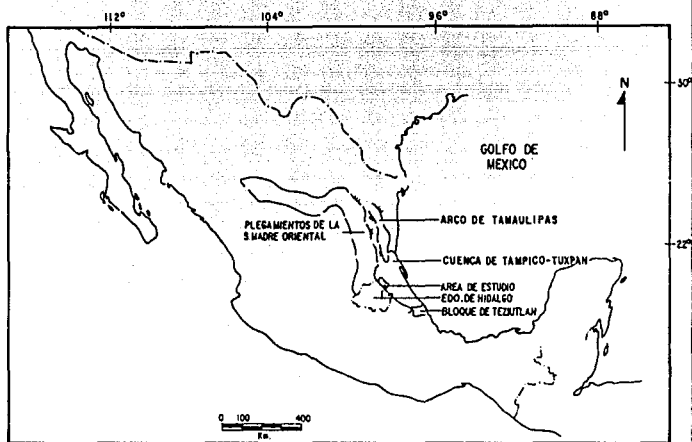
NW 40° - 57° SE



Total de Dolos: 124

<b>U N A M</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	ROSETA DE FRACTURAMIENTO DEL AREA	
	LAS PILAS, MPIO: DE HUAUTLA, HGO.	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 6
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991





( Tomado de Schumberger, 1984 )

<b>U N A M</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	UNIDADES TECTONICAS ASOCIADAS AL AREA DE ESTUDIO	
	TESIS PROFESIONAL	FIG 7.1
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991





Fotografía 15.- pliegues afallados de tipo disarmónico. Formación Chicontepec Medio. Camino a Huautla.



Fotografía 16.- pliegues cerrados de tipo armónico. Formación Chicontepec Medio. Camino a Huautla.



Fotografía 17.- Pliegues afallados de tipo armónico. Formación Chicontepec Medio. Camino a Huautla.

#### 3.4 MARCO TECTONICO.

Con base en los estudios realizados por varios autores se ha establecido que la República Mexicana está dividida en dos grandes regiones geológicas: el dominio cordillerano y el dominio mesógeno; dentro de este último se ubica el área de estudio y se localiza en la porción oriental de país; dicho dominio se encuentra ligado a la evolución tectónica de la margen atlántica occidental y a la apertura del Golfo de México.

Por otra parte se ha considerado (Tardy, 1980, op.cit.) que en la porción centro-oriental del País se desarrolló un dominio de tipo geosinclinal, originado por la transgresión marina del Jurásico Superior sobre la región oriental del País.

Ahora bien, dicho dominio se dividió en dos cuencas representadas por el Antiguo Golfo de México y la Cuenca Mesozoica de México, ambas de orientación NW-SE, en las cuales se depositaron sedimentos calcáreos pelágicos. (Moran Zenteno, 1982).

Dicha sedimentación calcárea continuó hasta principios del Cretácico Superior. Entonces se inició el levantamiento continental que provocó un cambio drástico en el régimen de sedimentación y se depositaron sedimentos de tipo detrítico provenientes del occidente.

Estos sedimentos cubrieron a la secuencia calcárea y constituyeron potentes espesores que rellenaron durante el Paleoceno a la cuenca de Tampico-Tuxpan la cual se derivó a partir del antiguo Golfo de México.

Esta cuenca, dentro de la cual se ubica el área de estudio, tiene forma de un arco semielíptico abierto hacia el Golfo de México,

el cual representa su límite al Este; al Norte su límite es el Arco de Tamaulipas, al Oeste la Sierra Madre Oriental y al Sur el Bloque Tectónico de Teziutlán. ( Fig. 7 )

El carácter de cuenca de esta región se debe al hundimiento del Área ocupada por el Archipiélago de Tamaulipas, provocado en gran parte por los esfuerzos de la Orogenia Larámide que tiene lugar durante el Paleoceno-Eoceno temprano y están relacionados probablemente con la última etapa evolutiva del Golfo de México. (Morán Zenteno, 1982).

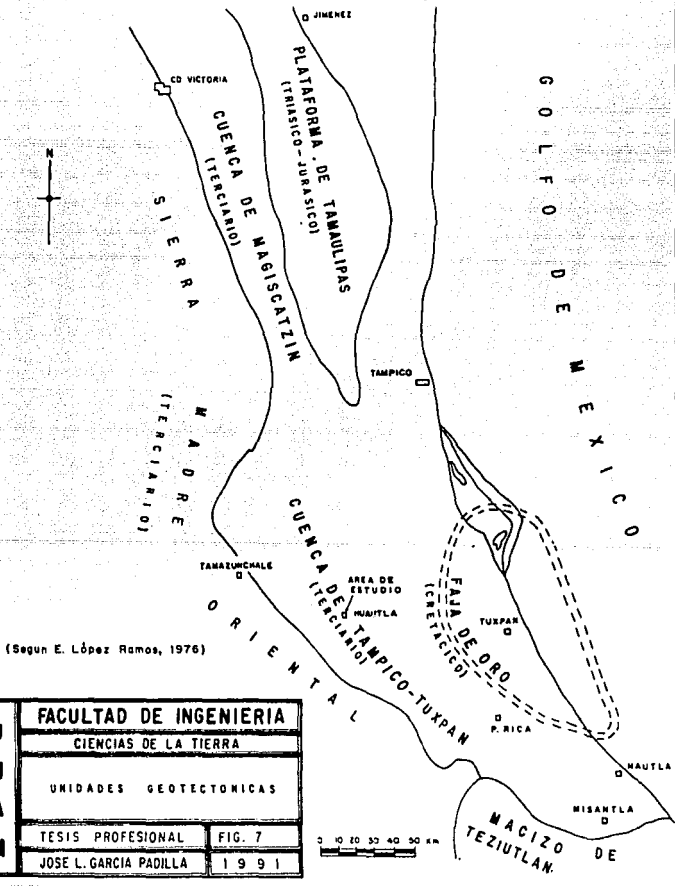
Dichos esfuerzos plegaron y levantaron a principios del Terciario los sedimentos del Geosinclinal Mexicano con lo que formaron plegamientos asimétricos y recostados, de orientación general NW-SE y que dieron origen a la estructura de la Sierra Madre Oriental. (Fig. 7.1).

Se ha establecido que la Orogenia Larámide provocó un sistema de fallas inversas de carácter regional que originaron una serie de hundimientos tectónicos dispuestos paralelamente al margen oriental de la Sierra.

Dichos hundimientos constituyen depresiones que fueron rellenadas durante el Paleoceno y Eoceno por potentes espesores de sedimentos de facies tipo flysch. Una de estas depresiones constituye la cuenca de Chicontepec, dentro de la cual se depositaron las Formaciones del mismo nombre y en cuya porción centro-oriental se ubica el Área de estudio.

Durante el Eoceno Superior continuó el depósito de grandes espesores de sedimentos de tipo " molassa ", que corresponden a la máxima Orogenia de la Sierra Madre Oriental.

UNIDADES GEOTECTONICAS ASOCIADAS AL AREA  
DE ESTUDIO DURANTE EL MESOZOICO Y  
PRINCIPIOS DEL CENOZOICO



(Segun E. López Ramos, 1976)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	UNIDADES GEOTECTONICAS	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 7
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991

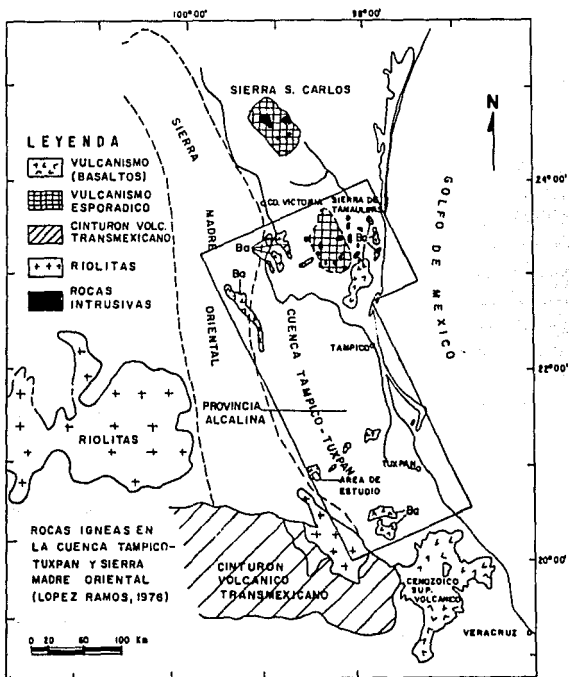
Posteriormente en la porción noroccidental de la Cuenca de Chicontepec los depósitos sedimentarios fueron débilmente plegados con orientaciones NW-SE y originaron una serie de anticlinales y sinclinales suaves casi simétricos.

Durante el Cenozoico continuó el lento depósito de grandes volúmenes de sedimentos, ocasionalmente interrumpidos por manifestaciones de actividad plutónica y volcánica que caracterizan a la Provincia Alcalina del Oriente de México.

(Fig. 8).

En el área de estudio dichas manifestaciones están representadas por derrames de tipo fisural. (Robin, C., 1976).

# CUENCA TAMPICO-TUXPAN



U N A M	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	CUENCA TAMPICO-TUXPAN Y PROVINCIA ALCALINA	
	TESIS PROFESIONAL	FIG 8
	JOSE L GARCIA PADILLA	1991

### 3.5 GEOLOGIA HISTORICA.

Al iniciarse el Cretácico continuó la transgresión marina originada en el Jurásico Medio; se formaron cuerpos arrecifales sobre las márgenes de las plataformas y se desarrolló el atolón de la Faja de Oro así como otro complejo arrecifal alrededor de la plataforma de San Luis-Valles.

En los sitios en donde las aguas eran más profundas se depositaron calizas con pedernal pertenecientes a la Formación Tamaulipas Inferior.

Durante el Cretácico Medio continuó el mismo régimen de sedimentación del Cretácico Temprano y se observaron en el frente de los atolones grandes depósitos de calizas probablemente dolomitizadas que constituyeron a la Formación Tamabra.

Para el Cretácico Tardío se produjo un fuerte cambio en el régimen de depósito, ya que existió un mayor aporte de terrígenos con lo cual se originaron las secuencias calcáreo-arcillosas de las Formaciones Agua Nueva (calizas), San Felipe (calizas) y Méndez (lutitas).

Al término del Cretácico se inició la orogenia Larámide que dió origen a la Sierra Madre Oriental.

Durante el Paleoceno se forma la Cuenca de Tampico-Tuxpan a consecuencia del hundimiento del Área ocupada por el archipiélago de Tamaulipas. Simultáneamente a este fenómeno se produjeron los levantamientos de la Sierra Madre Oriental y se desarrollaron en su margen una serie de depresiones conocidas como cuencas o antefosas como la de Chicontepec, en la que se depositó un gran volumen de sedimentos areno-arcillosos de tipo turbidítico



correspondientes a las Formaciones Chicontepec Inferior y Medio. Se formó entonces el canal o cañón de Chicontepec por la acción de dos grandes corrientes submarinas, que corrían de NW a SE. Los sedimentos del Paleoceno, Cretácico y Jurásico Superior fueron erosionados por estas corrientes que socavaron las laderas de una porción de la cuenca de Chicontepec hasta dar origen al Paleocanón.

Probablemente a fines del Paleoceno Superior ocurrió también una sedimentación gradada de lentes arenosos y material arcilloso en forma alternada, típicos productos de turbiditas (Govela, 1979; López Ramos, 1980, op.cit.). Este depósito se produjo bajo condiciones marinas. Los lentes arenosos se distribuyeron en todo el Paleocanal con espesores delgados hacia el flanco oriental y potentes hacia el flanco occidental.

En el Eoceno Temprano continuaron las mismas características de depósito, las cuales constituyeron una facies de composición arenosa de tipo flysch, que dió origen a la Formación Chicontepec Superior.

El Eoceno Tardío presentó dos facies: una arcillosa de aguas profundas y otra arenosa conglomerática de origen deltaico.

Durante el Oligoceno y Mioceno se produjeron una serie de transgresiones y regresiones que formaron un depósito de sedimentos areno-arcillosos y en ocasiones conglomeráticos.

Al finalizar esta etapa tuvo lugar una regresión que marcó el límite de la actual línea de costa.

#### 4.- YACIMIENTOS MINERALES.

##### 4.1 GUIAS DE MINERALIZACION.

Para la exploración geológica-minera del área se siguieron tres tipos de guías principales: estratigráficas, litológicas y estructurales.

Como guías estratigráficas y litológicas se siguió principalmente a la Formación Chicontepec Inferior, constituida por una alternancia de calcarenitas y lutitas con intercalaciones de material arenoso y con menor importancia a la Formación Chicontepec Medio constituida por una alternancia de areniscas y lutitas. Ambas unidades son de edad Cenozoico y se utilizaron como guías debido a que en ellas están presentes los cuerpos de bitumen carbonoso.

Como guías estructurales se siguieron las zonas de mayor debilidad y menor compactación de la roca, representadas por fallas, fracturas y planos de estratificación, pues con base en los estudios de campo se observó que los cuerpos de hidrocarburos sólidos se encuentran asociados a esas zonas. ( Fotografía 18 ). Se definió entonces el patrón estructural del área , que como se ha mencionado rige el comportamiento de los cuerpos de hidrocarburos sólidos. Se determinó que la traza de las fallas tiene una orientación preferencial NW-SE y las fracturas forman en conjunto una red de direcciones NW-SE y NE-SW. Se comprobó también que la mayor ocurrencia, espesores y mejor calidad de los cuerpos de hidrocarburos sólidos se encuentran dentro de la Formación Chicontepec Inferior y sigue una orientación NW-SE.



Fotografía 18.- Brecha de falla en la Formación Chicontepec Medio, en la cual se encuentra intercalado un cuerpo de bitumen carbonoso de forma irregular.

#### 4.2 AMBIENTES GEOLOGICOS FAVORABLES Y YACIMIENTOS DESCUBIERTOS.

El marco tectónico dentro del cual se ubican los yacimientos de bitumen carbonoso está formado por una margen pasiva que puede estar asociada a una cuenca compleja. Esto define un ambiente geológico favorable para la acumulación de gruesos espesores de sedimentos arcilloso-arenosos, sobre los que se depositan grandes cantidades de materia orgánica. Toda esta secuencia es afectada por procesos diagenéticos, lo que origina la formación de hidrocarburos. En este caso la cuenca compleja, comprende en su porción oriental la provincia deltaica terciaria de la costa.

Un caso particular de las márgenes pasivas asociadas a una cuenca compleja lo constituyen las provincias deltaicas e interdelticas, así como las cuencas turbidíticas carbonatadas posteriormente rellenas por sedimentos arcillo-arenosos; las primeras situadas sobre el talud continental y las segundas en zonas de mayor subsidencia como los geosinclinales, paleocuenas y paleocanones, dentro de los cuales se acumulan potentes espesores de sedimentos que pueden alcanzar hasta 10000 m. (Rodríguez-Santana, 1985).

La secuencia sedimentaria está formada por depósitos de material arcilloso de la zona de prodelta, así como por potentes estratos de material arenoso. Los cambios en el nivel del mar producen una alternancia de arenas (areniscas), gravas, arenas, limos, y arcillas (conglomerados) y arcillas (lutitas), que en conjunto originan depósitos de tipo flysch.

En las provincias deltaicas e interdelticas se acumulan y preservan grandes volúmenes de materia orgánica, principalmente

de origen continental conocida como hùmica, formada a partir de restos de plantas superiores continentales, muy ricas en lignina y celulosa, compuestos orgánicos que favorecen la generación de hidrocarburos, sin embargo son también frecuentes las intercalaciones de materia orgánica marina.

En el área de estudio las rocas que contienen los cuerpos de bitumen carbonoso son calcarenitas y lutitas con intercalaciones de material arenoso de la Formación Chicontepec Inferior, así como areniscas con intercalaciones de lutitas de la Formación Chicontepec Medio.

Se descubrieron en el área de estudio y zonas cercanas un total de 25 afloramientos de bitumen carbonoso, a los cuales se les denominó por el punto de referencia más cercano (poblado o localidad) como sigue: (plano 1).

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| 1.- Candelaria.      | 14.- El Sacrificio.     |
| 2.- Chiatitla.       | 15.- Piedra Cueteada.   |
| 3.- Chalingo.        | 16.- Huemaco I.         |
| 4.- Huitzotlaco.     | 17.- Huemaco.           |
| 5.- El Ixtle.        | 18.- Nuevo Acatepec.    |
| 6.- Atlapexco.       | 19.- Cerro Choteametl.  |
| 7.- La Curva.        | 20.- Camino a Pamactla. |
| 8.- La Virgen.       | 21.- Zacatipa.          |
| 9.- Las Pilas I.     | 22.- Ahuatitla.         |
| 10.- Las Pilas II.   | 23.- Río Atlapexco.     |
| 11.- Coatzonco.      | 24.- Las Pilas III.     |
| 12.- Chipila.        | 25.- Las Pilas I.A.     |
| 13.- Huazalinguillo. |                         |

Se presentan a continuación 6 tablas con ubicación geográfica, dimensiones, datos estructurales, forma de emplazamiento y roca encajonante de cada afloramiento. (Tablas 4.1 y 4.2). (Tablas 1,2,3,4).

TABLA 4.1

## UBICACION DE AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO

AFLORAMIENTO	AREA	MUNICIPIO	ESTADO	COORDENADAS		CLAVE	HOJA	DETENAL
				LATITUD	LONGITUD			
CANDELARIA	HUAUTLA	ATLAPEXCO	HGO	21°04'15"	98°24'45"	F	14	D 42
CHIATITLA	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	21°05'05"	98°16'30"	F	14	D 43
CHALINGO	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	21°04'45"	98°13'45"	F	14	D 43
HUITZOTLACO	HUAUTLA	ATLAPEXCO	HGO	21°02'30"	98°23'45"	F	14	D 42
EL IXTLE	ACATEPEC	HUAUTLA	HGO	21°02'45"	98°09'30"	F	14	D 43
ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	HGO	21°01'50"	98°23'45"	F	14	D 42
HUAZALINGUILLO	ACATEPEC	HUAUTLA	HGO	20°59'45"	98°14'45"	F	14	D 53
EL SACRIFICIO	ATLAPEXCO	HUAUTLA	HGO	20°58'30"	98°22'30"	F	14	D 52
PIEDRA CUETEADA	COATZONCO	HUAUTLA	HGO	20°59'45"	98°19'50"	F	14	D 53
RIO ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	HGO	20°59'45"	98°19'45"	F	14	D 52
HUEMACO I	COATZONCO		HGO	20°58'30"	98°16'00"	F	14	D 53
HUEMACO II	COATZONCO		HGO	20°58'30"	98°16'00"	F	14	D 53
ZACATIPA	ACATEPEC		HGO	20°57'15"	98°15'30"	F	14	D 53
NUEVO ACATEPEC	ACATEPEC	HUAUTLA	HGO	20°56'00"	98°18'30"	F	14	D 53
AHUATITLA	ACATEPEC		VER	20°57'00"	98°13'00"	F	14	D 53

TABLA 4.2

## UBICACION DE AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO

AFLORAMIENTO	AREA	MUNICIPIO	ESTADO	COORDENADAS		CLAVE	HOJA	DETENAL
				LATTUD	LONGITUD			
ZANJA 3	LAS PILÁS	HUAUTLA	HGO	21°00'50"	98°17'30"	F	14	D 43
ZANJA 2C	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'40"	98°17'35"	F	14	D 43
ZANJA 2B	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'30"	98°17'35"	F	14	D 43
ZANJA 2A	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'15"	98°17'40"	F	14	D 43
ZANJA 1A	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'10"	98°17'50"	F	14	D 43
ZANJA 1	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'05"	98°17'45"	F	14	D 43
ZANJA 1B	LAS PILAS	HUAUTLA	HGO	21°00'00"	98°17'55"	F	14	D 43
ZANJA 15	LAS PILAS II	HUAUTLA	HGO	21°00'50"	98°17'20"	F	14	D 43
CERRO CHOTEAMETL	ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	HGO	20°59'50"	98°20'45"	F	14	D 42
CAMINO A PAMACTLA	ATLAPEXCO	ATLAPEXCO	HGO	20°59'50"	98°20'07"	F	14	D 52
COATZONCO	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	21°00'03"	98°17'45"	F	14	D 53
CHIPILA	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	20°59'35"	98°16'32"	F	14	D 53
LA CURVA	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	21°00'33"	98°19'40"	F	14	D 43
LA VIRGEN	HUAUTLA	HUAUTLA	HGO	21°00'45"	98°19'15"	F	14	D 43



TABLA 1

**AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO**

<b>LOCALIDAD</b>	<b>FORMA</b>	<b>EXTENSION ( M )</b>	<b>RUMBO</b>	<b>INCLINACION</b>	<b>ESPESOR ( M )</b>	<b>ROCA ENCAJONANTE</b>
LAS PILAS ZANJAS 2B, 2C y 3	TABULAR	200.0	NE60°SW	70°NW	6.70	Lu ( Fm T Chi )
LAS PILAS IA ZANJA 1A	TABULAR	2.40	NE60°SW	80°NW	1.0	Lu ( Fm T Chi )
LAS PILAS II ZANJA 1B	TABULAR	1.00	NE60°SW	80°NW	0.1-0.2	Lu ( Fm T Chi )
LAS PILAS III ZANJA 4	IRREGULAR	10.0	NE60°SW	80°NW	0.35-0.40	Lu ( Fm T Chi )
LA CURVA	ESTRATIFORME	2.0	NE40°SW	25°NW	0.15	Lu ( Fm T Chi )
LA VIRGEN	TABULAR	2.0	NW40°SE	70°SW	0.15	Lu ( Fm T Chi )

TABLA 2

**AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO**

LOCALIDAD	FORMA	EXTENSION ( M )	RUMBO	INCLINACION	ESPESOR ( M )	ROCA ENCAJONANTE
ATLAPEXCO	ESTRATIFORME	5.0	NW70°SE	28°NE	0.05-0.20	Ar ( Fm T Cnm )
CERRO CHOTEAMETL	IRREGULAR	4.0	NE20°SW	70°NW	0.15	Ar ( Fm T Chm )
CAMINO A PAMACTLA	ESTRATIFORME	15.0	NW60°SE	20°NE	0.20	Ar ( Fm T Chm )
PIEDRA CUETEADA	TABULAR	1.0	NW50°SE	22°NE	0.10	Ar ( Fm T Chm )
RIO ATLAPEXCO	ESTRATIFORME	10.0	NW58°SE	20°NE	0.30	Ar ( Fm T Chm )
COATZONCO	ESTRATIFORME	1.0	NW80°SE	10°NE	0.10	Lu ( Fm T Chm )

TABLA 3

**AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO**

LOCALIDAD	FORMA	EXTENSION ( M )	RUMBO	INCLINACION	ESPESOR ( M )	ROCA ENCAJONANTE
CANDELARIA	TABULAR	2.0	NE40°SW	7°SE	0.20	Ar ( Fm T Chm )
CHIATITLA	ESTRATIFORME	1.0	NE40°SW	5°SE	0.15	Ar ( Fm T Chm )
CHALINGO	ESTRATIFORME	2.0	NW20°SE	10°NE	0.20	Lu ( Fm T Chm )
48 HUITZOTLACO	IRREGULAR	100.0	NE15°SW	10°NW	0.15	Ar ( Fm T Chm )
EL IXTLE	TABULAR	2.0	NE25°SW	5°SE	0.20	Ar ( Fm T Chm )
SACRIFICIO	IRREGULAR	3.0	NE40°SW	20°SE	0.15	Ar ( Fm T Chm )

TABLA 4

## AFLORAMIENTOS DE BITUMEN CARBONOSO

LOCALIDAD	FORMA	EXTENSION ( M )	RUMBO	INCLINACION	ESPESOR ( M )	ROCA ENCAJONANTE
NUEVO ACATEPEC	IRREGULAR	7.0	NE30°SW	10°SE	0.15	Lu ( Fm T Chi )
ZACATIPA	TABULAR	7.0	NE40°SW	80°SE	0.10	Ar ( Fm T Chm )
AHUATITLA	ESTRATIFORME	10.0	NE60°SW	12°NW	0.10	Ar ( Fm T Chm )
CHIPILA	ESTRATIFORME	1.0	NW65°SE	7°NE	0.10	Ar ( Fm T Chm )
HUAZALANGUILLO	BOLSADA	0.30	----	----	0.10	Ar ( Fm T Chm )
HUEMACO I Y II	ESTRATIFORME	5.0	NW70°SE	9°NE	0.05-0.20	Ar ( Fm T Chm )

#### 4.3 DESCRIPCION DE LAS ZONAS MINERALIZADAS.

La zona de mineralización más importante en el área de estudio se presenta en la localidad de Las Pilas y corresponde a cuerpos de forma tabular e irregular asociados a zonas de debilidad y poca compactación de la roca como fallas y fracturas. Estos cuerpos se encuentran dentro de la secuencia sedimentaria de la Formación Chicontepec Inferior. (Figs. 9 y 10).

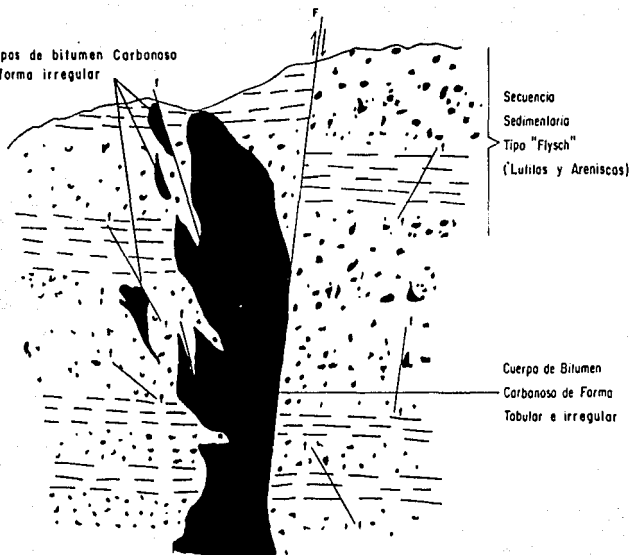
En este sitio los hidrocarburos sólidos tienen una estructura masiva, bien compactada. ( Fotografías 19 y 20 ).

Se realizaron en esta zona seis zanjas (1, 1A, 2A, 2B, 2C, 3), con el fin de conocer la extensión del yacimiento. ( Plano 2 ).  
( Fotografía 24 )

En la zanja 3 se descubrió el afloramiento de mayor tamaño por lo que se efectuó un socavón con el objeto de determinar el espesor de dicho cuerpo. ( Fotografía 21 ). Con esta obra se observó que a 6.70 m de distancia a partir de la entrada de la misma, termina el cuerpo de hidrocarburo sólido el cual se encuentra limitado por un plano de falla de rumbo NE 60° SW. ( Fotografías 22, 23 ). El contacto entre el cuerpo de hidrocarburo sólido y las rocas sedimentarias de la Formación Chicontepec Inferior está representado por un tramo de 0.20 m de espesor de roca muy deleznable y poco compacta, producto de la zona de falla. ( Fotografías 25, 26 ).

Al terminar el cuerpo de hidrocarburo sólido se presenta la roca sana con estratificación casi horizontal. El hidrocarburo sólido presenta dentro del socavón tres direcciones principales de fracturamiento: NW-SE, NE-SW y E-W. (Sección x-x'). ( Fotografías 27,28 ).

Cuerpos de bitumen Carbonoso en forma irregular



Secuencia Sedimentaria Tipo "Flysch" (Lutitas y Areniscas)

Cuerpo de Bitumen Carbonoso de Forma Tabular e irregular

EXPLICACION

FALLA



FRACTURA



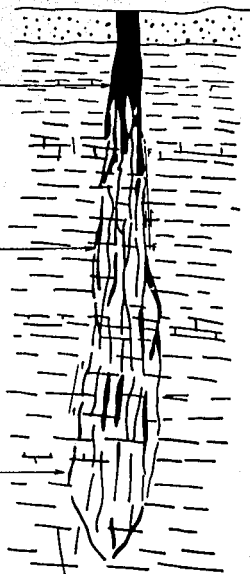
( Modificado de Rodriguez Santano, 1986 )

U N A M	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	MODELO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO EN EL AREA DE ESTUDIO	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 9
	JOSE L.GARCIA PADILLA	1991

Bitumen Carbonoso en  
Forma Tabular (Masivo)

Bitumen Carbonoso  
Intercalado con la  
Secuencia Sedimentaria

Bitumen Carbonoso en  
Forma de "Hilillos"



Secuencia Sedimentaria  
Tipo "Flysch"  
( Lutitas - Areniscos )

EXPLICACION

FALLA



FRACTURA



( Modificado de  
Levorsen y Rodriguez, 1986 )

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	MODELO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA DEL YACIMIENTO EN EL AREA DE ESTUDIO	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. 10
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991



Fotografía 19.- Afloramiento de bitumen carbonoso en contacto con depósitos de talud. Localidad: Las Pilas.



Fotografía 20.- Otro aspecto del mismo afloramiento.





Fotografía 21.- Entrada al socavón realizado sobre el cuerpo de bitumen carbonoso. Localidad: Las Pilas.



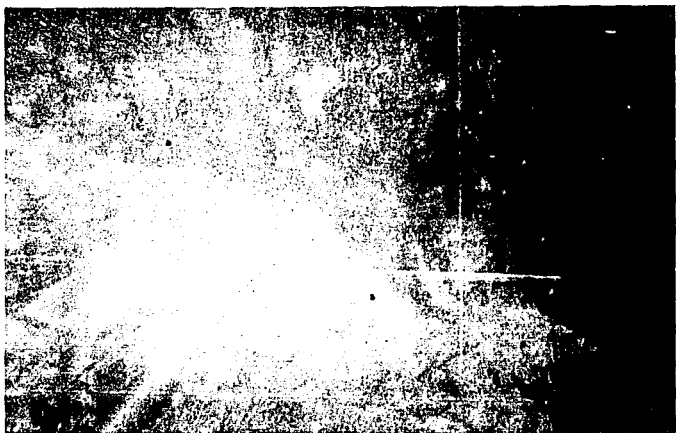
Fotografía 22.- Vista del interior del socavón. En el tope del mismo se observa la Formación Chicontepec Inferior.



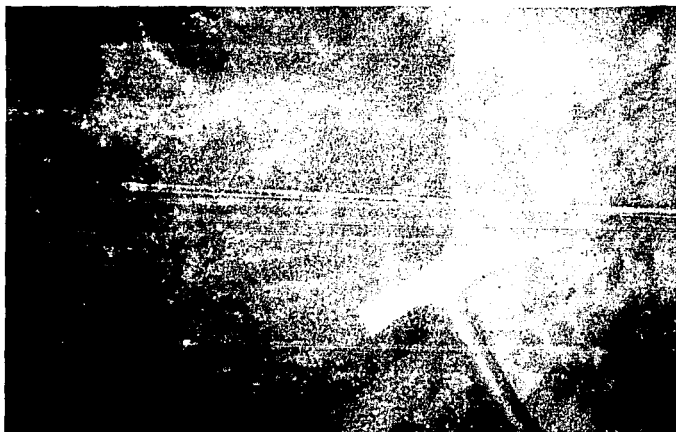
Fotografía 23.- Otro aspecto del interior del socavón. Al fondo se observa el contacto entre el bitumen carbonoso y la Formación Chicontepec Inferior.



Fotografía 24.- Vista de las zanjas 2A, 2B, 2C y 3.  
Localidad: Las Pilas



Fotografía 25.- Detalle del contacto entre el bitumen carbonoso y la Formación Chicontepec Inferior sobre la pared izquierda del socavón.



Fotografía 26.- Detalle del mismo contacto sobre la pared derecha del socavón.



Fotografía 27.- Fracturamiento del bitumen carbonoso dentro del socavón. Localidad: Las Pilas.



Fotografía 28.- Otro aspecto del fracturamiento del hidrocarburo sólido en el interior del socavón.

Se describen a continuación los trabajos realizados en las siguientes zanjas:

Zanja 1.- se ubica a 115 m de distancia y con rumbo SW40o de la zanja 3. En este sitio CFE realizó una pequeña cata para la obtención de una muestra de hidrocarburo sólido la cual se clasificó como bitumen carbonoso. El CRM inició aquí la exploración geológica a detalle. Sus dimensiones son: 2.40 m de longitud, 1 m de ancho y 1.65 m de profundidad. En esta zanja se comprobó que el cuerpo de hidrocarburo sólido presenta una forma muy irregular y está limitado por una falla de rumbo NE60oSW y echado de 80o al SE.

Zanja 1A.- se encuentra contigua a la zanja 1, en dirección NE de esta. Sus dimensiones son: 3.60 m de longitud, 1 m de ancho y 2.5 m de profundidad. El cuerpo de hidrocarburo se presenta también en forma irregular y limitado por la falla anterior.

Zanja 2A.- se encuentra a 35 m de distancia y con rumbo SW45o de la zanja 3. En este sitio se realizó un pozo de 3 m de longitud, 3 m de ancho y 5 m de profundidad. En este no se logró cortar el cuerpo de hidrocarburo, el cual probablemente se encuentre a mayor profundidad.

Zanja 2B.- se encuentra a 25 m de distancia y con rumbo SW45o de la zanja 3. Se efectuó un pozo de 3 m de longitud, 3 m de ancho y 4.05 m de profundidad. El cuerpo de hidrocarburo se presenta en forma tabular con una estructura masiva y bien compactada.

Zanja 2C.- se encuentra a 18 m de distancia y con rumbo SW45o de la zanja 3. Se realizó un pozo de 3 m de logitud, 3 m de ancho y 3 m de profundidad. El cuerpo de hidrocarburo se presenta en forma regular con estructura masiva y bien compacta, interestratificado con las calcarenitas y lutitas de la Formación Chicontepec Inferior. ( Fotografía 29 ).

En los otros afloramientos descubiertos dentro de esta Formación los hidrocarburos sólidos ocurren en forma de cuerpos irregulares de dimensiones muy pequeñas e intercalados con la secuencia sedimentaria, adoptan también forma de lentes irregulares, con espesores que varían entre 0.05 m y 0.20 m. Se observaron también incipientes manifestaciones de hidrocarburos en forma de pequeños hilillos de algunos cm de espesor. ( Fotografía 30 y 31 )

En la Formación Chicontepec Medio los cuerpos de hidrocarburo sólido ocurren como relleno de planos de estratificación, presentan algunas decenas de metros de longitud (100 m para el afloramiento de Huitzotlaco), pero con espesores de sólo 0.05 m a 0.20 m y en ocasiones han sido erosionados casi en su totalidad . Se presentan también en forma de pequeñas bolsadas (afloramiento de Huemaco). ( Tablas 1, 2, 3, 4, 4.1 y 4.2 ).



Fotografía 29.- Aspecto del bitumen Carbonoso en la zanja 2C.  
Localidad: Las Pilas.



Fotografía 30.- Cuerpo de bitumen carbonoso en forma de lente,  
dentro de la Formación Chicontepec Inferior. Afloramiento " La  
Curva ", sobre el camino a Huautla.



Fotografía 31.- Manifestaciones del bitumen carbonoso intercalado con material orgánico ( suelo ) y depósitos de talud.  
Localidad: Las Pilas.



#### 4.4 POTENCIAL MINERO ESTIMADO.

La evaluación de las reservas minerales efectuada en el área de estudio está basada en las siguientes definiciones, consideradas como las de mayor claridad y precisión que son utilizadas por los técnicos del Servicio Geológico del Canadá.

Reservas comprobadas o medidas.- Se les conoce también como positivas o probadas. Es el material sobre el cual se calcula el tonelaje y que se basa en dimensiones obtenidas en afloramientos, trincheras, trabajos subterráneos, pozos de perforación y del cual se calcula la ley, si se toma en cuenta que se ha realizado un muestreo en forma adecuada en lugares que se pueden inspeccionar. Las medidas son especificadas de tal manera que el carácter geológico, tamaño, forma y contenido mineral puedan ser claramente establecidos. El tonelaje del mineral debe juzgarse dentro de límites de precisión claramente establecidos. Debe determinarse si el tonelaje del mineral in-situ es extraíble indicando el factor de pérdida o dilución, así como la relación de cada factor. Se debe aclarar en que obra se basó el estudio y como se hizo el muestreo.

Reservas posibles o inferidas.- Es el material para el cual las estimaciones cuantitativas se hacen basadas principalmente sobre el conocimiento amplio del carácter geológico del yacimiento y para el que existen poco o ninguna muestras o medidas.

Estas estimaciones se basan en la continuidad y repeticiones supuestas de los cuerpos mineralizados y afloramientos de los mismos, para los cuales existen indicaciones geológicas razonables.

Estas indicaciones pueden incluir comparaciones con depósitos de tipo semejante. Los cuerpos completamente sepultados pueden ser incluidos si para ello existen evidencias específicas (estudios geofísicos).

Si bien se detectaron en el Área de estudio un total de 25 afloramientos de bitumen carbonoso, el único que ofrece interés económico relativo es el ubicado en la localidad de Las Pilas. Es por esto que para el cálculo de las reservas comprobadas o medidas se consideró un rectángulo cuya longitud es de 200 m y comprende desde la zanja 1 hasta la falla de rumbo NW 60o SE localizada a 80 m al NE de la zanja 3 ya que en esa zona existen datos confiables de la existencia del yacimiento (afloramientos en zanjas). El espesor promedio considerado es de 5 m, obtenido con el socavón realizado, así como las zanjas mencionadas; la profundidad promedio determinada es de 50 m, medida con el corte de los barrenos ejecutados con máquina "winkie". (Barrenos BW-3 y BW-4). (Secciones 4,5 y 6).

Al realizar el cálculo del tonelaje se obtuvieron los siguientes resultados:

Se utilizaron las fórmulas:  $V = \text{LONGITUD} \times \text{ANCHO} \times \text{PROFUNDIDAD}$

$\text{TON} = \text{LONGITUD} \times \text{ANCHO} \times \text{PROFUNDIDAD} \times \text{PESO ESPECIFICO DEL MINERAL}$

$\text{TON} = 200 \times 5 \times 50 \times 1.5$

$V = 200\text{m} \times 5\text{m} \times 50\text{m}$

$V = 50000\text{m}^3$

Por lo tanto:

Reservas comprobadas o medidas = 75 000 toneladas.

Ahora bien, prácticamente el total de este tonelaje es extraíble con un factor de pérdida mínimo. Sin embargo al considerar los gastos de extracción que incluyen: alquiler, operación y transporte de maquinaria, rehabilitación de caminos, traslado del mineral a la planta de beneficio más cercana, contratación de personal calificado, etc., hacen que el yacimiento sea incosteable, debido a su bajo tonelaje.

Posteriormente se realizó una evaluación de las reservas posibles o inferidas, para lo cual se obtuvo un promedio de las dimensiones de los 25 afloramientos detectados dentro del área de estudio y en zonas cercanas. En algunos de estos sitios se realizaron pequeñas catas para determinar el espesor y profundidad de los cuerpos de bitumen carbonoso con la mayor precisión posible.

Como longitud se consideró la distancia comprendida entre los afloramientos más distantes uno del otro, ubicados en los extremos del área de estudio. En este cálculo se excluyeron los 200 m de la longitud evaluada dentro de las reservas comprobadas o medidas. Dicha longitud evaluada dentro de las reservas comprobadas o medidas. Dicha longitud o extensión es de 14300m.

Para el espesor y profundidad promedio se consideran los 25 afloramientos. Las dimensiones promedio obtenidas fueron:

Espesor (ancho) = 0.45 m

Profundidad = 4.18 m

( las dimensiones de los afloramientos se anotan en las tablas 1, 2 , 3 y 4 ).

Utilizando la fórmula anterior se tiene:

TON = 14 300 x 0.45 x 4.18 x 1.5

De aquí se obtiene: Reservas potenciales (posibles o inferidas):

40 347 ton.

Es importante aclarar que el tonelaje tan bajo que se obtiene del cálculo de este tipo de reservas, que incluso es menor que las reservas comprobadas o medidas, se debe a las dimensiones tan pequeñas de casi todos los cuerpos de bitumen carbonoso detectados en el área de estudio, con excepción del afloramiento de Las Pilas. (zanjas 1, 1A, 2B, 2C y 3).

Por otra parte, la falta de aplicación de métodos indirectos como la Geofísica, que por diversas causas no fué posible utilizar se reflejaron en la carencia de un mejor conocimiento del carácter geológico del yacimiento. Si a esto se agrega la escasa o nula continuidad entre cada afloramiento, así como en sus relaciones estructurales, la estimación de un gran tonelaje en las reservas posibles o inferidas, sería muy poco confiable.

## 5.- IMPORTANCIA DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL CARBON.

Los análisis químicos y fisico-químicos del carbón tienen como objetivo entender las condiciones de formación y evolución en el subsuelo, conocer las características físicas y químicas relacionadas con su composición maceral (los macerales son los equivalentes a los minerales de las rocas), el tipo de kerógeno que lo constituye, así como el potencial generador de hidrocarburos líquidos o gaseosos que pueda contener al originarse dentro de una cuenca sedimentaria.

Tanto el carbón como el petróleo provienen de materia orgánica acumulada y que se puede encontrar tanto en forma concentrada (carbón) o bien deseminada (kerógeno), dentro de las cuencas sedimentarias.

La definición del término según el Comité Internacional de Petrografía del Carbón (I.C.C.P., 1963) es:

"El carbón es una roca sedimentaria, combustible, formada a partir de fragmentos vegetales. Se encuentra en diferentes estados de conservación y ha alcanzado una transformación y enterramiento. Posteriormente ha sufrido cierto grado de compactación dentro de las cuencas sedimentarias asociadas a su origen."

De acuerdo con Alpern (1981), un carbón debe ser clasificado mediante tres parámetros:

## 1.- Rango.

Origen del término: es utilizado para designar el grado de evolución de los carbones.

Determinación del rango: el término rango señala el estado alcanzado por el carbón en el transcurso de la hullificación. Se mide por el índice de reflectancia de la vitrinita (R.V.). Mediante este parámetro al carbón se le asigna alguno de los tres estados siguientes:

Lignito: 0.2-0.6% R.V.

Bituminoso: 0.5-2% R.V.

Antracita: 2-8% R.V.

El R.V. de las muestras del afloramiento de Las Pilas (zanjas 1, 1A, 2B, 2C y 3) varía de 1.8 a 2.0%. Por lo tanto se ubica dentro del rango Bituminoso.

## 2.- Tipo.

Este parámetro es función de la naturaleza y proporción de los macerales. Así se puede clasificar al carbón como:

a) Húmico: constituido por materia orgánica vegetal lignocelulósica de origen continental ya sea vítrico (vitrinita mayor de 65%) o fúsico (vitrinita menor de 65%).

b) Sapropélico: constituido por materia orgánica de origen bentónico, fito o zooplantónica; líptico (vitrinita menor a 65%; exinita mayor proporción que inertinita).

El análisis petrográfico de las muestras estudiadas (afloramiento de Las Pilas), indica que están constituidas por restos de plantas superiores terrestres con gran cantidad de lignina y celulosa, así como un porcentaje de vitrinita de aproximadamente 50%.

Por tanto las muestras pertenecen al tipo húmico-fásico.

### 3.- Facies.

Este parámetro involucra la relación materia vegetal/ materia mineral y da la pauta para la utilización industrial del carbón. Con base en el contenido de ceniza se tiene la siguiente clasificación:

Carbón:                    menos del 30% de ceniza.

Mixtos:                    menos del 80% de ceniza.

Lutita carbonosa:        más del 80% de ceniza.

En las muestras analizadas (afloramiento de Las Pilas), se obtuvieron cantidades de ceniza menores al 30%; por tanto pertenecen a la facies de carbón.

Otros parámetros de gran importancia en la clasificación del carbón y para los cuales se determinó su valor en los análisis efectuados en dichas muestras son:

Materia Volátil (M.V.):

Representa la fracción ligera del carbón, es decir los productos ligeros que se desprenden durante la carbonización.

En las muestras analizadas se obtuvieron valores entre 52.30% y 59.82% de M.V. (Tabla 9). Esto indica que el yacimiento se formó durante la etapa de catagénesis, en la cual el depósito

progresivo de sedimentos provoca que comiencen a ser sepultados en cuencas subsidentes a varios km de profundidad, lo que produce un aumento gradual de presión y temperatura que a su vez pueden ser incrementados por fenómenos tectónicos. La temperatura puede variar de 100oC a 200oC y la presión de 800 kgf/cm<sup>2</sup> a 900 kgf/cm<sup>2</sup>. Las bacterias contenidas por la materia orgánica representan un papel fundamental ya que su descomposición toma parte en la transformación de sulfatos en sulfuros; aparece la pirita que se presenta en forma de pequeñas concentraciones en algunas porciones de los núcleos de barrenación, dentro de la Formación Chicontepec Inferior.

#### Poder Calorífico ( P.C. ):

Es la cantidad de calor que proporciona el carbón durante el proceso de combustión. Indica también su calidad.

En las muestras analizadas se obtuvieron valores de 14080 BTU/lb (7860 Cal/gr) (Tablas 9 y 10). Por tanto según la Clasificación de la Sociedad Americana de Resistencia de Materiales (A.S.T.M., 1980) se ubican dentro de la clase "bituminoso", en el grupo "alto volátil bituminoso A". Estos valores indican que se trata de un excelente combustible.

#### Carbón Fijo:

Es el residuo sólido diferente a la ceniza, obtenido por destilación destructiva de la roca. Se compone principalmente de materia orgánica, pero puede contener pequeñas cantidades de azufre, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Su porcentaje es muy aproximado a la cantidad de materia que se transforma en energía, por lo que es de gran importancia.



En las muestras analizadas se obtuvieron valores que varían de 29.94% hasta 64.8% de carbón fijo (Tabla 6); estos valores indican una importante cantidad de mineral que se puede utilizar en la generación de energía eléctrica.

#### Índice de Expansión Libre (F.S.I.):

Es un indicador rápido del poder de coquización del carbón. El coque es una forma de carbón de gran importancia industrial que se obtiene al calentar carbón y eliminar sus componentes volátiles. Este proceso es la destilación destructiva y el residuo del carbón es el coque. Mediante un análisis al microscopio se puede determinar si un carbón es coquizable en función de la reflectancia de la vitrinita. En el proceso de coquización se coloca el material dentro de una atmósfera inerte de 400°C y se cambia a 1400°C; el carbón se funde, se hace plástico y se solidifica.

Para el caso de un carbón no coquizable se puede utilizar en la generación de energía eléctrica. En este proceso la capacidad del material de generar calor, es el factor esencial para su utilización comercial. Este a su vez, depende directamente de las proporciones macerales, el contenido de ceniza y el rango del carbón.

La vitrinita y la exinita son los macerales que se consideran con capacidad calorífica y en general a mayor rango de la vitrinita este parámetro se incrementa para alcanzar un máximo alrededor del 2% R.V. (reflectancia de la vitrinita), en el nivel bituminoso y después aumenta hasta 8% en los niveles antracíticos).

En las muestras analizadas se obtuvieron valores del F.S.I. entre 0 y 8.5% (Tabla No.6), que los sitúan como de gran importancia en la industria que requiere de este tipo de carbones. Por otra parte la presencia de la vitrinita en estas muestras indica gran importancia en relación con la capacidad calorífica de los carbones.

#### Ceniza:

Es la cantidad de materia incombustible o no reaccionante en la muestra de carbón y que por tanto no proporciona energía al proceso de combustión; es directamente proporcional al contenido de materia orgánica de la muestra. Al aumentar el contenido de ceniza disminuye el poder calorífico del carbón.

En las muestras analizadas por SIDERMEX se obtuvieron valores bajos de 1.10% y 2.84% (Tabla No.6). En los análisis efectuados por MICARE se obtuvieron valores de 4.74% y 4.72% (Tabla No.7).

Estos valores bajos en el contenido de ceniza reflejan un elevado poder calorífico, así como un alto contenido de materia inorgánica, por lo que estas muestras tienen gran importancia económica.

Finalmente es importante mencionar que la clasificación de Alpern (1981) no ha sido aprobada aún por el I.C.C.P.; sin embargo el hecho de incluir los tres parámetros esenciales (rango, tipo y facies) para caracterizar un carbón, le otorgan cierta ventaja sobre otras clasificaciones como la de A.S.T.M., Internacional, etc., que en ocasiones proporcionan resultados ambiguos.

## 6.- INTERPRETACION DE BARRENOS.

Con la finalidad de comprobar a profundidad la existencia del bitumen carbonoso, se realizó un programa de barrenación dentro de una zona de 20 has., en dirección sur del mayor afloramiento (Las Pilas).

Con base en las guías litológicas y estratigráficas que se siguieron, se adoptó la hipótesis inicial de que los cuerpos de bitumen carbonoso se encontraban dispuestos en forma de mantos concordantes a la estratificación, los cuales se extendían debajo de la cubierta basáltica y continuaban por varias centenas de metros. Sin embargo, al alcanzar los 86.0 m de profundidad para el primer barreno no se logró cortar ninguna manifestación del bitumen carbonoso, con lo cual se comprobó que este no ocurre en forma de mantos de gran extensión, sino que se presenta en forma tabular de lentes regulares y de cuerpos irregulares con espesores muy pequeños e intercalados con la secuencia sedimentaria. (Fig. 9 y 10).

La ubicación de este barreno, efectuado con máquina JKS 300, tiene por coordenadas: N 2 323 722. E 573 265, elevación del brocal: 445 m.s.n.m. y vertical ( 90° ). ( Plano 2 ).

Su descripción litológica es la siguiente:

De 0 m a 19.80 m cortó el relleno correspondiente a los depósitos de talud. La composición de estas rocas es basáltica y su textura presenta pequeñas cavidades rellenas por cristales de cuarzo de origen secundario.

De 19.80 m a 86.0 m se cortó la Formación Chicontepec Inferior que consiste en una secuencia alternada de calcarenitas, lutitas

y limolitas con intercalaciones de arenisca. Del bitumen carbonoso sólo aparecieron algunos hilillos muy dispersos sin ninguna importancia. De este barreno se obtuvieron 8 muestras para análisis petrográficos. (Ver en anexos descripciones petrográficas M.P. 2,4,5,6,7,8,9,10).

Se programó entonces la ejecución de barrenos con menor profundidad e inclinación con el objeto de definir la forma, modo de emplazamiento, características estructurales y dimensiones del cuerpo de bitumen carbonoso, para realizar una estimación de su potencial minero.

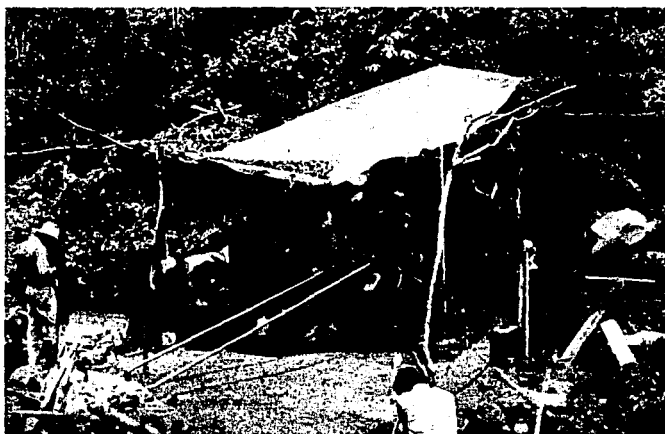
Para estos barrenos se utilizó la máquina JKS-Winkie.

Barreno BW-3.

Se localiza en el punto de coordenadas: N 2 323 664 y E 573 313. Se ubica a 10 m en línea recta al sur de la entrada al socavón. Tiene rumbo de NW35°SE, e inclinación de -40°. La elevación del brocal es de 407 m.s.n.m. y alcanzó una profundidad de 46.0 m. (Fotografía 32 ).

Su descripción litológica es:

De 0 m a 8.0 m cortó el relleno formado por depósitos de talud. Como se mencionó este material consiste en fragmentos de roca basáltica con textura amigdaloidal, rellena por cuarzo. De 8.0 m a 28.8 m cortó la secuencia de rocas sedimentarias de la Formación Chicontepec Inferior (calcarenitas, lutitas y limolitas con intercalaciones de areniscas). Estas presentan estratificación con echado de 0o a 10o. Se observa pirita en forma diseminada.



Fotografía 32.- Barreno BW-3 en ejecución. Localidad: Las Pilas.

De 28.80 m a 33.70 m el barreno cortó un cuerpo de bitumen carbonoso en forma masiva. Se determinó en 3.5 m de espesor real del mismo.

De 33.70 m a 38.0 m cortó nuevamente la Formación Chicontepec Inferior.

De 38.8 m a 38.15 m aparece en el núcleo recuperado otro pequeño cuerpo de bitumen carbonoso, el cual se interrumpe de 38.15 m a 38.70 m por una intercalación de roca.

De 38.70 m a 38.93 m el bitumen carbonoso aparece nuevamente.

De 38.93 m a 46.0 m continúa la secuencia sedimentaria de la Formación Chicontepec Inferior.

De este barreno se enviaron 12 muestras para análisis petrográfico (anexos petrográficos M.P. 11 a M.P.22). Con la ejecución de este barreno se confirmó la hipótesis de que el mayor cuerpo de bitumen carbonoso (Las Pilas), ocurre en forma tanto tabular como irregular e intercalado con la estratificación; (sección D-D').

Con el objeto de determinar la extensión de este cuerpo se ejecutó el Barreno BW-4.

Barreno BW-4.

Tiene por coordenadas: N 2 323 652; E 573 300. Su rumbo es: NW45°SE, e inclinación de -35° y elevación del brocal de 406.0 m.s.n.m.

Tiene profundidad total de 56.20 m. (Plano 2).

La descripción litológica es:

De 0 m a 16.0 m cortó los gruesos depósitos de talud formados por rodados de roca volcánica de composición basáltica con relleno de cuarzo en cavidades.

De 16.0 m a 43.40 m cortó la secuencia sedimentaria representada por calcarenitas, lutitas y limolitas con intercalaciones de arenisca de la Formación Chicontepepec Inferior.

De 43.40 m a 46.40 m aparecieron en esta secuencia cuerpos de bitumen carbonoso de estructura masiva, intercalados con las rocas sedimentarias. (sección E-E').

De 46.40 m a 56.20 m continuó la secuencia calcáreo-arcillosa con intercalaciones de material arenoso de la Formación Chicontepepec Inferior que presenta textura y granulometría muy homogénea.

## 7.- METODO DE ESTUDIOS PALINOLOGICOS.

### 7.1 Utilidad del método.

Este método se basa en el análisis óptico de la muestra por medio de luz transmitida y luz fluorescente; con esto se pueden definir cualitativa y cuantitativamente cuatro tipos de materia orgánica: algácea, herbácea, lemosa y carbonosa.

La predominancia de la materia orgánica del tipo algáceo y/o herbáceo permite considerar a la roca como generadora de hidrocarburos líquidos, asimismo los tipos lenoso y carbonoso dan lugar a hidrocarburos gaseosos. Si el resultado palinológico contiene materia orgánica mixta, entonces se puede considerar a la roca como generadora de petróleo y gas.

Este método permite conocer también el potencial generador de hidrocarburos de las rocas y sedimentos con base en las condiciones térmicas del subsuelo.

### 7.2 Resultados obtenidos.

Estudio con luz transmitida:

Las muestras analizadas pertenecen al afloramiento de Las Pilas (zanjas 1, 1A, 2B, 2C y 3). Estas presentan materia orgánica de tipo carbonoso con una proporción del 90%, por lo que es casi imposible observar las estructuras originales, debido al estado que guarda dicha materia (carbonoso); al parecer fué originada a partir de materia orgánica lemosa, la cual se presenta con una proporción de 10%.



El índice de Alteración Térmica (I.A.T.) indica el grado de madurez de la materia orgánica (M.O.) y se obtiene con base en el color que ésta presenta. La M.O. observada en las muestras analizadas presenta un color que varía de pardo oscuro a negro; esto indica que el I.A.T. tiene rango de 3.3 a 4.0 y por tanto la materia orgánica se encuentra de moderadamente madura a severamente madura. Según la carta de rangos de maduración de Demaison, 1980, el yacimiento de la localidad de Las Pilas se originó dentro de la etapa catagénica a una temperatura entre 160°C y 200°C.

#### Estudio con luz fluorescente:

Las muestras analizadas presentan fluorescencia, lo cual indica la presencia de componentes hidrogenizados, que caracterizan a los hidrocarburos sólidos definidos como bitúmenes.

## 8.- INTEGRACION DE INFORMACION Y DEFINICION DE UN MODELO GEOLOGICO.

Como se ha establecido, la Cuenca de Chicontepec constituyó un área de gran subsidencia dentro de la cual se acumularon y preservaron potentes espesores de sedimentos sobre los que se depositaron grandes cantidades de materia orgánica principalmente de origen continental, conocida como húmica. Esta materia orgánica se derivó de restos de plantas superiores terrestres, que contienen gran cantidad de lignina, compuesto orgánico formado por azúcares con poca cantidad de hidrógeno, alta cantidad de oxígeno y fuerte resistencia a la destrucción.

La materia orgánica sepultada mediante procesos diagenéticos dió origen al kerógeno, constituyente orgánico de las rocas sedimentarias; esta es la forma más abundante de materia orgánica fósil en forma diseminada y que ha sido originada bajo condiciones moderadas de presión y temperatura. Dicho kerógeno se infiltró por las zonas de mayor debilidad y menor compactación de la roca como fallas, fracturas y planos de estratificación.

Al aumentar la acumulación de materia orgánica y de sedimentos, se produce un incremento de presión y temperatura. Este proceso recibe el nombre de carbonificación, el cual permite al kerógeno expulsar la mayor parte de su humedad en forma de agua; esto se logra ya sea por hundimiento o por compactación, con lo que pierde además oxígeno e hidrógeno y se enriquece en carbono.

En la evolución de kerógeno comúnmente existe material residual, el cual si es soluble en solventes orgánicos, recibe el nombre de bitumen.

De acuerdo a lo anterior los bitúmenes son compuestos de hidrocarburos en estado sólido que pueden formarse in-situ y no presentar ningún desplazamiento, o bien sufrir, posteriormente una migración, desde unos cuantos cm hasta varios km.

El origen que se les ha atribuido a los bitúmenes del tipo semejante a los del área de estudio es que constituyen residuos sólidos formados a partir de hidrocarburos o de bitúmenes líquidos por endurecimiento in-situ. (Teichmuller, 1974).

Con base en los análisis realizados en las muestras obtenidas de algunos afloramientos (I.M.P., Micare, 1989), se determinó un alto contenido de productos pesados (98% para el de Las Pilas); por esto se establece que dichos hidrocarburos fueron formados in-situ y se derivaron a partir de acumulaciones de materia orgánica de origen continental, depositada en un ambiente reductor, como lo indica la presencia de pirita.

Por la relación que guardan los bitúmenes del área con respecto a la roca que los aloja, son postdiagenéticos, es decir se originaron a partir de un fenómeno térmico representado por un aumento de temperatura. (Obregón A., L., Ariceaga M., C., 1987). Estos cuerpos se derivaron del kerógeno presente en las rocas generadoras de hidrocarburos que conforman la secuencia sedimentaria representada por las Formaciones Chicontepec Inferior y Medio. Prácticamente no han sufrido ningún desplazamiento por lo que pueden considerarse como verdaderamente autóctonos.

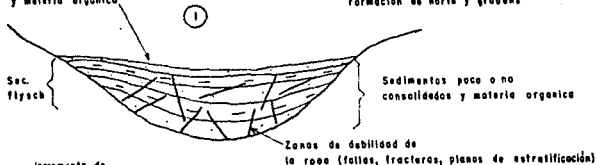
El alto contenido de productos pesados que presentan dichos hidrocarburos indica también que durante su origen se produjo

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

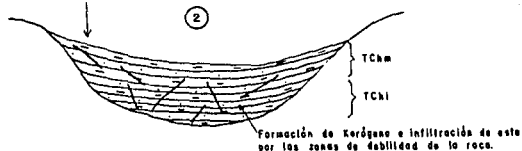
cierta migración y pérdida de aceite, así como manifestaciones de gas a alta presión, gran parte del cual escapó, con lo que finalmente quedaron residuos de hidrocarburos sólidos en su mayor parte y que se presentan tanto en forma tabular como de cuerpos irregulares, asociados a zonas de mayor debilidad y menor compactación de la roca, tales como fallas, fracturas y planos de estratificación. ( Fig. 11 ).

Continente aporte de sedimentos y materia orgánica

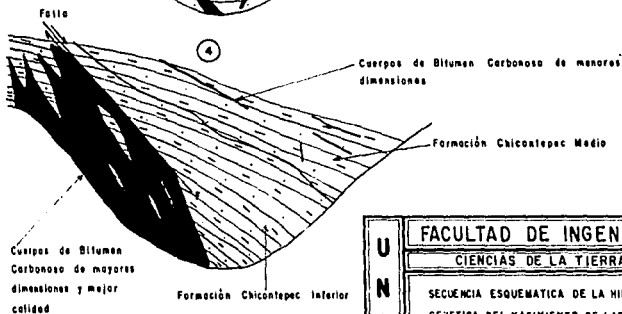
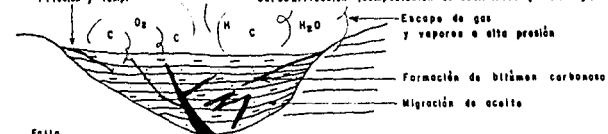
PALEOCENO (período de inestabilidad tectónica)  
Formación de horts y grabens



Incremento de + Presión



Incremento de + Presión y Temp.



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	SECUENCIA ESQUEMATICA DE LA HIPOTESIS GENETICA DEL YACIMIENTO DE LAS PILAS.	
	TESIS PROFESIONAL	FIG. II
	JOSE L. GARCIA PADILLA	1991

## 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 9.1 CONCLUSIONES:

- El único afloramiento de relativo interés económico se ubica en la localidad de Las Pilas y presenta un espesor de 6.70 m determinado con obra minera; una extensión mínima de 200 m, medida con trabajos de zanjeo y pozos y una profundidad mínima de 50.0 m obtenida mediante barrenación de diamante.
- Los afloramientos de bitumen carbonoso tienen espesores que varían desde 0.05 m hasta 6.70 m.
- Con base en la interpretación de los datos estructurales obtenidos en campo, se determinó que dicho patrón se presenta en los afloramientos con orientaciones preferenciales NW-SE.
- Por las observaciones de campo se determinó que los bitúmenes carbonosos del área ocurren asociados a zonas de debilidad y poca compactación de la roca, representadas por fallas, fracturas y planos de estratificación.
- Los afloramientos de bitumen carbonoso descubiertos en la Formación Chicontepec Inferior son los de mayor tamaño y al igual que los de la Chicontepec Medio, al originarse, se asociaron a dichas zonas de debilidad.
- Lo anterior probablemente se deba a que a mayor profundidad la presión y la temperatura se incrementan, con lo cual se crean condiciones más propicias para la formación de cuerpos de hidrocarburos sólidos de mayores dimensiones.

- Así mismo la menor compactación en la litología de la Formación Chicontepec Inferior puede haber originado mayores zonas de debilidad, a las cuales se asociaron los cuerpos de hidrocarburos sólidos.
- Los análisis de caracterización geoquímica de algunas muestras del área determinaron que los cuerpos de carbón corresponden al rango bituminoso.
- El porcentaje elevado de los hidrocarburos aromáticos indica la presencia de un bitumen generado por materia orgánica de origen continental, depositada bajo un ambiente reductor.
- Con base en los estudios geoquímicos efectuados, se considera que estos bitúmenes carbonosos se derivan de plantas superiores terrestres ricas en lignina, sustancia orgánica que favorece la generación de hidrocarburos.
- Por el elevado poder energético que presentan estos bitúmenes carbonosos se puede considerar como una fuente alterna de energía.
- La escasez de afloramientos con dimensiones mayores y la falta de estudios por métodos indirectos para complementar la exploración geológica del área, hacen que en la actualidad el yacimiento no sea económicamente explotable.

## 9.2 RECOMENDACIONES:

- Con base en la información geológico-minera obtenida, seleccionar nuevas áreas de interés y utilizar para ello las guías estructurales, litológicas y estratigráficas que se han definido.
- Continuar con el programa de barrenación con el objeto de determinar la extensión y profundidad total del mayor cuerpo de bitumen carbonoso, (localidad de Las Pilas). De preferencia ubicar los barrenos aproximadamente sobre la misma cota que los anteriores y con una inclinación semejante (de  $-35^{\circ}$  a  $-50^{\circ}$ ) y separados entre 20 m y 30 m uno del otro. Lo anterior fundamentado en la forma aproximadamente regular de dicho afloramiento.
- Complementar la exploración geológico-minera con métodos indirectos de geofísica, como es la gravimetría, la cual es de gran utilidad en la prospección de este tipo de yacimientos.
- Realizar estudios de factibilidad económica de los yacimientos.



## BIBLIOGRAFIA.

- Aguilera, H.E.  
Ambiente de depósito de las Formaciones del Jurásico Superior en la Región Tampico-Tuxpan.  
II Simposio sobre la Estratigrafía y Nomenclatura del Jurásico Superior en la Cuenca de Tampico-Tuxpan.  
Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. Vol. XXIV Núms. 1-3 P R Q-163 4 Figs. 5 Tablas. 1972.
- Benavides, G.L.  
Notas sobre la Geología Petrolera de México.  
Simposio sobre yacimientos de petróleo y gas. Tomo III. América del Norte.  
XX Congreso Geológico Internacional, 1969.
- Betancourt Z., Carlos A.; Beutelespacher S., Roberto; Islas López Jaime; Briones y García, Alejandro; García Luna, Luz Ma.; Martínez Flotte, Luis M.; Mendiola Roy, César; Morales López, Armando; Verdugo Díaz, Francisco. III Reunión Nacional de Geotecnia y Geotérmica. Memoria. Tomo I. C.F.E. México, 1980.
- Carrillo, B.J.  
Simposio sobre Nomenclatura del Jurásico Superior de la Cuenca de Tampico-Misantla.  
Bol. Asoc. Mex. Geól. Petr. Vol. XXIV No. 1-3, 1972.
- Castaneda P., Miguel.  
Resena sobre la evolución histórica de las reservas de carbón en México.  
División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M.  
México, 1987.
- Echánove, E.O.  
Geología de Paleoceno-Eoceno, Cuenca de Burgos.  
III Simposio de Geología del Subsuelo. PEMEX. 1956.
- Flores, Roberto; González H., Ma.Gpe.; Miranda P., L. Rosendo.  
Carta de Terrenos y Conjuntos Estratotectónicos de la República Mexicana.  
I.M.P.I.N.E.G.I. México, 1976.

- Frias G.; Miguel A.  
Informe Geológico Regional del Proyecto Carbón Huastecas.  
Consejo de Recursos Minerales. 1988.
  
- Galicia Fernández, Jorge; Ojeda, Jesús.  
Geología y exploración de afloramientos de carbón en  
Tamazunchale, S.L.P. Y San Felipe Orizatlán, Hgo.  
Consejo de Recursos Minerales. 1973.
  
- García R., A. Enrique.  
Informes Mensuales de actividades del Proyecto Carbón La  
Esperanza.  
Enero-Julio 1989.  
Consejo de Recursos Minerales.
  
- Garza, G.R.  
Consideraciones Paleogeográficas y posibilidades petrolíferas  
del Jurásico Superior en el NE de México.  
PEMEX, 1971.
  
- González, G.R.  
Bosquejo Geológico de la Zona NE. III Simposio de Geología del  
Subsuelo. PEMEX, 1976.
  
- Hernández, M.E. ; Barbosa, L.D.  
Estudio Geológico-minero por carbón en el área Villa Hidalgo,  
Coah. y Colombia, N.L. Tesis Profesional. I.P.N.  
México, 1985.
  
- López Ramos, Erenesto.  
Geología de México.  
México, 1985.
  
- Obregón Andría, Luis.  
Nuevo Método para determinar el rango del Carbón, comparando  
con el poder reflector de la vitrinita.  
GEOMIMET No. 120. 1980.
  
- Obregón Andría, Luis.  
Causas de la diferencia de calidad y evolución de los carbones  
en Coahuila.  
C.F.E. Memoria XVI. Convención Nacional A.L.G.M.M.G.M.  
Mazatlán, 1985.

- Obregón Andría, Luis; Ariceaga Martínez, Carlos.  
Caracterización Geoquímica-petrográfica de bitúmenes en las localidades Ejido La Esperanza, Axtla, Xilitla, Tanleab, S.L.P. y Las Pilas, Hgo.  
C.F.E. Piedras Negras, Coah. 1987.
- Obregón Andría, Luis; Ariceaga Martínez, Carlos.  
Yacimientos de bitúmenes en el Centro de México.  
Revista CONACYT. Vol. XV Núm. 85 Marzo-Abril 1989.
- Rendón C., Federico.  
Notas de campo correspondientes a la hoja Chicontepec.  
Informe inédito. Archivo C.R.M. México, 1954.
- Pedrazzini N., Carmen; Basáñez L., Miguel A.  
Sedimentación del Jurásico Medio-Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla-Cuenca de Chicontepec, edos. de Hidalgo y Veracruz.  
Revista del I.M.P. Vol. X, No. 3, pag.6. Julio, 1978.
- Rodríguez-Santana, Eduardo.  
Apuntes de geología del Petróleo.  
Facultad de Ingeniería. U.N.A.M.
- Rueda Gaxiola, Jaime.  
El estudio del carbón como base de nuevas técnicas en la Exploración Petrolera.  
Simposio Latinoamericano del Carbón. Piedras Negras, Coah. 1984.
- Schlumberger.  
Evaluación de Formaciones en México.  
Septiembre, 1984.
- Suter, Max.  
Geología de la hoja Tamazunchale, estados de Hidalgo, Querétaro y S.L.P.  
Instituto de Geología. UNAM. 1990.
- Tissot, B.C.; Welto, D.H.  
El petróleo, su formación y localización.  
Cap. VII. Carbón y su relación con el aceite y gas. CONACYT. México. 1978.

- Torres Durán, Valente.  
Informe Geológico preliminar de los estudios efectuados en la Cuenca carbonífera de San Felipe Cihualtepec, Oax.  
C.R.M. Gcia. de Evaluación y Contratos. México, 1982.
  
- Torres Durán, Valente.  
Estudio Geológico preliminar en los diversos prospectos carboníferos en los Estados de Puebla, Tlaxcala, Michoacán e Hidalgo.
  
- Velázquez, C.E.  
Estudio estratigráfico de detalle del Proyecto Chicontepec.  
Informe geológico No. 589. Superintendencia General de Distritos de Exploración. PEMEX, 1979.
  
- Vera Ocampo, Miguel.  
Apuntes de la asignatura Petrología Sedimentaria.  
Facultad de Ingeniería. UNAM.

## **A N E X O S**

## RESULTADOS DE ESTUDIOS PETROGRAFICOS.

Notas de campo.

Muestra marcada: M.P.1

Procedencia: Las Pilas Huautla, Hgo.

Estudio requerido: Petrográfico.

Descripción del afloramiento: meseta de basalto.

Aspecto megascópico.

Color: negro.

Estructura: compacta.

Minerales observables: cuarzo en relleno de cavidades.

Estudio microscópico.

Textura: alotriomórfica o aplítica.

Minerología:

Esenciales: plagioclasas intermedias (labradorita-andesina).

Accesorios: augita, olivino, feldespatos potásicos, apatito, zircón, magnetita.

Secundarios (de alteración): hematita, sericita, limonita.

Clasificación: Diabasa (dolerita).

Origen:

Las rocas pertenecientes a la serie alcalina continental se asocian a un ambiente geológico materializado por rifts continentales o valles tectónicos que muchas veces están relacionados con fallas transcurrentes. En general el magnetismo presente en estas zonas se asocia a un fracturamiento de la corteza terrestre. En la actualidad se admite que la serie

alcalina se forma de un fenómeno de fusión parcial de menor grado o bien por la cristalización fraccionada de magma.

Es decir se trata de una roca de origen hipabisal. (Silva Mora, op.cit.).

#### NOTAS DE CAMPO.

Muestra marcada: M.P.2

Procedencia: Las Pilas Huautla, Hgo.

Estudio requerido: Petrográfico.

Descripción del afloramiento: Muestras de núcleo de 8.7 a 8.8

Barreno No. BCH/2

Aspecto megascópico

Color: negro.

Estructura: compacta.

Minerales observables: cuarzo en relleno de cavidades.

Estudio microscópico:

Textura: alotriomórfica o aplítica. (ofítica).

Mineralogía:

Escenciales: Plagioclasa cálcica (labradorita).

Accesorios: augita, cuarzo, magnetita, ferromagnesianos alterados.

Secundarios (de alteración): clorita, sericita, hematita, limonita, zeolitas, minerales, arcillosos. (illita y caolinita).

Clasificación: Diabasa (dolerita).

Origen:

Semejante al de la muestra M.P.1

Notas de campo:

Muestra marcada: M.P.3

Procedencia: Las Pilas Huautla, Hgo.

Estudio requerido: petrográfico.

Descripción del afloramiento: Calcarenita (Formación Chicontepec Inferior).

Aspecto megascópico:

Color: gris claro.

Estructura: compacta, masiva.

Mienrales observables: calcita, cuarzo.

Estudio microscópico:

Textura: microcristalina. Grainstone (Dunham, 1962).

Minerología:

Escenciales: calcita.

Accesorios: cuarzo.

Secundarios: hematita, limonita, minerales arcillosos (illita y caolinita).

Clasificación: caliza arenácea (Pettijohn, 1975).

Origen:

Los sedimentos carbonatados modernos que constituyen a este tipo de rocas pertenecen al Grupo de depósitos marinos profundos, los cuales son los más abundantes en el mundo actual, aunque en parte pueden estar formados por depósitos marinos someros que escapan de la plataforma y son depositados en cuencas de aguas profundas asociadas a las plataformas.



Los carbonatos marinos profundos que formaron estas rocas pertenecen a depósitos de cuenca o turbiditas, formados a miles de metros de profundidad e introducidos como estratos y lentes gradados de material arcilloso alternando con carbonatos pelágicos o sedimentos terrígenos finos (arcillosos), que están asociados y son derivados de arrecifes y bancos calcáreos y que son transferidos a ambientes profundos por corrientes de turbidez.

Las cuencas de aguas profundas (antefosas) son los lugares de depósito de las calizas arenáceas, derivadas en parte de sedimentos provenientes de las pendientes y plataformas adyacentes.

El transporte cuesta abajo se efectúa por deslizamientos y flujos de sedimentos gravitacionales, principalmente corrientes de turbidez de gran densidad debida a la alta concentración de partículas en suspensión. El fluido se desliza por una pendiente de aguas estancadas. Estas corrientes se pueden originar por la entrada de un flujo inicialmente denso o por fluidización de materiales depositados sobre una pendiente. El transporte también se puede efectuar en algunos casos mediante flujos de detritos y los menos comunes, flujos de granos y de sedimentos.

Los fósiles y restos de plantas de aguas someras se pueden transportar a aguas profundas. (Vera, M, op.cit.).

## ANALISIS DE CARACTERIZACION GEOQUIMICA.

En el Instituto Mexicano del Petróleo se efectuaron estudios de Caracterización Geoquímica de dos muestras de bitumen carbonoso procedente de la localidad de Las Pilas, Hgo. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- \* Se trata de una muestra de bitumen fuertemente degradado tanto por procesos de intemperismo como por la acción de organismos microscópicos (bacterias).
- \* El porcentaje elevado de hidrocarburos aromáticos indica que estos fueron generados por materia orgánica de origen continental rica en lignina, la cual da compuestos aromáticos policíclicos y heterocíclicos, ricos en oxígeno.
- \* Se considera que los hidrocarburos fueron generados in-situ, debido al alto porcentaje de productos pesados.

Su composición es:

	p.p.m.	%
Carbón orgánico total	1,000,000	100
Hidrocarburos generados	980,000	98
Materia orgánica carbonosa	20,000	2

Poder Calorífico = 14080 BTU/lb = 7822 kCal/kg

La muestra se clasifica como un bitumen.

**Utilidad:** es un excelente combustible por su elevado Poder Calorífico, así como por su bajo porcentaje de ceniza.

Puede ser utilizado en la industria metalúrgica como fuente energética para el funcionamiento de las calderas. También como asfalto, una vez que se hallan desprendido sus componentes volátiles.

Por calentamiento puede ser utilizado para la producción de hidrocarburos de alto peso molecular en la industria petroquímica. Se utiliza también en los procesos de producción de energía eléctrica.

## CONCLUSIONES.

- 1.- El material orgánico objeto de esta tesis es un bitumen fuertemente degradado por la acción de bacterias y procesos de intemperismo.
- 2.- El porcentaje elevado de los hidrocarburos aromáticos indica la presencia de un bitumen generado por materia orgánica de origen continental de tipo herbáceo, depositada en un ambiente de tipo reductor.
- 3.- Se considera que este bitumen se deriva de plantas superiores terrestres ricas en lignina, que forman compuestos aromáticos policíclicos y heterocíclicos ricos en oxígeno.
- 4.- Resultados obtenidos.

Se colectaron dos muestras para caracterización geoquímica en el afloramiento de Las Pilas. Estas fueron enviadas a los laboratorios de SIDERMEX y MICARE; se obtuvieron buenos resultados, principalmente por el bajo porcentaje de ceniza y el alto poder calorífico que los hace competitivos con otros carbones que existen en México.

**TABLA No. 5**

**Resultados de los análisis efectuados por SIDERMEX.**

Determinación	Muestras del Afloramiento Las Pilas	
	M.C.G.1	M.C.G.2
Base Seca (%)		
Poder Calorífico (BTU/lb)	14 226	14 226
Carbón Fijo	39.92	39.05
Materia Volátil	56.39	57.52
Índice de expansión libre	1.0	1.5
Ceniza	3.69	3.43
Humedad	0.8	9.9

\* M.C.G.= muestra caracterización geoquímica

TABLA 6

LOCALIDAD DE LA MUESTRA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	% DE CENIZA	% DE CARBON FIJO	% MATERIA VOLATIL	% AZUFRE	F.S.I.
ZANJA 1 ( LAS PILAS )	QH-Z1-1	1.10	42.28	56.62	6.652	2.0
MESA TLAPA	QH-15	15.23	37.01	47.76	6.441	1.0
LAS PILAS II	QH-P-50	35.92	24.94	39.14	4.540	0
LA CURVA	QH-A	46.04	15.61	38.35	4.012	1.5
COATZONCO	QH-18	43.87	14.68	41.45	3.864	1.0
LA VIRGEN	QH-B	19.82	14.72	65.46	3.611	0
ZANJA 3 ( LAS PILAS )	QH-23-6A	2.84	37.34	59.82	7.201	8.5
ZANJA 1 ( LAS PILAS )	QH-21-2	12.00	64.81	23.19	7.666	7.0
CHIATITLA Y TOHUACO	QH-9	26.74	7.74	65.52	3.463	1.0
CHIATITLA Y TOHUACO	QH-10	39.76	13.95	46.29	2.618	1.0

TABLA No.7

Resultados de laboratorio. (MICARE).

Análisis Primario

Determinación	Muestra del afloramiento de Las Pilas	
	M.C.G.1	M.C.G.2
Base seca		
Poder Calorífico (BTU/lb)	14 226	14 226
Carbón fijo (%)	37.43	40.51
Materia volátil (%)	57.83	54.77
Índice de expansión libre (F.S.I.)	1.50	4.0
Ceniza (%)	4.74	4.72
Humedad total (%)	14.35	10.98
Azufre total (%)	5.18	5.40

**TABLA No.8****Análisis químico de la ceniza.****Determinación (%) Muestra del afloramiento de Las Pilas**

<b>Compuesto</b>	<b>M.C.G.1</b>	<b>M.C.G.2</b>
Si O <sub>2</sub>	53.43	53.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.59	13.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.62	3.58
Mg o	1.50	1.62
Ca O	21.07	20.50
Ti O <sub>2</sub>	0.55	0.55
Na <sub>2</sub> O	4.60	4.77
K <sub>2</sub> O	1.64	1.68

\* M.C.G.= muestra caracterización geoquímica



APENDICE DE CLASIFICACION QUIMICA DEL CARBON. ( TABLA 9 ).

La clasificación química del carbón con base en la Asociación Americana para el Muestreo de Materiales ( A.S.T.M., 1972 ) comprende cuatro grupos que son: carbón antracítico, carbón bituminoso, carbón sub-bituminoso y carbón lignítico, y se desglosa como sigue:

C L A S E	G R U P O
<hr/>	
1.- ANTRACITICO	
	1.- Meta - antracita.
	2.- Antracita.
	3.- Semi - antracita.
Poder Calorífico ( BTU/lb )	Materia Volátil ( % )
2.- BITUMINOSO	
14 000 o mayor	1.- Bajo volátil bituminoso 78-85
14 000 o mayor	2.- Medio volátil bituminoso 69-77
14 000 o mayor	3.- Alto volátil bituminoso A < 69
13 000 a 13 999	4.- Alto volátil bituminoso B < 69
11 000 a 12 999	5.- Alto volátil bituminoso C < 69
3.- SUB-BITUMINOSO	
11 000 a 12 999	1.- Sub-bituminoso A
9 500 a 10 999	2.- Sub-bituminoso B
8 300 a 9 499	3.- Sub-bituminoso C
4.- LIGNITICO	
	1.- Lignito A
	2.- Lignito B

TABLA DE EQUIVALENCIAS PARA LA DETERMINACION DEL PODER CALORIFICO  
DE UNA MUESTRA DE HIDROCARBURO SOLIDO

TABLA 10.

Unidades de energía.

1 ergio = es el trabajo realizado por una fuerza de una dina cuando su punto de aplicación se mueve através de una distancia de 1 cm en la dirección de la fuerza.

$$1 \text{ ergio} = 9.48 \times 10^{-11} \text{ BTU}$$

$$1 \text{ BTU} = 2.928 \times 10^{-4} \text{ Kilowatts/hr} = 1.0548 \times 10^{10} \text{ ergios}$$

BTU = unidades inglesas para Poder Calorífico

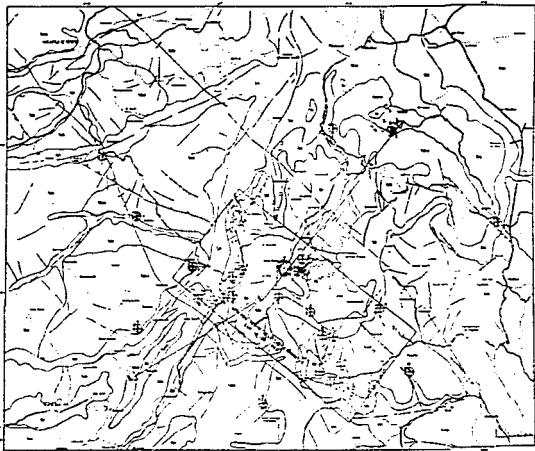
Caloría.

1 caloría = es la cantidad de calor que incrementará la temperatura de 1gr de agua en 1º Celsius, con el agua a 4º Celsius.

$$1 \text{ caloría} = 3.9685 \times 10^{-3} \text{ BTU} = 4.186 \times 10^7 \text{ ergios}$$

Unidad de poder. (energía por unidad de tiempo).

$$1 \text{ watt} = 3.4129 \text{ BTU/hr}$$



CORTE ESTERMINADO LONGITUDINAL A 4 DE PASOS DE 50' HASTA EL 100  
CORTE ESTERMINADO LONGITUDINAL A 4 DE PASOS DE 50' HASTA EL 100



#### EXPLICACION

[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]

[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]

[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]

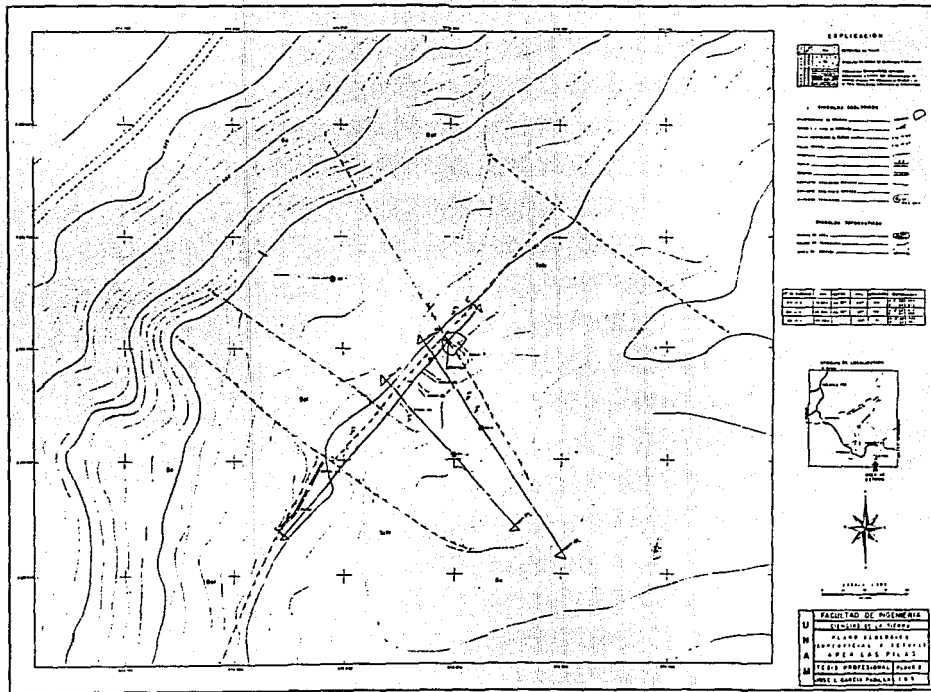
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]

[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]



[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]
[Symbol]	[Text]

**U** **SECRETARIA DE INTERIORES**  
**N** **COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS**  
**A** **COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS**  
**M** **COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS**



**EXPLICACION**

1	Carretera Nacional
2	Carretera Provincial
3	Carretera Municipal
4	Carretera de Vecindades
5	Carretera de Cascajo
6	Carretera de Cascajo
7	Carretera de Cascajo
8	Carretera de Cascajo
9	Carretera de Cascajo
10	Carretera de Cascajo

**Simbolos de Infraestructura**

1	Estacion de Ferrocarril
2	Estacion de Ferrocarril
3	Estacion de Ferrocarril
4	Estacion de Ferrocarril
5	Estacion de Ferrocarril
6	Estacion de Ferrocarril
7	Estacion de Ferrocarril
8	Estacion de Ferrocarril
9	Estacion de Ferrocarril
10	Estacion de Ferrocarril

**Simbolos de Infraestructura**

1	Estacion de Ferrocarril
2	Estacion de Ferrocarril
3	Estacion de Ferrocarril
4	Estacion de Ferrocarril
5	Estacion de Ferrocarril
6	Estacion de Ferrocarril
7	Estacion de Ferrocarril
8	Estacion de Ferrocarril
9	Estacion de Ferrocarril
10	Estacion de Ferrocarril

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Plano de Situacion**



ESCALA 1:50,000

U	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
N	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN FISICA Y QUIMICA
A	LABORATORIO DE FISICA EXPERIMENTAL
M	LABORATORIO DE FISICA EXPERIMENTAL
	DR. L. GONZALEZ PARRON

CORTE ESTRUCTURAL TRANSVERSAL A-A' DE BUNDO DE ST' DE VIEUDO AL SW



EXPLICACION

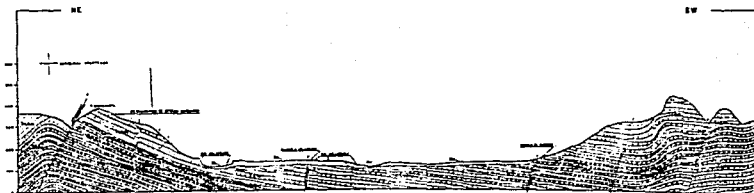


- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

ESCALA: 1:50000

FACULTAD DE INGENIERIA	
U	UNIVERSIDAD NACIONAL
N	ESCUELA NACIONAL DE INGENIERIA
A	AREA DE INGENIERIA CIVIL
M	MATERIA: MECANICA DE SUELOS

«CORTE ESQUEMATICO TRANSVERSAL B-B' DE RUMBO NE 33° SW VIERDO AL NW



EXPLICACION

	Contorno topografico
	Limite litologico
	Falla
	Dobla
	Columna estratigrafica
	Unidad litologica
	Tipos de rocas
	Caracteres estructurales
	Escala grafica

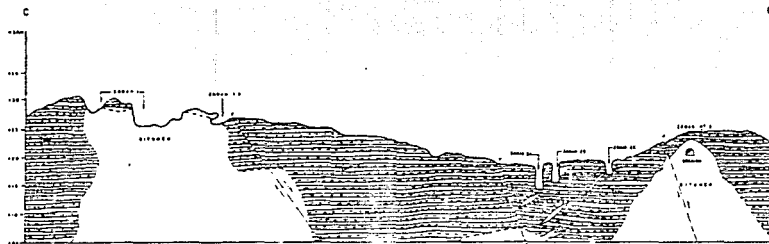
OTROS DATOS

	Unidad litologica
	Tipos de rocas
	Caracteres estructurales
	Escala grafica

ESCALA GRAFICA 1:200

U	UNIVERSIDAD DE MECHEMIA
M	CENTRO DE INVESTIGACIONES
A	CORTE ESTRUCTURAL DE
M	ESTRATIGRAFIA
	1988

SECCION LONGITUDINAL C-C' RUMBO N 42° E VIENDO AL NW



EXPLICACION

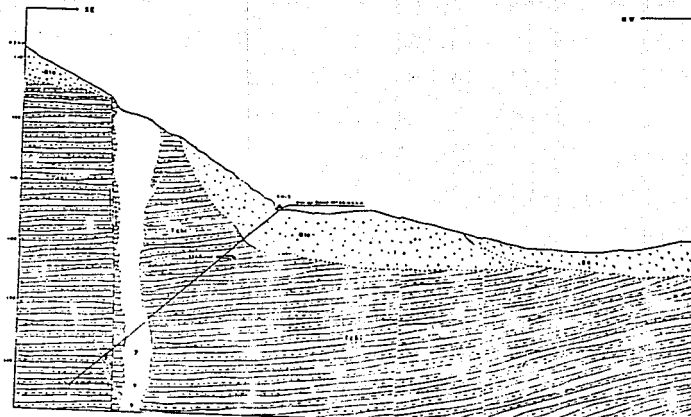
Materiales de aluvion laminados
   
 Limonite laminada de aluvion laminado
   
 Materiales laminados verticales
   
 Materiales de arena y gravilla con limonite
   
 Estructuras
   
 Lomas
   
 Cortados
   
 Plano de referencia

ESCALA 1:500

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
   
 METROS

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
	SECCION DE DETALLE C-C'
	AREA LAS PILAS
TESIS PROFESIONAL AREA C	
JOSE L. GARCIA PADILLA 1991	

SECCION TRANSVERSAL 9-D' DE RUMBO NW 33° SE  
VIENDO AL NE



EXPLICACION



LEGENDA DE SIMBolos  
 Simbolos de Paredes de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas

SIMBolos GEOLÓGICOS

Simbolos de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas  
 Simbolos de Escaleras y Columnas

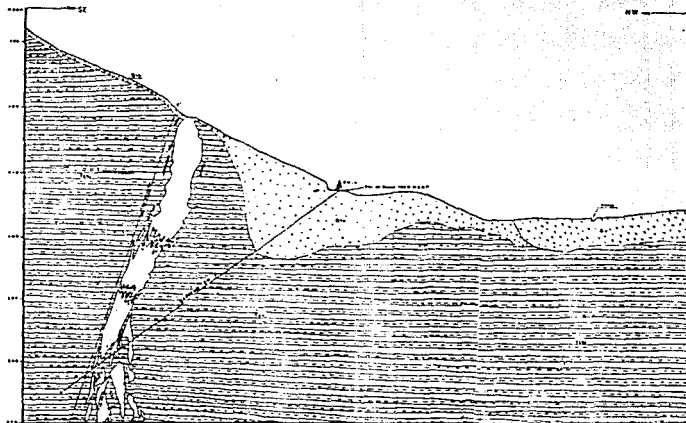
Simbolo	Nombre	Descripción	Simbolo	Nombre	Descripción
(Symbol)	(Name)	(Description)	(Symbol)	(Name)	(Description)



U FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIENCIAS DE LA TIERRA  
 N SECCION DE GEOTECNICA  
 A AREA LAS PILAS  
 M TESIS PROFESIONAL (GEOTECNICA)  
 ALI L. GARCIA PABLOZ 1991



SECCION TRANSVERSAL E-E' DE RUMBO NW 50° SE  
VIENDO AL NE



LEYENDA



**SECCION DE DETALLE**  
 [Symbol] LÍNEA DE RUMBO  
 [Symbol] SECCION DE DETALLE  
 [Symbol] SECCION TRANSVERSAL

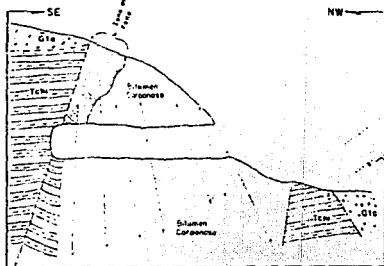
**DETAJES GEOLÓGICOS**

- [Symbol] MUESTRA DE SUELO
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO PROFUNDO
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO SUPERFICIAL
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO INTERMEDIA
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO PROFUNDA
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO SUPERFICIAL
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO INTERMEDIA
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO PROFUNDA
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO SUPERFICIAL
- [Symbol] MUESTRA DE SUELO INTERMEDIA

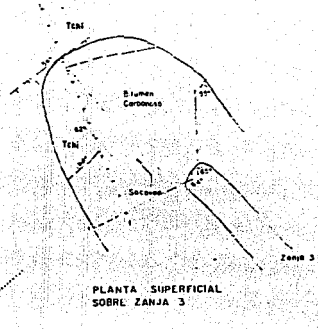
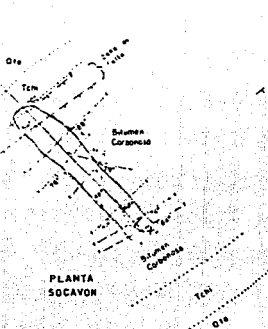
SECCION TRANSVERSAL	SECCION DE DETALLE
Escala: 1:5000	Escala: 1:500



FACULTAD DE INGENIERIA  
 CIENCIAS DE LA TIERRA  
 SECCION DE DETALLE E-E'  
 AREA LAS PILAS  
 TEXAS PROFESIONAL SEGUNDA  
 MOEL L. GARCIA PARELA 1 y 01



SECC ON X-X' SOBRE EL SOCAVON  
DE NUMBO N 45° W VIENDO AL NE



SIMBOLOS GEOLOGICOS

- FALLA
- FALLA MOSTRANDO INCLINACION
- FRACTURA
- NUMBO Y ECHADO DEL BITUMEN
- CONTACTO GEOLOGICO DEFINIDO (PLANTAS)
- CONTACTO GEOLOGICO DEFINIDO (SECCION)

EXPLICACION

TERRETILO	DEPOSITO DE TALCO
	BSALTO EN FORMA DE DERRAMES Y COLUMNAS
	FORMACIONES ENCONTEPE INFERIOR CALCARENTAS, LUTITAS CON HORRONTES DE BITUMEN Y DE MATERIAL ARENOSO

- DEPOSITO DE TALCO
- BSALTO EN FORMA DE DERRAMES Y COLUMNAS
- FORMACIONES ENCONTEPE INFERIOR  
CALCARENTAS, LUTITAS CON HORRONTES  
DE BITUMEN Y DE MATERIAL ARENOSO

ESCALA 1:100



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
	SECCION DE DETALLE X-X' Y LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DEL SOCAVON (ZANJA 3)
	AFLORAMIENTO LAS PILAS
	TESIS PROFESIONAL SECCION 8
JOSE L GARCIA PADILLA	1991