

2  
2y.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

GEOLOGIA DEL SUBSUELO Y METODO DE  
EXPLOTACION DEL AZUFRE DEL DOMO  
JALTIPAN, EDO. DE VERACRUZ EN EL  
LOTE NUMERO 14

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO                      GEOLOGO  
**P R E S E N T A :**  
HECTOR RAFAEL ANDRACA SANCHEZ



MEXICO, D. F.

1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIRECCION  
60-1-048

SR. HECTOR RAFAEL ANDRACA SANCHEZ  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Víctor Malpica Cruz, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**GEOLOGIA DEL SUBSUELO Y METODO DE EXPLOTACION DEL AZUFRE  
DEL DOMO JALTIPAN, EDO. DE VERACRUZ EN EL LOTE NUMERO 14**

- I GENERALIDADES
  - II FISIOGRAFIA
  - III GEOLOGIA REGIONAL
  - IV GEOLOGIA LOCAL
  - V GEOLOGIA ECONOMICA. METODO DE EXPLOTACION
  - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA  
PLANOS Y SECCIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, a 19 de octubre de 1994  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

**A Dios:**

**Que es mi fé para seguir adelante siempre.**

**A mis queridos padres :**

**EFRAIN ANDRACA MIRANDA Y GUADALUPE SANCHEZ DE ANDRACA**

**Quienes con su constante estímulo, forjaron mi espíritu de superación.**

**Muchas gracias**

**A mis hermanos :**

**Alejandro y Efraín**

**Quienes me han impulsado siempre a seguir adelante.**

**A mi esposa y a mi pequeño hijo Mauricio**

**Con mucho amor y cariño por todo lo que significan en mi vida.**

**A mis abuelos :**

**A quienes recuerdo con cariño.**

**A mi inolvidable Tía (± Q . E . P . D . )**

**Josefina Sánchez Guerrero**

**como un homenaje a su memoria.**

**A mis Tías y Tíos :**

***Odila, Alina, Ruth, Héctor, José y Eleazar.***

**A mis amigos :**

***Eduardo Martínez(Pit), Eduardo Beltrán, José Luis Arcos, Adán Castro, Manuel Ayala, Jesus Santos, Jorge Jimenez, José Luis García, Noe Monroy y Javier Escalona (Chamaco).***

***Por su amistad y apoyo desinteresado.***

**A mis amigas :**

***Soraida Varas, Mónica Narvaez, Ma. de Lourdes García, Elizabeth Lobato, Crispina Vázquez, Concepción Herrera , Guadalupe Rojas y Ma. Magdalena Hernández.***

***Por que supieron recordarme siempre que este trabajo podía lograrse.***

**To S.V.V.D. Love will find a way, if you want to.**

**(YES)**

## **AGRADECIMIENTO**

**Muchas gracias al Dr. Víctor Malpica Cruz por su atinada dirección y asesoría durante la elaboración de este trabajo.**

**Al Dr. Salvador Rodríguez López, como un testimonio de agradecimiento por su valiosa y desinteresada ayuda a lo largo de la creación de este trabajo.**

**A la Azufrera Panamericana S . A . por la oportunidad que me brindó de poder trabajar con ella, en especial a los Ingenieros : Gabriel Domínguez Portilla y a Guillermo A. Bustos Vera.**

**Al Ing. J. T. B. Meneses a quien le debo gran parte de todo lo que aprendí en la Geología de Extracción del Azufre.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me dio la oportunidad de ingresar como alumno y la satisfacción de egresar como Profesionista.**

**Al Ingeniero Carlos Garza González-Vélez por las facilidades dadas dentro de la Facultad de Ingeniería.**

**A los profesores designados sinodales : Ing. German Arriaga García, Ing. Emiliano Campos Madrigal y al Ing. Javier Arellano Gil.**

**Mi agradecimiento se extiende a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, colaboraron en la elaboración del presente trabajo.**

**GEOLOGIA DEL SUBSUELO Y METODO DE EXPLOTACION DEL AZUFRE DEL DOMO DE JALTIPAN, EDO. DE VERACRUZ EN EL LOTE No. 14"**

**INDICE**

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>8</b>

**CAPITULO I**

<b>I GENERALIDADES</b>	<b>9</b>
<b>I.A Objetivo del trabajo</b>	<b>9</b>
<b>I.B Método del trabajo</b>	<b>9</b>
<b>I.C Localización</b>	<b>10</b>
<b>I.D Vías de comunicación</b>	<b>10</b>

**CAPITULO II**

<b>II FISIOGRAFIA</b>	<b>14</b>
-----------------------	-----------

	<b>Página</b>
<b>II.A Provincia fisiográfica</b>	<b>14</b>
<b>II.B Geomorfología</b>	<b>14</b>
<b>II.C Hidrología</b>	<b>17</b>

### **CAPITULO III**

<b>III GEOLOGIA REGIONAL</b>	<b>19</b>
<b>III.A Estratigrafía de la Cuenca Salina del Istmo</b>	<b>19</b>
<b>III.B Geología Histórica</b>	<b>61</b>
<b>III.C Relaciones Estratigráficas con otras Cuencas</b>	<b>64</b>

### **CAPITULO IV**

<b>IV GEOLOGIA LOCAL</b>	<b>66</b>
<b>IV.A Estratigrafía</b>	<b>66</b>
<b>IV.B Geología Estructural</b>	<b>70</b>
<b>IV.C Domos de la Cuenca Salina del Sureste de México</b>	<b>74</b>
<b>IV.D Secuencia Litológica de los Domos Salinos</b>	<b>78</b>

## CAPITULO V

	Página
<b>V GEOLOGIA ECONOMICA</b>	<b>82</b>
<b>V.A Método de Extracción del Azufre</b>	<b>82</b>
<b>V.B Cálculo de Reservas</b>	<b>91</b>
<b>V.C Explotación de un frente de Producción</b>	<b>97</b>

## CAPITULO VI

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>119</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>121</b>
<b>Anexo Planos y Secciones</b>	<b>126</b>
<b>Apèndice A Informes y gráficas</b>	<b>127</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se exponen los resultados del estudio realizado en el yacimiento de azufre que se encuentra en el Lote No. 14 de la Unidad Azufrera del poblado de Jáltipan de Morelos, Veracruz, en la Cuenca Salina del Sureste de México.

El objetivo de este análisis es elaborar una metodología que resuelva la problemática de la extracción primaria del Domo de Jáltipan, así como definir su potencial minero.

Los capítulos de fisiografía, geología histórica y estructural y domos de la Cuenca Salina del Sureste de México están elaborados de una manera regional.

La evaluación del yacimiento azufrero se hizo con base en los datos obtenidos en los pozos tanto de exploración como de producción y/o desfogue que actualmente están en operación, así como también de pozos que fueron perforados con anterioridad.

Los mapas y las secciones se elaboraron con información de registros (logs) de los pozos que se están perforando actualmente tanto con los equipos de Azufrera como con equipos de las contratistas PERFESA y PROTEXA y del Consejo de Recursos Minerales. En los mapas y secciones, también se incluyen los datos obtenidos en el campo como son: informes de cavernas, flujo de gas en algún pozo, pérdidas de circulación, aumentos de temperatura en los desfogues y salida de material obturante, etc.

Del análisis de datos se puede concluir, que el remanente que queda en el Lote No. 14 es económicamente explotable, para la extracción del Azufre por medio del Metodo Frash.

## INTRODUCCION

En la parte sureste del Estado de Veracruz y al noroeste del estado de Tabasco, existe una provincia geológica llamada "Cuenca Salina del Sureste de México". En esta cuenca existen yacimientos de azufre, los cuales han sido explotados desde hace 34 años por Azufrera Panamericana S.A.(APSA) y la Compañía Exploradora del Istmo (CEDI). Actualmente se presenta el problema de que ya hay pocas reservas y el azufre que queda es más difícil y más costoso de obtener.

Con una reserva total de 50 millones de toneladas en el yacimiento de Jáltipan, se inició la explotación en septiembre de 1954. A la fecha se han extraído 34.3 millones de toneladas; del remanente, la más importante concentración se localiza en el extremo Sur del Lote 14, con 1.9 millones de toneladas "in situ" y medio millón más como reserva probable.

Durante el segundo semestre de 1991 se puso en operación esta zona; pero por características geológicas y como consecuencia de la explotación en el área colindante hacia el Norte, se produjo un escape de calor flanco arriba del yacimiento lo que representó una baja eficiencia en la fusión del Azufre y consecuentemente, consumos excesivos de agua sobrecalentada y toneladas muy bajas de producción.

Para resolver estos problemas se realizó la geología del subsuelo a detalle para así poder detectar con gran exactitud la zona de escape, también se puso en funcionamiento la aplicación de obturantes para bloquear el escape en la antigua barrera de lodos utilizada por los anteriores dueños; además, se aumentó el desfogue y se colocó más cercano a los pozos de producción. Con estas acciones se está corrigiendo esta situación desfavorable, lo cual permitirá seguir mejorando los resultados y llegar a extraer 700 tons/día por mes. Con lo cual se podrá tener una mejor eficiencia en el minado y establecer y conservar condiciones de fusión que nos permitan extraer como mínimo 600 toneladas al día, y así poder planificar mejor la mecánica de explotación de lotes que todavía tienen un remanente económicamente explotable, antes de entrar de lleno a nuevas zonas que quedan muy retiradas y las cuales aumentarían mucho el costo del metaloide.

# CAPITULO I

## I GENERALIDADES

### I. A Objetivo del trabajo

El propósito de este estudio es determinar el potencial económico del Domo de Jáltipan Ver., así como caracterizar la geología del subsuelo actual. Para lo cual se realizaron cálculos de reservas, secciones y mapas con configuraciones tanto de calizas como del azufre neto, También se propone dar las bases para optimizar y bajar los costos de producción e insumos en la extracción del azufre por el método Frash.

### I. B Método de trabajo

La metodología para realizar el trabajo incluye las siguientes etapas:

- 1) **TRABAJO DE CAMPO.**- El reconocimiento del Lote No. 14 se hizo por medio de caminamientos. Se mejoraron los mapas geológicos existentes y con los datos de los pozos, se realizó la interpretación de la geología del subsuelo.
- 2) **DIBUJO DE LAS SECCIONES.**- Se construyeron las secciones geológicas del Lote para integrarlas a este trabajo; la geología del subsuelo se interpretó con los datos obtenidos en los pozos.
- 3) **TOPOGRAFIA.**- La topografía de las secciones fué obtenida de mapas anteriores, y por medio de datos de los nuevos pozos perforados, tanto por APSA como por las contratistas PERFESA y PROTEXA.

## I.C Localización

El yacimiento se localiza en la parte sureste del Estado de Veracruz, en las inmediaciones del poblado de Jáltipan de Morelos. (Figura I.1)

Se encuentra al Noroeste de este poblado; las coordenadas geográficas son: 18°00'30" y 18°01'00" de latitud Norte y 94°43' y 94°44' 1" de longitud Oeste, con una superficie de 300 hectáreas.

En la Hoja Acayucan E15-C14, de INEGI, el yacimiento se localiza en la porción Sureste, en el municipio de Jáltipan de Morelos. (Figura I.2).

## I. D Vías de comunicación.

Las carreteras existentes que comunican a la región son: Costera del Golfo tramo Veracruz-Coatzacoalcos; Coatzacoalcos-Salina Cruz (carretera transistmica), y la estación de ferrocarril pertenecientes al sistema de F.N.M. por donde pasan las siguientes corridas de trenes: Meridiano que cubre las rutas de México-Merida, pasando por Coatzacoalcos; Mixto-Diario, entre Coatzacoalcos y Salina Cruz y varias corridas locales de carga.

A 40 Km, está el Aeropuerto Minatitlán-Coatzacoalcos, que cuenta con vuelos diarios a la ciudad de México, D.F.

Para desplazarse dentro del área de estudio, existen varios caminos de terracería perfectamente engravados y transitables todo el año; para trabajos específicos se abren caminos secundarios que sólo funcionan en tiempo de secas, y que únicamente son transitables por tractores en tiempo de lluvias.

Además, existen ríos navegables en todo el año, como el Río Coatzacoalcos, Río Chiquito, Río Coachapa y otros, lo que permite desplazarse para la exploración de ciertas zonas.

La población cercana al yacimiento es Jáltipan de Morelos, Estado de Veracruz. Esta población cuenta con alrededor de 38,630 habitantes.

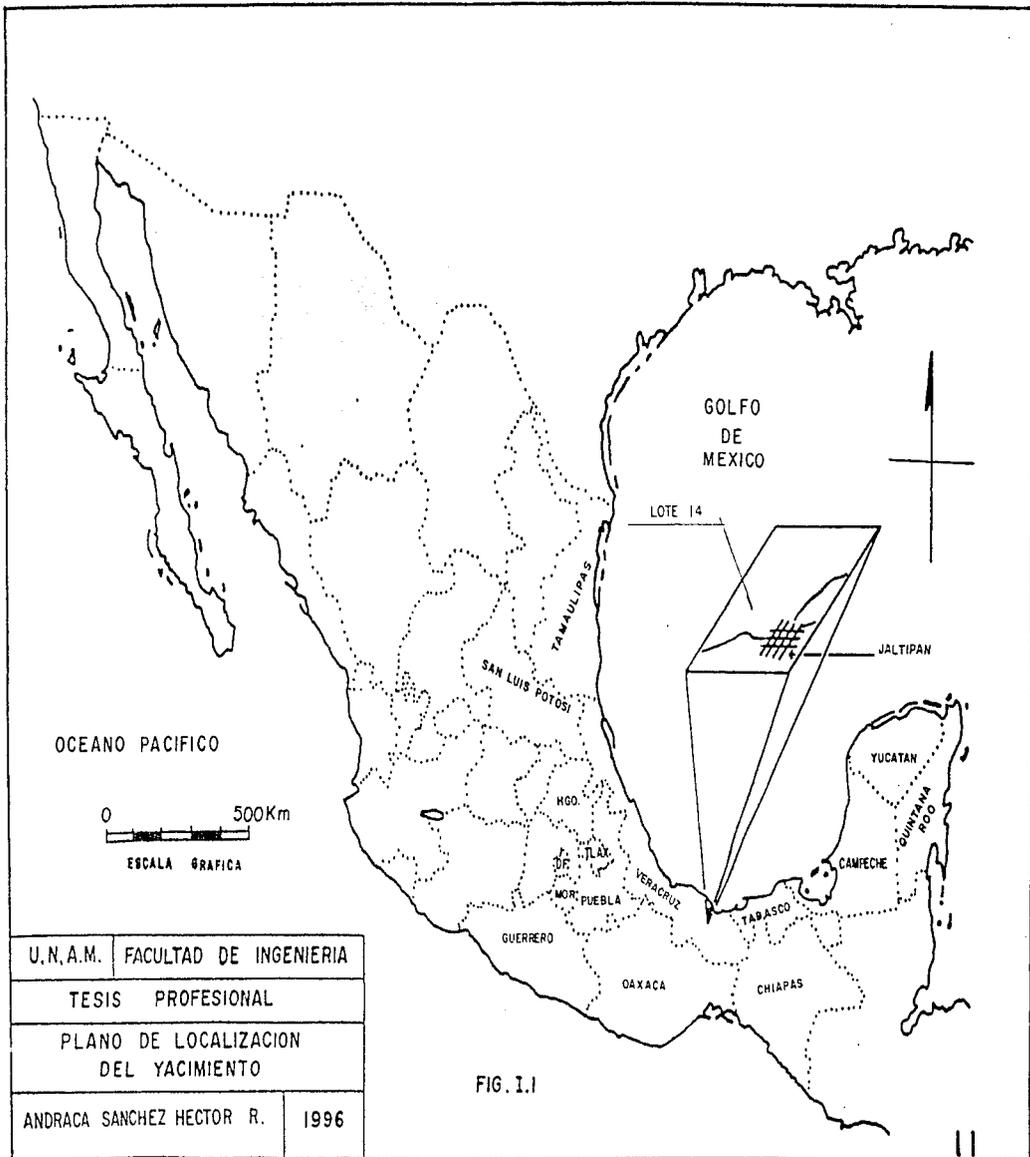


FIG. I.1



**La población tiene agua potable y alcantarillado, así como correo, telegráfos y teléfono de larga distancia.**

**La economía de la población está basada en las industrias cercanas a ella. Además de su ganadería, avicultura y cultivo en sus alrededores. El comercio representa una actividad económica secundaria.**

**La principales industrias que existen cercanas a esta población son: Azufrera Panamericana, S.A. ; Cia. Electrometalurgia Veracruzana, S.A., Productora de Carborundum; Materias Primas de Monterrey, S.A.; Productora de Arena Sílica; Harina de Veracruz, S.A. de C.V.; Purina, S.A.; Y Maíz industrializado Conapo, S.A. y El complejo petroquímico de Cosoleacaque en la ciudad de Minatitlán.**

## CAPITULO II

### II FISIOGRAFIA

#### II.A Provincia Fisiográfica del Area.

El área se ubica en la Planicie Costera del Golfo, en la zona corresponde a la Sub Provincia del Istmo ( Raiz, 1959). Figura II.1

Esta provincia fisiográfica, donde está emplazado el yacimiento se encuentra limitada por la Plataforma de Yucatán y por el Golfo de México, al Este.

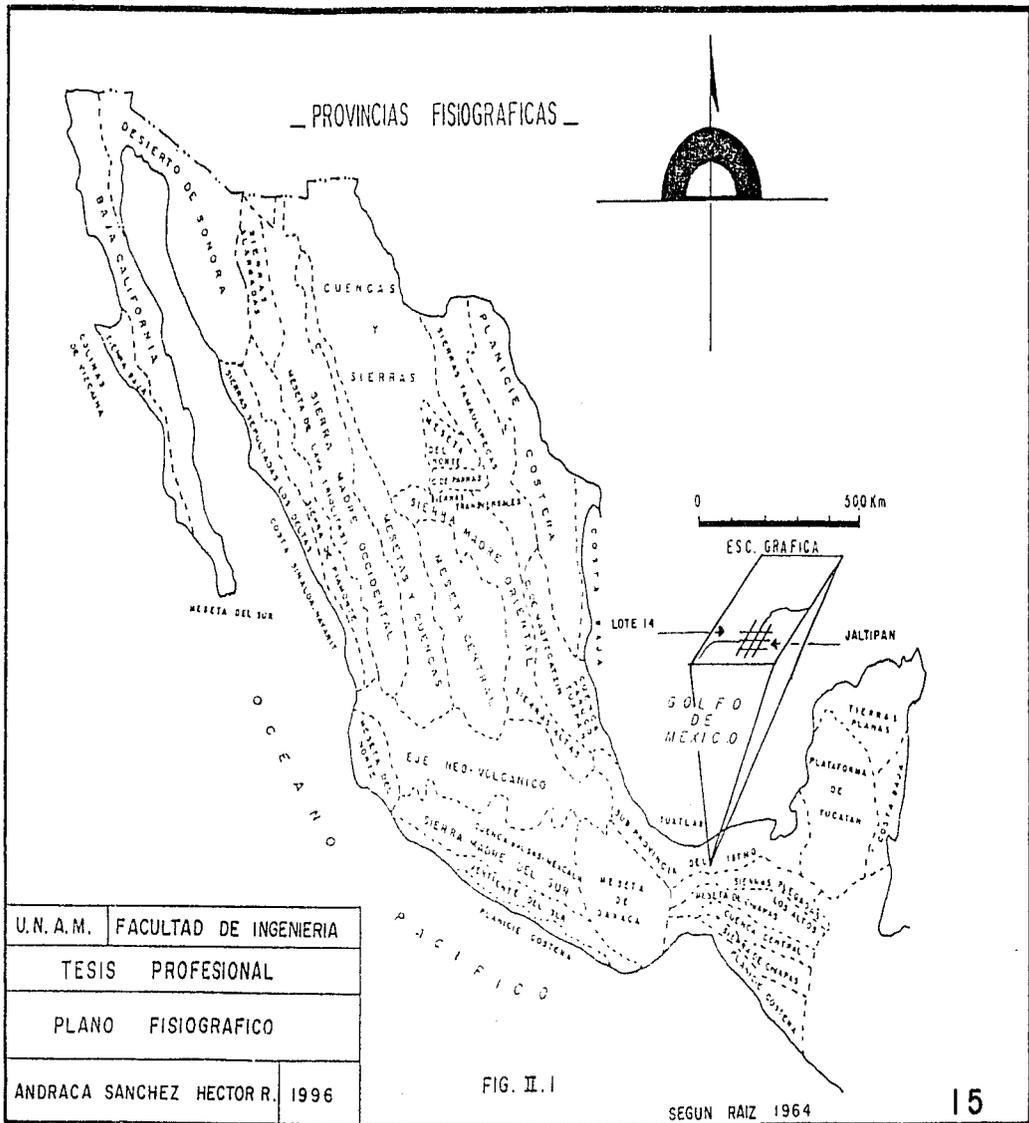
En el área de estudio y en los alrededores existe una serie de anticlinales y sinclinales abiertos, lo que da lugar así, a una topografía de lomas y depresiones suaves, con una elevación promedio de 40 m. s.n.m.

La topografía tiene esta característica por los domos salinos en el subsuelo y también debido a que el área se encuentra muy cerca de las estribaciones del Macizo de los Tuxtlas.

La provincia geológica corresponde con la Cuenca Salina del Sureste de México (Figura II.2)

#### II.B Geomorfología.

La zona donde se encuentra el yacimiento, es de relieve plano, con diferentes áreas de lomeríos bajos dispuestos irregularmente. Las elevaciones mayores en la Cuenca Salina del Sureste de México, se encuentran en su parte sur; las principales elevaciones son el Cerro Pelón, el Cerro La Encantada, el Cerro del Manatí, el Cerro Jimbal, el Cerro Cabeza de Perro y el Cerro de Salinas.



U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
PLANO FISIOGRAFICO	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

FIG. II.1

SEGUN RAIZ 1964

# PROVINCIAS GEOLOGICAS DE MEXICO

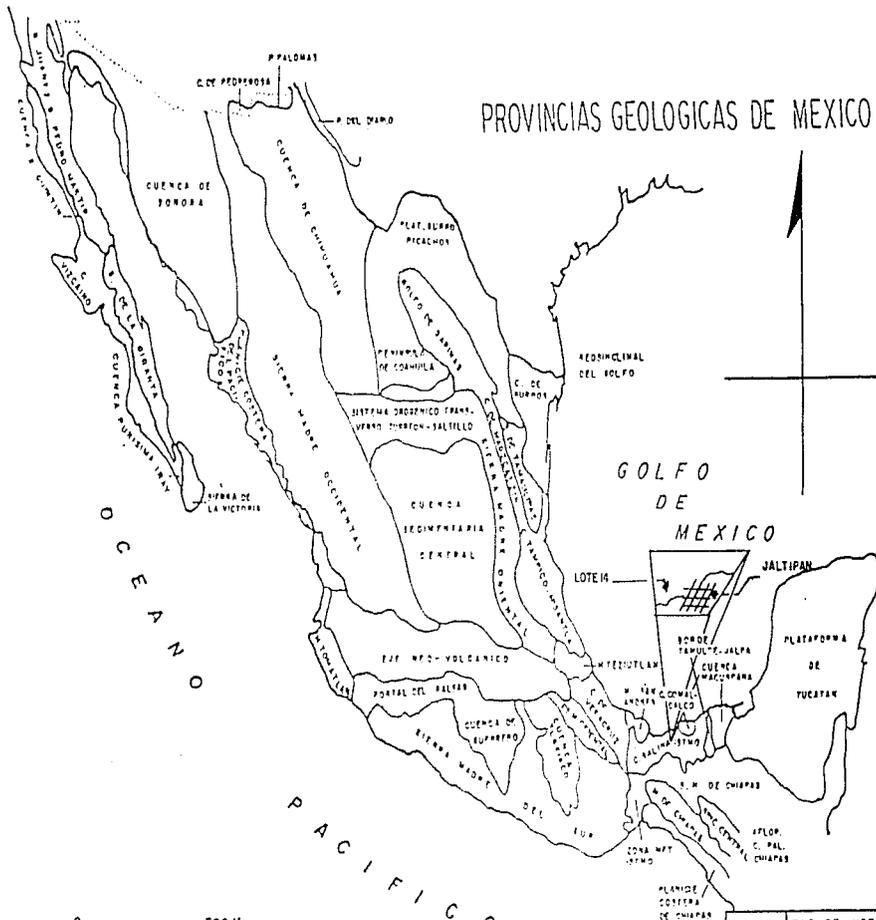


FIG. II.2

SEGUN LOPEZ RAMOS 1978

U. N. A. M.	FAC. DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
PLANO DE	
PROVINCIAS GEOLOGICAS	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

El cerro más alto es el Cerro Jimbal con una elevación aproximadamente de 600 m, sobre el nivel del mar, mientras que los demás cerros no pasan de una elevación mayor a los 150 m. sobre el nivel del mar.

En la zona se presentan áreas de lomeríos bajos, atribuidas a la actividad tectónica reciente, quizá causada por los movimientos producidos por los domos salinos. Este es el caso de los lomeríos en las inmediaciones de Sn. Cristobal y Salinas, en la zona de Texistepec y en la zona de Jáltipan.

Debido a las condiciones topográficas de la zona y a las altas precipitaciones pluviales que caracterizan a la región, durante la temporada de lluvias se producen desbordamientos de consideración en las partes adyacentes al curso de los ríos principales, convirtiendo estas zonas en pantanosas e insalubres.

## II.C Hidrología.

Dado que en la zona en general tiene un relieve de lomeríos, el tipo de drenaje que prevalece en la zona de estudio es dendrítico.

En la región, los dos principales ríos que drenan al Golfo de México son; Coatzacoalcos y Uzpanapa que son cursos de agua de régimen permanente y navegable todo en el año (Figura II.3).

Existe un arroyo de nombre Chacalapa en las inmediaciones del yacimiento y es de régimen permanente. Este arroyo es el que abastece de agua a las presas de la empresa azufrera. Su gasto es suficiente para cubrir las necesidades en la explotación del domo de Jáltipan.



## CAPITULO III

### III GEOLOGIA REGIONAL

#### III.A ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA SALINA DEL ISTMO

En la Cuenca Salina del Sureste de México se encuentran sedimentos y rocas sedimentarias cuyas edades varían desde el Triásico hasta el Reciente. Estas rocas se presentan distribuidas en forma irregular en toda la zona, debido quizá a las condiciones que prevalecieron al depositarse dichos sedimentos en las distintas épocas, las que en algunos casos fueron erosionadas y en otros no hubo depositación de sedimentos. (Tabla Estratigráfica III.1)

La cuenca o parte de ella ha estado en ocasiones en fase de levantamiento, como parece haber sucedido en el Cretácico, pues se estima que la ausencia de rocas pertenecientes a este período, sobre todo en la parte central de la cuenca, hacen suponer lo antes mencionado. Sin embargo, es posible pensar en pequeños depósitos locales, ya que algunos geólogos han considerado a la parte superior de la Caliza Chinameca como perteneciente al Jurásico Superior-Cretácico Inferior

A continuación se hace la descripción en forma ascendente, del Triásico al Reciente de las formaciones que se encuentran en la cuenca.



### III.A SISTEMA TRIASICO-JURASICO INFERIOR

#### III.A.1 TRIASICO JURASICO INFERIOR

##### FORMACION SALINA

###### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

La sal constituida por halita esencialmente, con algunas impurezas, es una roca monomineral que se origina en ambientes marinos o lagunares de poco fondo, de aridez extrema; donde la evaporación sobrepasa a la aportación de agua lo que provoca la sobresaturación de la solución salina y la precipitación de las sales contenidas en el agua de mar.

En el boletín no. 64 publicado por el C.R.N.N.R., se define "La sal se precipita con textura bandeada con capas alternadas de espesores que varían desde unos 2 ó 3 cm a unos 20 cm; aunque en algunas partes se presenta diseminada. Debido a su carácter intrusivo que adopta durante la deformación, es muy raro encontrar las capas horizontales, por lo que casi siempre se presentan con echados variables, dependiendo esto del grado de esfuerzos a que estuvo sujeta.

En general, la sal está bien consolidada y sólo ocasionalmente es cavernosa, alojando a veces hidrocarburos (gas), como sucedió en Almagres (Pozo Almagres Núm. 1, perforado por el C.R.N.N.R. en 1960).

La sal, cuando es pura, es de color blanco, pero se encuentra con colores anaranjado, rosado, violeta y morado debido a diversas impurezas; los hidrocarburos son los causantes de un color gris oscuro o negro.

Las principales localidades de la Cuenca Salina donde esta formación aflora son: Cerro Pelón y el Cerro Jimbal, por el Río Playas; la Encantada, el Cerro Manatí al noroeste de Sarabia, Oax. (sobre la vía del ferrocarril transistmico); Sta. María Chimalapa y el alto Río Uzpanapa. También se le ha encontrado en algunos de los pozos perforados en busca de petróleo y en varios de los que se han perforado en busca de azufre.

**b) DISTRIBUCION**

En la zona esta formación no aflora, únicamente se ha localizado en pozos realizados con fines petroleros, de exploración y explotación de azufre y sales de potasio, en una gran extensión de la Cuenca Salina del Sureste, y en la Plataforma Continental desde Coatzacoalcos hasta Campeche.

**c) LITOLOGIA Y ESPESOR APROXIMADO**

Se encuentra constituida por halita de color blanco, transparente ó translúcida, con delgadas intercalaciones de anhidrita. Se presentan con textura bandeada, con capas alternadas de espesores que varían de unos 2 o 3 cm a 20 cm. Debido a su carácter "intrusivo" es muy raro encontrarla en la superficie porque es muy soluble y desaparece con la presencia de agua.

En general la sal está bien consolidada y sólo ocasionalmente es cavernosa, alojando a veces hidrocarburos (gas) como sucedió en el pozo Almagres Núm. 1, que sufrió un reventón y se incendió.

**d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS**

Los lechos rojos se encuentran sobreyaciendo a la formación Salina y en otras zonas la Caliza Chinameca sobreyace a la formación Salina. Es probable que los lechos rojos y la Caliza Chinameca estén en discordancia con la formación Salina, no es posible saber la naturalezas de las rocas, probablemente en el contacto inferior se tiene un basamento volcánico, debido a que nunca se ha podido atravesar la formación Salina.

**e) EDAD Y CORRELACION**

La formación Salina tiene una edad aproximada del Triásico Superior-Jurásico Medio. Aunque en el trabajo recepcional de Miguel Angel D Argence, establece que la formación Salina se depositó en el Jurásico Inferior, por estar la sal subyaciendo a la Caliza Chinameca, que tiene abundantes fósiles del Jurásico Superior. Se conoce que tiene un gran espesor, 3540 metros cortados en el pozo de sal Somera uno, de exploración de Pémex, cerca de Jaltipán, Ver.

### III.B SISTEMA JURASICO

#### III.B.1 JURASICO MEDIO

##### FORMACION LECHOS O CAPAS ROJAS-ALMAGRE

###### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Los lechos rojos están constituidos por lutitas de color ócre-rojizas, mezcladas en ocasiones con yeso. Se encontró por primera vez en la estructura Chinameca-Higueras, en donde subyace a la caliza Chinameca (Pozo Tonalapa Núm. 1). En el poblado de Almagres, Ver., existe un yacimiento de mineral de hierro que probablemente pertenezca a esta formación, sin embargo esto no ha sido comprobado, pues existen contradicciones en las publicaciones al respecto.

Su localidad tipo es en la estructura Chinameca-Higueras cerca de la población de Chinameca, Ver.

###### b) DISTRIBUCION

En la superficie, se observó especialmente en la localidad de Almagres, y al NW de el Cerro Juile, en donde se está formando un suelo laterítico encima de un afloramiento de yeso, perteneciente al casquete o "cap-rock" de un domo salino; a profundidad se tienen reportes en pozos que al encontrar "almagre" en la cima de un domo salino; dicho domo no presenta caliza con azufre sino que únicamente tiene yeso o anhidrita como casquete.

###### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta formación está constituida por lutitas de color rojo, hematíticas, mezcladas en ocasiones con yeso.

Su espesor oscila desde unos cuantos centímetros hasta varios metros, sobre todo en la parte central de la cuenca donde alcanza hasta 10 metros de potencia.

#### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Subyace a la caliza Chinameca y en algunos lugares se encuentra descansando sobre la roca de cubierta (cap-rock) o aún dentro de este cuerpo. El suelo laterítico o "almagre" como se le ha llamado, no representa necesariamente un suelo antiguo, producto de la intemperización de la caliza Chinameca durante el Cretácico Medio, sino que se considera una roca de cuyo origen es de ambiente continental.

#### e) EDAD Y CORRELACION

Debido a sus relaciones estratigráficas los Lechos rojos se consideran de edad Jurásico Medio. La edad se apoya con la obtenida para la Formación Todos Santos, obtenida por el Método Palinostratigráfico (Dueñas 1991) quien determinó la Cronostratigrafía, infiriéndose una Edad Relativa del intervalo Botoviense-Calloviense con base en la asociación de 14 palinomorfos (Ver Tablas III.2 y III.3), hasta ahora considerados como los más característicos en Europa, América y el Sahara. Asimismo con base en la presencia del Dinoflagelado Pareodinia spp. las características del tipo y tamaño de la materia orgánica se considera un medio de depósito probablemente lacustre.

Por estar bajo la caliza Chinameca, con numerosos fósiles de edad Jurásico Superior, los Lechos rojos se correlacionan con las capas rojas de los depósitos de Comalcalco en el área de Reforma-Macuspán, Tabasco y con la Formación Todos Santos en Matías Romero, Oaxaca.

**PALINOMORFOS ENCONTRADOS EN EL PROYECTO MATIAS  
ROMERO C-3034**

- **ARAUCARIAPOLLENITES CF. LAFFITEI. TEC. USUAL X 500. HE-34.**
- **CEREBROPOLLENITES MESOZOICUS TEC. USUAL X500. HE-34**
- **INAPERTUROPOLLENITES CF. TRILOBATUS TEC. USUAL X 500.  
HE-34**
- **CLASSOPOLLIS CLASSOIDES TEC. USUAL X 1000. HE-34**
- **PERINOPOLLENITES ELATOIDES. TEC. USUAL X 1000 HE-34**
- **ZONAPOLLENITES DAMPIERI. TEC. USUAL X 500 HE-34**
- **ISCHYTOSPORITES GRANULOSUS. TEC. USUAL X 1000. HE-34**
- **TRILLITES SP. TEC. USUAL X 500. HE-34**
- **TODISPORITES MAYOR. TEC. USUAL X 1000. HE-34**
- **TODISPORITES MINOR. TEC. USUAL X 1000 . HE-34**
- **ISCHYOSPORITES MARBURGENSIS. TEC. USUAL X 1000. HE-34**
- **LEPTOLEPIDITES VERRACATUS. TEC. USUAL X 1000. HE-34**
- **PAREODINIA SPP. TEC. USUAL X 500. HE-34**

**Tabla III.2**

M E S O Z O I C A										E R A								
T R I A S I C O	J U R A S I C O					C R E T A C I C O				P E R I O D O								
	Inferlor		Medio	Sup.	Inferlor			Medio	E P O C A									
	Liasico		Dogger	Malm	Neocomiano				E D A D									
	Hettangiano	Sinemuriano	Pliensbachiano	Toarciano	Bajociano	Balthasiano	Calloviano	Oxfordiano	Kimmeridgiano	Tithoniano	Berriasiano	Valanginiano	Hauteriviiano	Barremiano	Aptiano	Albiano	Cenomaniano	
<i>Glossopollis classoides</i>																		
<i>Exesipollenites tumulus</i>																		
<i>Perinopollenites elatoides</i>																		
<i>Cerebropollenites mesozoicus</i>																		
<i>Zenapollenites dampieri</i>																		
<i>Pareodinia</i> spp.																		
<i>Inaperturopollenites</i> cf. <i>trilobatus</i>																		
<i>Ischyosporites marburgensis</i>																		
<i>Araucariapollenites</i> cf. <i>laffitei</i>																		
<i>Todisporites mayor</i>																		
<i>Todisporites minor</i>																		
<i>Leptolepidites verrucatus</i>																		
<i>Tritites</i> sp.																		
<i>Ischyosporites granulosus</i>																		

Según Queñas (1987)

Alcances Cronoestratigráficos de Especies de Palinomórfos  
del Mesozoico en los Lechos Rojos de Matías Romero-Oaxaca

## **I.B.2 JURASICO SUPERIOR**

### **FORMACION CALIZA CHINAMECA**

#### **a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO**

En el año de 1930, Burckhardt denominó Caliza Chinameca a las calizas de color crema que afloran a un kilómetro, al Este del poblado de Chinameca Ver., en las localidades de Cerro de la Grava y Cerro la Cal.

#### **b) DISTRIBUCION**

En la zona de Chinameca, aflora en los cerros de "La Cal" y de "El Piedral", presentándose en algunas partes en forma brechoide; otras localidades se encuentran en Cerro Pelón, Jimbal y Dagamal. Se considera que estos sedimentos han llegado a su actual posición a causa del ascenso de la sal.

#### **c) LITOLOGIA Y ESPESOR**

La caliza Chinameca en su parte inferior está formada por estratos gruesos, potentes y compactos de caliza gris oscura a gris crema; presenta también bandas delgadas de pedernal negro, material bituminoso y arenas.

Las calizas de la parte superior se presentan en estratos delgados, compactos, bien estratificados, de un color gris a gris negruzco. Su espesor difícilmente alcanza los 60 m, aunque algunos geólogos consideran que éste alcanza 400 m.

#### **d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS**

La Caliza Chinameca sobreyace a los Lechos Rojos y a la Formación Salina y subyace a lutitas y arenas del Paleoceno y Eoceno

**e) EDAD Y CORRELACION**

Se le ha asignado la edad de Jurásico Superior por la presencia de Amonoideos. En una práctica escolar que hicieron los estudiantes de geología de la UNAM (1986), en los afloramientos localizados en las cercanías del poblado de Chinameca, recolectaron muestras de amonitas de la formación, las cuales al ser estudiadas fueron determinadas como del género *Kossmatia purisima*, las cuales indican una edad Jurásico Superior, Tithoniano.

También se presentan fósiles como *Idoceras*, *Waagenic*, *Halobie*, *Berriasella*, *Neocomites*, *Caprinos*.

Se correlaciona con las formaciones Pimienta y Sn. Andrés del Jurásico Superior en el área de Poza Rica, Veracruz.

### III.C.1 CRETACICO MEDIO

#### FORMACION CALIZA SIERRA MADRE

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

De acuerdo a el trabajo sobre geología petrolera de México de Benavides (1956), "El Cretácico Medio o Caliza Sierra Madre, nombre con el que se le conoce en la parte Sur del Istmo y en general en el Sureste de México no aflora y se da por seguro que no existe dentro de la Cuenca Salina del Sureste de México".

Unicamente se le ha observado en el frente de la sierra de Chiapas, y en algunas porciones de los márgenes Sur y Sureste de la Cuenca.

El hecho de que no se encuentren estas calizas dentro de la Cuenca Salina, es atribuible a los fenómenos tectónicos que se han desarrollado en ella y que impidieron la depositación de esa parte del Cretácico. Bosse (1905), le asignó el rango de Formación Caliza Sierra Madre, a un cuerpo constituido por calizas y dolomías, en la margen Sur de la Cuenca Salina del Sureste de México.

##### b) DISTRIBUCION

La Caliza Sierra Madre aflora unicamente hacia la parte Sur y Sureste de la Cuenca Salina del Sureste de México.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Según Benavides (1956), "Está formada en lo general por una monótona secuencia de calizas de color gris y blanco, duras en bancos de 80 cm a un metro de espesor, que alternan con capas delgadas. En algunas zonas dentro de la caliza se encuentran rudistas, especialmente Radiolites"

Se distinguen dos miembros, el inferior (Caliza Maltrata) formada de estratos delgados de calizas grises a negras con nódulos y lentes de pedernal; alternados con series de lutitas y rudistas en su parte superior (Caliza Escamela).

De acuerdo a Benavides(1956) , "Las secciones estratigráficas medidas a través del Cretácico Medio a lo largo de los principales rios de la parte norte del Istmo de

Tehuantepec (El Coatzacoalcos y el Uzpanapa) dan al conjunto un espesor de entre 1500 y 1900 metros.

#### **d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS**

La caliza Sierra Madre se encuentra en discordancia con la Caliza Chinameca y la sobreyace la Formación Méndez.

#### **e) EDAD Y CORELACION**

Por posición estratigráfica, se considera que la edad de la Caliza Sierra Madre es del Cretácico Medio. De acuerdo a Benavides (1956), "Estas calizas son correlativas con las de la parte central de Chiapas y del sur de Tabasco, del Albiano-Cenomaniano". Se correlacionan con la Formación Abra de la Plataforma Valles- San Luis y con la Formación Tamaulipas Superior del frente de la Sierra Madre Oriental.

### III.C.2 CRETASICO SUPERIOR

#### FORMACION MENDEZ

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Jefreys (1912), nombró Formación Méndez a unas margas rojas que descansan sobre las Calizas de la Formación San Felipe, cuyos estratos están expuestos 300 metros al este de la población Méndez, sobre la vía del ferrocarril San Luis Potosí-Tampico. En la cuenca Salina del Sureste de México se encuentra el Cerro Pelón a 40 Km al Sur de Coatzacoalcos, Veracruz.

##### b) DISTRIBUCION

La Formación Méndez aflora en las márgenes Sur y Sureste de la Cuenca Salina, y puede ser observada en el área del Cerro Pelón.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta formación se compone de margas de colores gris y gris pardo, finamente arenosas en algunas partes, bien estratificadas en capas delgadas con algunas intercalaciones de areniscas con matriz arcillosa; son de grano fino, de color gris a gris pardo estratificadas en capas de 2 a 40 centímetros de potencia.

El espesor de la Formación Méndez varía de 600 a 900 metros.

##### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La Formación Méndez en la parte Sur y Sureste de la cuenca descansa sobre la caliza Sierra Madre. En el área del Cerro Pelón, la formación ha sido observada en discordancia sobre la Caliza Chinameca, del Jurásico-Superior-Cretácico Inferior; localmente, se encuentra interestratificada una zona de brecha calcárea de 15 a 20 metros de espesor.

**e) EDAD Y CORRELACION**

**La edad de la formación es Cretácico Superior y se correlaciona con la Formación Mexcala del Estado de Guerrero.**

### III.D SISTEMA TERCIARIO

#### III.D.1 EOCENO INFERIOR

#### CONGLOMERADO UZPANAPA

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Fué descrita inicialmente por Gibson (1936), en la región de Ixtlán, Veracruz; descansa sobre calizas cretácicas Benavides (1956). describe al Conglomerado Uzpanapa como un conglomerado constituido principalmente por cantos rodados de roca ígnea y arenisca, donde son sumamente escasos los cantos de caliza. Dentro del conglomerado se presentan aisladamente algunas intercalaciones lutíticas. Su localidad tipo es a lo largo del el Río Uzpanapa, Ver.

##### b) DISTRIBUCION

Se encuentra aflorando en la áreas cercanas a los ríos Chalchijapa, Uzpanapa y Coachapa. También se encuentra en otras zonas dentro de la cuenca, en Ranchoapan, al poniente de Hidalgotitlán.

También se han encontrado sedimentos del Eoceno hacia las márgenes de la cuenca salina, en el curso superior de los ríos Coatzacoalcos, Chalchijapa, Uzpanapa, Coachapa, Pedregal y Río Playas, y al noroeste del Cerro Pelón.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

De acuerdo a Benavides (1956), "Los sedimentos de esta edad están constituidos por lechos delgados de lutitas duras, bien estratificadas, de color gris oscuro a gris azul, algunas veces con vetillas de calcita y que alternan con estratos delgados de areniscas y de conglomerados. Generalmente carecen de macrofauna, pero contienen en cambio una abundante microfauna bien conservada, con numerosas especies, predominando las formas pelágicas.

En algunas localidades, como en los ríos Uzpanapa y Chalchijapa, la parte basal del Eoceno está formada por el llamado "Conglomerado Uzpanapa", que

descansa directamente sobre la Formación Méndez del Cretácico Superior. El conglomerado de referencia tiene un espesor variable entre 150 y 200 metros y está constituido principalmente por cantos rodados de roca ígnea y arenisca, los cantos de calizas son escasos. Dentro del conglomerado se presentan aisladamente algunas intercalaciones lutíticas. El espesor expuesto, del conglomerado Uzpanapa, varía de 500 a 900 metros. En los pozos, generalmente se encuentra un espesor muy reducido, salvo en el caso del pozo Sayula No.5 (situado en la parte Suroccidental de la Cuenca Salina) donde se perforaron 1600 metros de sedimentos del Eoceno que, corregido por que el echado es muy fuerte, dan un espesor real de 100 metros, aproximadamente.

#### **d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS**

Estas rocas descansan discordantemente sobre la Formación Méndez del Cretácico Superior. La sobreyace la Formación la Laja del Oligoceno Inferior.

#### **e) EDAD Y CORRELACION**

La edad de estos sedimentos es del Eoceno; carecen de macrofauna, pero contienen en cambio una abundante microfauna bien conservada, con numerosas especies con el predominio de las formas pelágicas. El conglomerado Uzpanapa se correlaciona con las Lutitas Candelarias de la parte Sur del Estado de Tabasco.

### III.D.2 EOCENO SUPERIOR

#### FORMACION LUTITAS NANCHITAL

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Castillo (1955), describe a estos sedimentos como del Eoceno Superior. Se considera como localidad tipo al Cerro Nanchital, aunque también se encuentra en el cerro Pelón situado a 40 Km al Sur de Coatzacoalcos, Ver., cerca de la población de Nanchital, Ver.

##### b) DISTRIBUCION

Esta formación se encuentra mejor expuesta hacia las márgenes de la cuenca salina. Está aflorando al poniente de Hidalgotitlán y en Ranchoapan, Ver., así como en el curso superior de los ríos Coatzacoalcos, Chalchijapa, Uzpanapa, Pedregal y Playas; y en la región de Tigres-Changos, al Noroeste del Cerro Pelón.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Está formada por lutitas arenosas, alternadas en su parte inferior con bandas de areniscas de grano fino. Su color varía de pardo a gris verdoso y generalmente son plásticas. Los colores son más oscuros en la parte superior en donde la dureza es mayor.

La parte inferior es arenosa y contiene areniscas arcóscicas, en estratos que varían de 10 a 30 cm de espesor. En las arenas se han encontrado concreciones calcáreas y en las lutitas restos de plantas fósiles. Muchas veces los afloramientos aparecen fracturados y afallados, entonces los planos de estratificación están rellenos de calcita. En algunas muestras que provienen de planos de fallamiento se conservan en forma visible, estrías y otros indicadores cinemáticos que señalan la dirección del desplazamiento.

Está formación se considera de aguas profundas y su espesor va de 300 a 1100 metros, en el Cerro Pelón. Presenta gran contenido faunístico no identificado.

**d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS**

Las Lutitas Nanchital sobreyacen al Conglomerado Uzpanapa y la sobreyace la Formación La Laja.

**e) EDAD Y CORRELACION**

La edad de la Formación Lutitas Nanchital es del Eoceno Superior. Se correlaciona con la Formación Chinal de Comalcalco y del área Reforma-Macuspana.

### III.D.3 OLIGOCENO

#### FORMACION LA LAJA

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Fue descrita originalmente por Gibson (1935), en la Región Salina del Sureste de México, quien la dividió en dos series denominadas en orden estratigráfico ascendente: series la Laja y series Depósito. Castillo (1955), la eleva a rango de Formación y divide en Laja inferior y Laja Superior; La primera corresponde al Oligoceno medio y la segunda al Oligoceno inferior; son difíciles de diferenciar. Su localidad tipo se encuentra en las márgenes de la cuenca salina, sobre el Río Uzpanapa a 60 Km al Sur-Sureste de Coatzacoalcos, Ver.

##### b) DISTRIBUCION

Generalmente aflora en las márgenes de la Cuenca Salina sobre sedimentos del Eoceno, también se encuentra en las porciones Sur y poniente de la Cuenca.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Son lutitas arenosas de colores gris, azul y verde, presentan estratificación en capas delgadas, aunque en ocasiones se encuentran alternancias de areniscas de grano fino a medio depositadas en forma lenticular sin ser esto muy notable.

Se divide paleontológicamente en Laja Superior y Laja Inferior. La Laja Superior consta de areniscas y tobas, donde predominan las lutitas tobáceas.

El mejor criterio para diferenciar a la Laja superior es la ausencia completa de fauna y la aparición de fauna no característica en la Laja Inferior.

La Laja Inferior se compone de lutitas tobáceas y algunos estratos de areniscas; localmente se encuentran sobrepuestos cuerpos conglomeráticos constituidos principalmente por fragmentos de calizas y roca ígnea proveniente del macizo granítico de Chiapas como ocurre en el Cerro Nanchital localizado cerca del río y poblado del mismo nombre, donde recibe el nombre local de Conglomerado Nanchital.

El espesor de esta formación varía de 1000 a 1400 m, incluyendo el "Conglomerado Nanchital", que debe alcanzar los 600 metros localmente.

#### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Está formación sobreyace a las rocas del Eoceno, y es subyacida por la Formación Depósito del Mioceno Medio.

#### e) EDAD Y CORRELACION

Esta Formación es del Oligoceno Inferior con base en su relación estratigráfica con las formaciones Lutitas Nanchital y Depósito. Además la edad se corrobora por los siguientes fósiles determinados: Haplophragmoides Coronatus, Cibicides Tuxpamensis Cole, Cyclamina Cancellafa Brady, etc; Según (Castillo T. 1955). Se correlaciona con las Lutitas y Calizas Misopá de la región Sur de Tabasco.

### III.4 MIOCENO MEDIO

#### FORMACION DEPOSITO

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Fue descrita inicialmente por Gibson (1936), en la región Salina del Sureste de México, quien originalmente la llamó serie Depósito. Castillo (1955), la elevó a rango de formación. Presenta intercaladas algunas capas de areniscas. Estas rocas contienen microfaua característica del Mioceno.

##### b) DISTRIBUCION

Ampliamente distribuida desde el Norte de la Cuenca de Veracruz, hasta la región de la Cuenca Salina del Sureste; se encuentra aflorando en el municipio de Minatitlán, Ver. , en las localidades de Romero Rubio, Soledad, parte media de la cuenca del Río Coahuila y el Juile.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Constituida por lutitas bien consolidadas de color gris claro a oscuro en algunas localidades y gris azul en otras. La parte superior de esta formación es fosilífera y bastante arenosa. Está considerada como una de las mejores formaciones generadoras de hidrocarburos; la potencia máxima de esta Formación es de 400 metros.

##### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La Formación Depósito está cubierta por la Formación Encanto del Mioceno Superior, excepto en algunas localidades donde el Oligoceno está cubierto discordantemente por la Formación Concepción Superior, que ya corresponde al Plioceno. Estas rocas sobreyacen al Conglomerado Nanchital.

e) EDAD Y CORELACION

Su edad es del Mioceno Medio, ya que contiene la siguiente microfaua característica: Rectuvigerina aff striata (Schuager), Gyroidina eff leavis (d'Orbigny), Cibicides pseudogerianus (Cushman), Nodosarella paucistrana Galloway y Murrey (Según Benavides 1956 , en Quezada y Sarmiento 1987).

### III.D.5 MIOCENO SUPERIOR

#### FORMACION ENCANTO

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Consiste principalmente de series alternadas de areniscas de grano fino y lutitas arenosas. Su color es variable, pero generalmente es gris azulado o gris amarillento. Ocasionalmente se encuentran dentro de esta formación algunos conglomerados. En otros sitios se presenta como una serie de estratos formados por arenisca de grano grueso a fino medianamente cementada, ligeramente arcillosa, de color gris azulado o gris claro; con frecuencia contiene granos y fragmentos de cristales de ortoclasa y cuarzo. En algunos niveles la cementación es completa, encontrándose entonces en capas de areniscas dura de color gris azulado cuando están húmedos, que varían en espesor entre 10 cm y 1 metro. Estas areniscas están estratificadas con capas arcillosas duras, de fractura concoidea, el espesor de las mismas es de 5 a 30 cm. A causa de la circulación de aguas subterráneas es común encontrar pequeños depósitos de limonita en las zonas de contacto entre las arenas y las arcillas. Las mismas areniscas, cuando están expuestas a la erosión, presentan un color pardo rojizo muy peculiar.

La estratificación de las capas Encanto es buena en general. La formación toma su nombre del Anticlinal del Encanto, ubicado en el municipio de Minatitlán, Ver. (Gibson 1936).

##### b) DISTRIBUCION

Son localidades de la Formación Encanto las siguientes: Filisola, Romero Rubio, Soledad, parte media de la cuenca del Río Coachapa, El Juile, Morador, Achotal, etc.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Está constituida por lentes alternados de areniscas de grano fino, medio a grueso de origen marino de color gris crema y azul. Su espesor es variable según las

localidades donde se mida. Puede tomarse como promedio 750 metros. En algunos pozos se reportan espesores más reducidos.

#### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

El paso del Oligoceno a la Formación Encanto del Mioceno, no se marca de manera clara desde el punto de vista litológico, dada la semejanza entre los depósitos del Oligoceno Superior y los del Encanto basal. Sin embargo, el contacto se asigna dado el contenido faunístico. Se considera que la Formación Encanto es de carácter esencialmente marino, nerítico interno.

#### e) EDAD Y CORRELACION

Contiene abundante microfauna, de edad Mioceno Superior: Hopkinsina notohispida Finlay, Uvigerina laviculata Coryel y Rivero, Nonion affinis (Reuss), Chilostemella mexicana Nutall (Según Gibson 1936, en Quezada y Sarmiento 1987). Esta Formación se correlaciona con la Formación Amate del área de Reforma-Macuspana, y con la Formación Tuxpan de la Cuenca Tampico Misantla.

### III.D.6 PLIOCENO TEMPRANO

#### FORMACION CONCEPCION INFERIOR

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Benavides (1956), describe a la Formación Concepción Inferior como un cuerpo de lutitas bien consolidadas de color gris claro a oscuro en algunas localidades y gris azul en otras. La parte superior de esta Formación es fosilífera y bastante arenosa por lo que está considerada como una de las mejores formaciones generadoras de hidrocarburos.

##### b) DISTRIBUCION

En la Cuenca de Veracruz se le ha identificado en la mayoría de los pozos perforados; en la Cuenca del Sureste, aflora hacia el poniente y porción media; también aflora en los frentes norte y noroeste de la Sierra de Chiapas. Las principales localidades de la Formación Concepción Inferior son: Filisola, Oriente de Romero Rubio, Soledad, parte media de la Cuenca del Río Coachapa, Moloacán, Ixhuatlán, Juile, Minatitlán, Jáltipan, Moralar y Sayula; todos ellos en el estado de Veracruz.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Benavides (1956), la describe como: "Está formada principalmente por lutitas bien consolidadas, mal estratificadas, de color gris, azul claro y azul oscuro, micacíferas, generalmente muy fosilíferas que contienen gasterópodos y pelecípodos junto con una gran variedad de foraminíferos bentónicos."

La parte superior de la formación es arenosa y semejante a la Formación Concepción Superior basal; pero con contenido de arena que va disminuyendo desde este contacto hacia la base, donde las lutitas son muy puras y micáceas. En algunas ocasiones aparecen fracturas, y acumulaciones de yeso como relleno.

La formación se intemperiza en algunas partes de manera característica, pues se lamina en planos que no siempre son paralelos a los de estratificación.

Las lutitas de la Formación Concepción Inferior son, como ya se dijo, ricas en restos orgánicos, razón por la cual se considera que son probablemente rocas generadoras de aceite en el Plioceno en la región del Istmo.

La potencia de la formación es muy variable, oscila entre 150 y 200 metros, en las diferentes localidades.

#### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Descansa normalmente sobre la Formación Encanto; su contacto se puede determinar muy bien tanto paleontológicamente como por litología. La sobreyace la Formación Concepción Superior, concordantemente.

#### e) EDAD Y CORRELACION

La edad de esta formación es del Plioceno Temprano, edad que se asigna con base en los siguientes foraminíferos: Marginulinopsis marginulinoides, Marginulinopsis mesinae y Amphicorina hirsuta; además de la presencia de Globorotalia margaritae y Marginulina marginulinoides, Lagenodosaria hirsuta, así como abundantes moluscos: Conus sp, Natica sp, Lanrena sp, Pecten sp, y Venus sp. (Según Benavides 1956, en Quezada y Sarmiento 1987).

Su ambiente de depósito varía de nerítico externo a batial, y se correlaciona lateralmente con la Formación Amate Inferior (Salas y López, 1951) de la porción oriental de la Cuenca del Sureste, que tiene un espesor promedio de 800 metros y se caracteriza por la asociación faunística de: Marginulina marginulinoides, Lagenodosaria hirsuta, Textularina nipeensis y Globigerina rohri.

En la Cuenca del Sureste, los cuerpos arenosos de la Formación Concepción Inferior en los Distritos de Agua Dulce y las Choapas, Veracruz., así como los de la Formación Amate Inferior, en el Distrito de Cd. Pemex, Tabasco., son importantes productores de aceite y gas en la (figura III.2) se ilustran las diferentes litofacies para esta edad.

# DISTRIBUCION DE LITOFACIES DEL PLIO-PLEISTOCENO

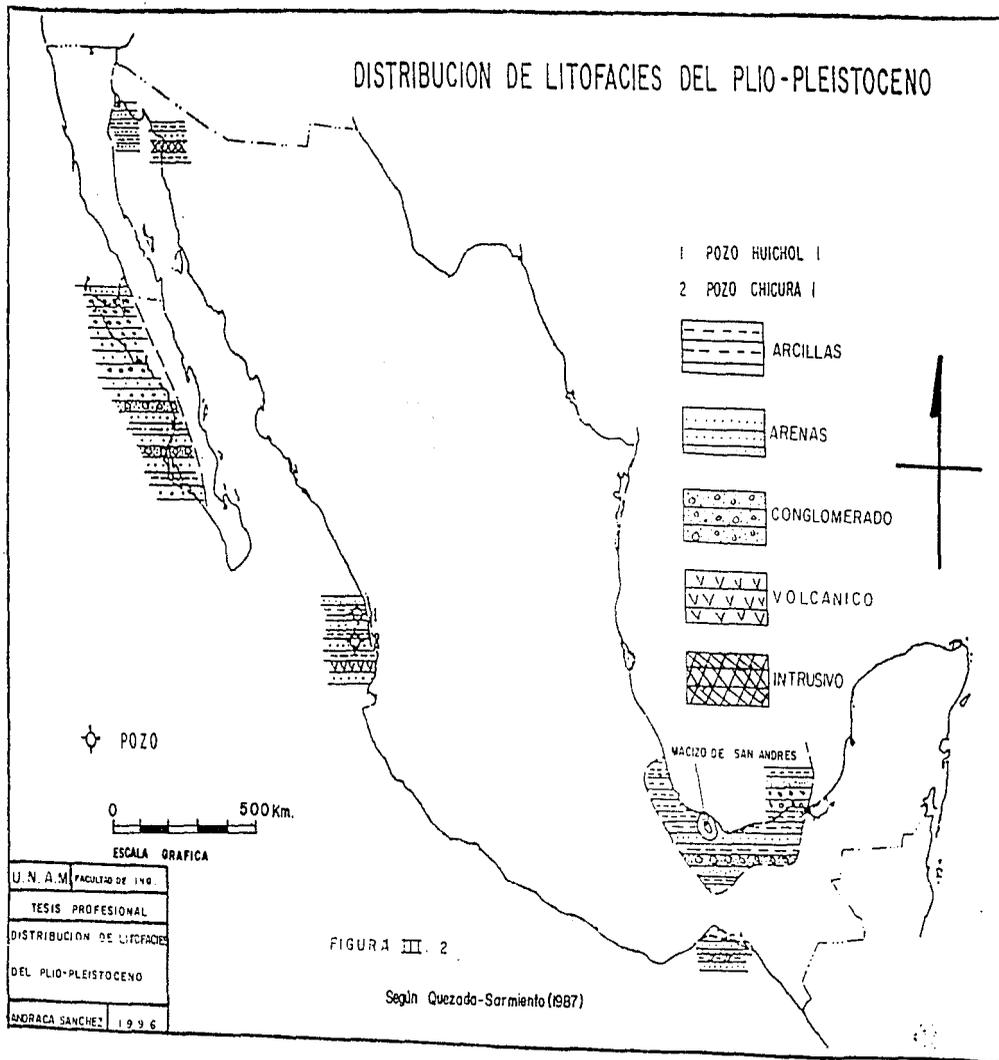


FIGURA III. 2

Segun Quezada-Sarmiento (1987)

U. N. A. M.	FACULTAD DE I. N. G.
TESIS PROFESIONAL	
DISTRIBUCION DE LITOFACIES	
DEL PLIO-PLEISTOCENO	
SANDRACA SANCHEZ	1996

### III.D.7 PLIOCENO MEDIO

#### FORMACION CONCEPCION SUPERIOR

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Gibson (1936), fue el primero en usar el término: Concepción Superior, para designar a un paquete de arcillas apizarradas muy arenosas mal consolidadas y con abundancia de moluscos. Esta formación fue estudiada por primera vez en la región de Concepción, Ver. (de donde toma su nombre), sobre la margen derecha del Río Uzpanapa, a unos 24 Kilometros , al Sureste de Minatitlán, Veracruz.

##### b) DISTRIBUCION

Se le encuentra en la parte central y también en la parte Sur y Suroccidental de la Cuenca Salina. Al Poniente de Jesús Carranza. Localidades típicas de la Formación son : Filisola, Cuitlaxoyo, Soconusco, Achotal, Romero Rubio. Acayucán, Río Coachapa e Ixhuatlán, todas ellas en el estado de Veracruz.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Consiste de lutitas arcillosas y arenosas de colores gris azul, gris amarillento y areniscas de colores crema y pardo. Las lutitas se encuentran compactas y los planos de estratificación no se observan ya que están mal definidos. Se presentan concreciones de areniscas, de colores pardo amarillento, cementadas con material calcáreo hacia la cima.

El espesor de la Formación Concepción Superior es muy variable, oscila comúnmente entre 120 y 400 metros, y en la región del Río Nanchital se reportan de 500 a 600 metros de potencia.

#### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sus contactos inferior y superior son concordantes, sobre la Formación Concepción Inferior que la subyace, y bajo la Formación Paraje Solo, en la Cuenca de Veracruz y Filisola en la Cuenca del Sureste, respectivamente. En la parte central de la Cuenca Salina se encuentra descansando sobre la Formación Concepción Inferior, sobre la Formación Encanto y aún sobre depósitos más antiguos como los del Oligoceno y del Eoceno, y al Poniente de Jesús Carranza, sobreyace en discordancia a capas del Cretácico Superior y del Cretácico Medio.

Su contacto con la Formación Filisola, que la cubre, es concordante y difícil de marcar debido a la transición gradual que existe entre las lutitas de la Formación Concepción Superior y las arenas de la Formación Filisola por la ausencia de Microfauna característica.

#### e) EDAD Y CORRELACION

La edad que se le asigna a esta formación es del Plioceno Medio. Los fósiles característicos de la Formación Concepción Superior son los siguientes: Globorotalia margaritae, Globogernoides conglobatus y Globorotalia crassaformis, además de Robulus rotalutus, Cibicides filisolaensis Nuttall, Bolivia Subaenariensis var. mexicana Cushman. (Según Gibson 1936, en Quezada y Sarmiento 1987). Esta formación se correlaciona con la Formación Amate Superior de la región de Comalcalco y área de Reforma-Macuspána.

De acuerdo al contenido fosilífero y características litológicas, el ambiente de depósito es nerítico medio, con variaciones a nerítico interno hacia la cima.

Los cuerpos arenosos de las Formaciones Concepción Superior y Amate Superior, son importantes productores de aceite y gas en la Cuenca del Sureste.

### III.D.8 POST-PLIOCENO MEDIO

#### FORMACION FILISOLA

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

De acuerdo a Benavides (1956), la Formación Filisola se caracteriza porque en la parte superior se compone de lutitas arenosas de color rojo, que cuando se intemperizan se vuelven rojizas, debajo de estos lechos se encuentran areniscas cuarcíferas en matriz arcillosa de color azul grisáceo a pardo; con cuarzo lechoso abundante y fragmentos de fósiles marinos mal conservados. Los lechos fosilíferos alternan con estratos de areniscas de grano medio, ligeramente micáceas, que varían en color pardo en la superficie o gris azulado.

La parte basal está formada por lutitas compactas de color gris a pardo y por capas de arenisca pobremente cementada. En esta parte, es común encontrar concreciones lenticulares. En las capas de transición entre esta formación y la Concepción Superior se observan lentes calcáreos bien desarrollados. La estratificación no se observa claramente.

En la Formación Filisola se encuentran ejemplares de *Ostrea*, *Maetra*, *Pecten* y *Solarium*. Su localidad tipo es en la región de Filisola, Veracruz.

##### b) DISTRIBUCION

Se presenta mejor desarrollada entre los ríos Coachapa y Uzpanapa y también en el área de Ixhuatlán-Moloacán, al Sureste de Coatzacoalcos, Ver. Aflora en el extremo Sureste de la Cuenca de Veracruz y en toda la porción Central de la Cuenca del Sureste. Localmente también se reporta en algunas áreas del frente Norte de la Sierra de Chiapas. En el subsuelo, se le localiza prácticamente en todos los pozos perforados en la parte media y Norte de la Cuenca del Sureste.

Otras localidades donde aflora son: al oriente de Romero Rubio, Moloacán, Capocán, Cuichapa y Cabritos-Tecuanapa. También aflora en Jáltipan, Oteapan y Chinameca.

### c) LITOLOGIA Y ESPESOR

Está constituida principalmente por lutitas arenosas, areniscas cuarcíferas y lentes de areniscas de grano medio poco consolidados, su color es variable, el más común es gris pardo, coloración que se debe a la presencia de óxidos de hierro.

También contiene areniscas cuarcíferas con clastos angulares y subangulares de grano fino a medio; depositadas en forma lenticular; en algunos horizontes se encuentran partes contaminadas con lateritas y por tal motivo adquieren un color pardusco.

El espesor de la formación varía entre 250 y 600 metros, en algunos de los pozos es mayor.

### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Normalmente se encuentra sobre la Formación Concepción Superior, su contacto es concordante, aunque difícil de trazar exactamente por la transición gradual que existe entre las dos formaciones. La sobreyace la Formación Paraje Solo.

### e) EDAD Y CORRELACION.

No contiene fósiles índices y la edad Post-Plioceno Medio reportada se debe a su posición estratigráfica con respecto a la Formación Concepción Superior. Entre la macrofauna identificada están presentes *Ostrea* sp, *Mactra* sp, *Pecten* sp, *Solarium* sp y *plerotomia* sp. ( Según Benavides 1956, en Quezada y Sarmiento 1987).

Por la litología y los microfósiles, se considera que el depósito de la Formación Filisola se llevó a cabo en un ambiente costero de alta energía y de rápida subsidencia.

La Formación Filisola es productora de aceite en la porción media occidental de la Cuenca del Sureste, así como en el área Oriental de esta misma cuenca.

En la porción Oriental de la Cuenca del Sureste, el equivalente de esta formación corresponde con la Unidad Encajonado (Gibson, 1936).

### III.E SISTEMA CUATERNARIO

#### III.E.1 PLIOCENO SUPERIOR-PLEISTOCENO INFERIOR

##### FORMACION PARAJE SOLO

###### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Su localidad tipo es en Paraje Solo Benavides(1956), describe: "En la localidad de donde toma su nombre la formación, que se encuentra a unos 25 Km al SE de Coatzacoalcos, se distinguen dos partes, una superior formada por areniscas de grano grueso a fino, de color gris azulado, más o menos carbonosas y otra inferior, cuyas características se describen más adelante".

En la localidad tipo se presentan lechos de lignitos de más de 50 cm de espesor, en ocasiones se observan hojas fósiles y restos de vegetales carbonizados. A esta parte superior se le llama serie lignítica de Paraje Solo.

En la parte inferior de la serie lignítica hay lechos fosilíferos con gasterópodos, pelecípodos y gran cantidad de ceniza volcánica. El fósil más común es la ostrea.

La parte inferior la forman areniscas compactas de grano grueso gris y gris pardo, interestratificadas con arcillas, seguidas de un lecho fosilífero y después por areniscas de grano grueso, laminadas con arcilla y material lignítico.

Los horizontes ligníticos son constantes; las arenas ligníticas representan depósitos estuarinos de textura relativamente uniforme y de amplia distribución".

**b) DISTRIBUCION.**

Las localidades típicas de la formación son: Paraje Solo, Acalopa, Moloacán, Ixhuatlán, Gavilán, Punta Gorda, Tonaká y otros lugares en la zona costera.

**c) LITOLOGIA Y ESPESOR.**

Son areniscas bien consolidadas, generalmente de grano grueso de colores gris claro, gris oscuro y pardo. Estas areniscas se encuentran interestratificadas con láminas de arcillas de color gris azulado, ceniza volcánica y material lignítico.

El espesor de la Formación Paraje Solo varía de 300 a 600 metros. Solamente en uno de los pozos de la Cuenca Salina, en Arroyo Prieto No. 1, se apreció un espesor considerablemente más alto, del orden de los 1400 metros.

**d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.**

Ambos contactos se consideran transicionales, sobre la Formación Concepción Superior en la Cuenca de Veracruz y sobre la Formación Filisola en la Cuenca del Sureste; en tanto que el Superior es con la Formación Agueguexquite en la Cuenca del Sureste. Localmente en esta última cuenca, se observa en discordancia bajo los conglomerados de la Formación Acalapa. En la Cuenca de Veracruz, la parte superior de esta Formación está erosionada y cubierta por arenas y gravillas recientes.

Generalmente se le observa descansando sobre la Formación Filisola y está cubierta, en discordancia, algunas veces, por la Formación Agueguexquite.

**e) EDAD Y CORRELACION.**

La edad de la Formación Paraje Solo, se considera Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior, de acuerdo al orden depositacional con respecto a las unidades Concepción Superior y Filisola. Los foraminíferos son escasos y sólo se han diferenciado formas de Elphidium incertum, Rotalia beccari y Eponides antillarum. además abundan los pelecípodos: *Ostrea sp*, *Corbula sp*, *Arca sp*, *Pecten sp*, y los gasterópodos: *Turritella sp*, *Melania sp*, *Nerítica sp*, y *Fulger sp*. (Según Salas y Lopez 1951, en Quezada y Sarmiento 1987).

**Por su litología, contenido fosilífero y posición estratigráfica, se interpreta que el depósito de esta Formación está relacionado a facies deltáicas. Esta unidad se correlaciona con la Formación Zargazal (Salas y Lopez 1951, en Quezada Sarmiento 1987 ), del área oriental de la Cuenca del Sureste.**

### III.E.2 PLEISTOCENO MEDIO

#### FORMACION AGUEGUEXQUITE

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

La Formación Agueguexquite consiste, en su parte superior, de arcillas ligníticas de color azul grisáceo, algunas veces tobáceas, con moldes de fósiles. Inicialmente fue estudiada por Gibson (1936) y después por Castillo (1955).

La parte media se compone de areniscas compactas de grano fino a medio, de color gris pardusco a gris azulado, ligeramente fosilíferas y en ocasiones con concreciones calcáreas. Algunas veces se presentan arenas y arcillas interestratificadas.

La parte inferior está formada de areniscas fosilíferas suaves, de color pardo, intercalada con lutitas arenosas bien laminadas y arenas amarillentas, con bandas de arcillas arenosas; generalmente contienen abundantes foraminíferos. A veces, en la parte inferior se encuentra un paquete de conglomerados con abundancia de macrofósiles, como Pecten, Ostreo. etc.

##### b) DISTRIBUCION.

Aflora en la porción centro Oriental de la Cuenca del Sureste. Localidades típicas de esta formación son: Santa Rosa, Gavilán, Pajaritos, Palomita, Punta Gorda, Tonalá, etc., casi todas se encuentran en la parte Norte de la Cuenca del Istmo.

### c) LITOLOGIA Y ESPESOR.

Se pueden distinguir tres horizontes: parte superior formada por arcillas ligníticas de color gris azulado, parte media constituida por areniscas bien consolidadas de grano medio a fino de color pardusco y en la parte inferior son areniscas, arcillas arenosas y arenas de color pardo amarillento. El espesor se ha calculado en 500 m. De acuerdo con su macrofauna y litología, se interpreta que esta formación se depositó en condiciones de mares poco profundos, abiertos y con pocas variaciones de temperatura y salinidad.

### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Normalmente se encuentra sobre la Formación Paraje Solo. El contacto entre las formaciones puede marcarse por la primera aparición de fósiles marinos (debido probablemente a una transgresión). El ambiente marino de esta formación se manifiesta en su microfauna; los moluscos, en muy buen estado de conservación, indican condiciones de mar poco profundo, abierto y con pocos variaciones de salinidad y temperatura.

La sobreyace en contacto concordante la Formación Cedral o bien está erosionada o es discordante bajo la formación Acalapa o con gravas, arenas y arcillas continentales del reciente.

### e) EDAD Y CORELACION.

Su edad, Pleistoceno Medio, es inferida con base en el orden de depósito con respecto a las formaciones subyacentes, y por los foraminíferos identificados: Anadara strebla, Elphidium sagrai, Elphidium crispum, Cibicides dohrtyi, Discorbis floridensis, Siphogenerina raphanus y los pelecípodos Pecten sp. y Ostrea sp. (Según Salas y Lopez 1951, en Quezada y Sarmiento 1987). Su ambiente de depósito parece ser continuación de la Formación Paraje Solo, o sea, relacionado con facies deltáicas.

### III.E.3 PLEISTOCENO SUPERIOR

#### FORMACION CEDRAL

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Está formada en términos generales, por areniscas, lutitas y conglomerados. Se le supone de origen deltáico, o de medio ambiente palustre. En algunas regiones se han podido distinguir dos partes; una superior formada por cuerpos arcillosos alternados con arenas, que algunas veces presentan lechos de grava de color gris y verde azulado, con lechos de arcillas abigarrada y otras capas de lignita de color pardo en las que puede notarse la estructura vegetal, y una parte inferior que está formada por series de arenas con lechos de gravas pobremente estratificadas. Fué estudiada inicialmente por Gibson (1956) y después por Castillo (1955).

##### b) DISTRIBUCION.

El área típica de su afloramiento se encuentra en la parte central Norte de la Cuenca Salina del Sureste de México, entre los campos petroleros de Acalapa y El Plan.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR.

Está constituida por arcillas, arenas, gravas y conglomerados de colores pardo, gris y verde azulado. En algunas partes se han observado dos miembros. Uno superior formado por cuerpos arcillosos alternados con arenas, algunas veces presentan estratos de gravas de color gris a verde azulado y otras capas de lignita color pardo. La parte inferior está formada de series de arenas con estratos de gravas. Tienen poco contenido de fósiles. El espesor de la formación varía de 500 a 600 metros.

**d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.**

Generalmente descansa en forma concordante sobre la Formación Agueguexquite; en tanto que el contacto superior está erosionado y cubierto por los suelos y gravillas del reciente, o bien se halla localmente cubierto en discordancia por los conglomerados de la Formación Acalapa.

**e) EDAD Y CORRELACION.**

Su edad por posición estratigráfica en función del orden de depósito sobre la Formación Agueguexquite, corresponde al Pleistoceno Superior. El ambiente de depósito de esta Formación corresponde a facies palustres relacionadas a sistemas deltáicos.

En el área Oriental de la Cuenca del Sureste, la Formación Belén (Lesser 1951, en Quezada y Sarmiento 1987) es contemporánea al depósito de esta unidad.

## FORMACION ACALAPA

### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

El Pleistoceno de la parte Norte del Istmo de Tehuantepec está representado por areniscas de color gris a verde azulado con restos de plantas y lignitos, y por un cuerpo de conglomerado, que es el miembro estratigráfico más notable en lo que se conoce como serie Acalapa.

El conglomerado, que también se llama Conglomerado Acalapa se encuentra interstratificado en la parte inferior de la serie. Está constituido por guijarros en matriz arenosa. Dadas las circunstancias de que su distribución es local y que a veces se presenta entre sedimentos pertenecientes a las formaciones del Mioceno Superior, su origen se interpreta asociado a depósitos fluviales.

### b) DISTRIBUCION

Se encuentra en la parte Norte del Istmo de Tehuantepec; sus afloramientos principales se presentan en la región de Acalapa (a unos 25 Km al Sureste de Coatzacoalcos, Ver.), de donde toma su nombre y en donde forma algunas prominencias como son los cerros de Acalapa, Agata y Xoteapa.

### c) LITOLOGIA Y ESPESOR.

Consiste de conglomerados de fragmentos redondeados de rocas ígneas intrusivas y de cuarzo, principalmente, con intercalaciones lenticulares de gravas y arcillas arenosas de color gris verdoso. Su espesor es muy irregular, ya que aflora aisladamente en forma de pequeños montículos, estimándose un promedio de 20 a 30 metros.

### d) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Su contacto inferior es discordante sobre la Formación Cedral y sobre las Formaciones Paraje Solo y Agueguexquite.

**e) EDAD Y CORRELACION.**

De acuerdo a su posición estratigráfica y características litológicas, se considera de edad Pleistoceno Superior. El ambiente de depósito corresponde a depósitos continentales fluviales contemporáneos al vulcanismo del Volcán de los Tuxtlas, que se localiza al Oeste de la Ciudad de Coatzacoalcos, Ver.

### III.F HOLOCENO

#### GRAVILLAS, ARENAS Y ARCILLAS SIN NOMBRE FORMACIONAL

##### a) DEFINICION Y LOCALIDAD TIPO

Estos depósitos no han sido bien definidos puesto que se les ha prestado poca atención a las acumulaciones recientes.

Probablemente existen diferentes terrazas de esa edad cuyo conocimiento resultaría de interés para la historia geomorfológica del Istmo.

##### b) DISTRIBUCION.

Estos sedimentos se encuentran distribuidos en gran parte de la porción Norte de la Cuenca Salina del Sureste de México.

##### c) LITOLOGIA Y ESPESOR.

Su constitución es variada se presentan desde clastos de grano fino, hasta gravas. En parte hay arcillas de color gris azulado dentro de las que se encuentran bloques o cuerpos de arena. Otras veces se tienen arenas de grano grueso entremezcladas con gravas y arcilla.

Ocasionalmente se han usado de manera local los nombres de Gravas de Sabana, Gravas de Loma y Depósitos de Arroyo, para los materiales que corresponden al Pleistoceno.

El primero corresponde a las gravas y arenas rojizas y blancas que forman la parte más conspicua del Pleistoceno del Istmo. El nombre es apropiado ya que las dunas y los depósitos de costa comunmente están cubiertas por vegetación de sabana.

El nombre de Gravas de Loma se ha aplicado a los depósitos más proximos a la sierra.

Los depósitos fluviales, formados por arcillas suaves de color gris oscuro o negro, con restos de plantas y de árboles turbificados; arenas blancas y amarillentas con concreciones de limonita, generalmente se encuentran en el fondo de los valles de la parte norte del Istmo.

El espesor de los depósitos Holocénicos varía de uno a dos metros, hasta 40 metros.

### III.B GEOLOGIA HISTORICA

Durante la mayor parte del Pérmico, el área de la Cuenca Salina pertenecía a un elemento positivo, al final de ese período comenzó el depósito de capas rojas continentales; condición que continuó hasta el principio del Jurásico. Posteriormente ocurrió una transgresión y depósito de evaporitas, en un mar cerrado. Debido a la existencia de algunas someras imperfecciones que se mantenían comunicadas con el mar abierto se recibieron aportaciones intermitentes de sedimentos Pérmicos; la ayuda del clima de tipo desértico que prevalecía permitió la concentración de las aguas marinas y la precipitación de la sal.

El proceso de precipitación de las sales debe haberse llevado a cabo, en algunas ocasiones completamente, cosa que se comprueba por la presencia de sales potásicas y otras que deben haberse interrumpido antes de terminar, pues la disposición de las sales dentro de los domos salinos es irregular y esta presencia hace pensar que los ciclos de depósito fueron numerosos y no siempre completos. El hundimiento gradual de la Cuenca se iba alternando con la carga de sedimentos evaporíticos; estas condiciones de depósito de sal persisten durante el Triásico y Jurásico.

Burckhardt (1930), señaló que las aguas marinas cubrieron la región de Veracruz a principios del Jurásico Inferior, continúan durante el Jurásico Medio. Esta transgresión termina en el Calloviano, a principios del Jurásico Superior. Imlay (1943), señala que la transgresión del Jurásico Superior ocurrió cuando se depositaron grandes espesores de evaporitas.

Gibson (1956), opina que se llevaron a cabo dos ciclos de evaporación en la Cuenca Salina; el primero, durante el Pérmico, donde se considera que fueron favorables las condiciones para la formación de este tipo de depósito y el segundo como resultado de la evaporación de los mares residuales post-Pérmicos.

La edad de la sal no ha sido precisada en forma definitiva, aunque algunos autores le han asignado una edad Permo - Triásica (Salas, 1957). Benavides (1956), piensa que durante el Cretácico Inferior el mar avanzó hacia el Sur, hasta alcanzar la margen Norte del actual Macizo de Chiapas y durante el Cretácico Medio, el mar llegó a cubrir dicho Macizo.

Durante el Cretácico Medio, el área que actualmente ocupa la Cuenca Salina sufrió un levantamiento y un cambio de clima de desértico a húmedo (Alvarez 1950

y Benavides 1956); prueba evidente de ello es la discordancia que aparece en las inmediaciones del Cerro Pelón, Ver., donde sobreyacen a la caliza Chinameca del Jurasico Superior - Cretácico Inferior, las lutitas de la formación Méndez del Cretácico Superior.

Tanto los depósitos del Cretácico Superior representados por las margas de la formación Méndez, como las correspondientes al Terciario Inferior, formados en su base por lutitas y sobre ella grandes espesores de conglomerados, son manifestaciones evidentes de cambios de ambiente en el depósito de estos sedimentos.

En el Terciario Inferior (dentro de la Orogenia Laramide) con los movimientos del Macizo de Chiapas y Oaxaca se produjo el plegamiento de la Cuenca Sedimentaria, que afectó los sedimentos del Triásico-Jurásico-Cretácico y dió como resultado fallas y plegamientos de la Cuenca Salina. Dichos movimientos provocaron el desplazamiento de la sal hacia los anticlinales y a través de las fallas transversales.

Como barreras naturales pudieron haber fungido el Macizo de San Andrés Tuxtla y posiblemente el supuesto Macizo paralelo a la actual Costa del Golfo que detuvo los movimientos del Macizo de Chiapas hacia el Norte, y produjo el plegamiento de las capas y posiblemente la Formación Salina (Paleozoica), que actuó como base lubricante para el plegamiento de las capas superiores.

Al principiar el Terciario, los mares se hicieron más profundos y es cuando la carga de sedimentos sobre la sal adquirió importancia y pudo ser motivo de la iniciación de la deformación por la sal. La transgresión cubrió con sedimentos más jóvenes a las rocas Cretácicas con el depósito casi continuo de series del Paleoceno y Eoceno.

El mar del Eoceno debió haber sido más extenso pues cubre parcialmente las calizas del Cretácico por encima del Macizo de Chiapas, en este periodo se depositaron las lutitas Nanchital.

El conglomerado Uzpanapa, presente en algunas partes de la Cuenca Salina, puede considerarse como producto de algunos levantamientos locales de origen ígneo, en las partes marginales de la Cuenca.

Hasta el Oligoceno Inferior, las condiciones que prevalecieron fueron más bien de sumersión, con el depósito de las lutitas de la Formación La Laja. Sin embargo,

hubo movimientos de ascenso y descenso (transgresión y regresión), según se comprueba con varios horizontes de areniscas y conglomerados presentes en el Oligoceno.

Durante el Oligoceno Superior, el mar cubrió toda la porción Norte del Istmo, transgresión que se efectuó durante el Mioceno Inferior; a finales de esta época hubo un movimiento Orogénico de grandes proporciones, manifestado muy claramente por una discordancia en la base de la Formación Concepción Superior que pasa a areniscas marinas de la Formación Filisola y después a depósitos de aguas salobres de la Formación Paraje Solo.

A fines del Mioceno y durante el Plioceno, La Revolución Cascadiana se manifiesta por un empuje WNW-ESE, que orientó las estructuras sobrepuestas a la sal en dirección SW-NE, al empujarlas sobre el Macizo San Andrés.

De esta manera se produjo un período de sumersión al Sureste de Coatzacoalcos. Así finalizó el primer ciclo de sedimentación y dió principio al segundo con el depósito de las lutitas de la Formación Agueguexquite, a las que cubrieron sedimentos marinos de la misma Formación y terminó con el depósito de la Formación Cedral.

Se conocen exclusivamente depósitos de tipo continental tanto del Plioceno como del Pleistoceno, lo que demuestra que desde entonces hasta el presente la Cuenca Salina del Istmo está en condiciones de emersión. Por lo tanto se puede concluir que el Istmo de Tehuantepec a nivel regional sufrió los efectos de la Revolución Laramidica, así como una típica tectónica salina, que conjuntamente provocaron las condiciones de deformación que se observan en dicha Cuenca.

### III.C RELACIONES ESTRATIGRAFICAS CON OTRAS CUENCAS

En el área de la Cuenca de Veracruz, afloran principalmente sedimentos Terciarios y recientes; sin embargo, las formaciones sedimentarias más antiguas están cubiertas por piroclastos y por rocas más recientes, probablemente de origen fluvial. En términos generales puede decirse que el Terciario se caracterizó por movimientos epirogénicos que dieron lugar a la formación de sedimentos en ambientes desde litorales hasta nerítico externo y batial inferior y posiblemente abisal; estos se encuentran formados, en su mayor parte, de arcillas, más o menos arenosas, y ocasionalmente de conglomerados, cuya presencia en el área se debe a una transgresión durante el Mioceno. Cabe señalar que aunque la mayoría de los geólogos están de acuerdo que los conjuntos faunísticos determinados en las muestras estudiadas, indican que en el área en cuestión un mar regresivo imperó desde el Oligoceno Medio al reciente. Existe en el Terciario una semejanza estratigráfica de la cuenca de Veracruz con la cuenca Salina del Istmo, por presentar características litológicas y sedimentarias parecidas.

Hacia el Sur también alcanza una notable extensión costa afuera al abarcar gran parte de la Sonda de Campeche, la cual, actualmente esta bajo las aguas del Golfo de México.

El mecanismo de formación de las evaporitas en el área de Jáltipan es muy similar al mecanismo que ocurre en el Golfo de Karabugaz del Mar Caspio, en donde la salinidad del Mar Caspio es menor que la del Golfo, aún cuando está en una cuenca cerrada completamente, con la aportación de agua dulce del Río Volga y otros tributarios. La explicación de este fenómeno consiste en que el Golfo de Karabugaz está separado del Mar Caspio por una o varias barras sumergidas y que existen condiciones muy áridas, poca precipitación fluvial y sobre todo una batimetría muy baja, lo que da lugar a una evaporación muy alta y forma un movimiento descendente de aguas de mayor concentración y mayor peso específico. De esta manera se aumenta la salinidad en la parte del Golfo y deposita en el fondo sal y anhidrita. Tal mecanismo es totalmente factible, pero a mayor escala, en la Cuenca Salina del Istmo, solo que la barra que obstruía la entrada a la Cuenca Salina desapareció a fines del Jurásico y con invasión de agua de mar, de menor salinidad dió lugar al depósito de la caliza Chinameca.

La Cuenca de Veracruz, la Cuenca Salina del Istmo y la Sonda de Campeche aunque son muy semejantes, ya sea por presentar características litológicas y sedimentarias parecidas no aseguran la presencia de azufre en la cuenca, debido principalmente a que podemos tener la presencia de almagre ( $\text{FeO}_2$ ) el cual actúa como un agente inhibidor de las bacterias anaerobias productoras del Azufre y no deja que se forme azufre en el casquete del domo. Encontrando solamente caliza esteril sin contenido comercial de azufre.

## CAPITULO IV

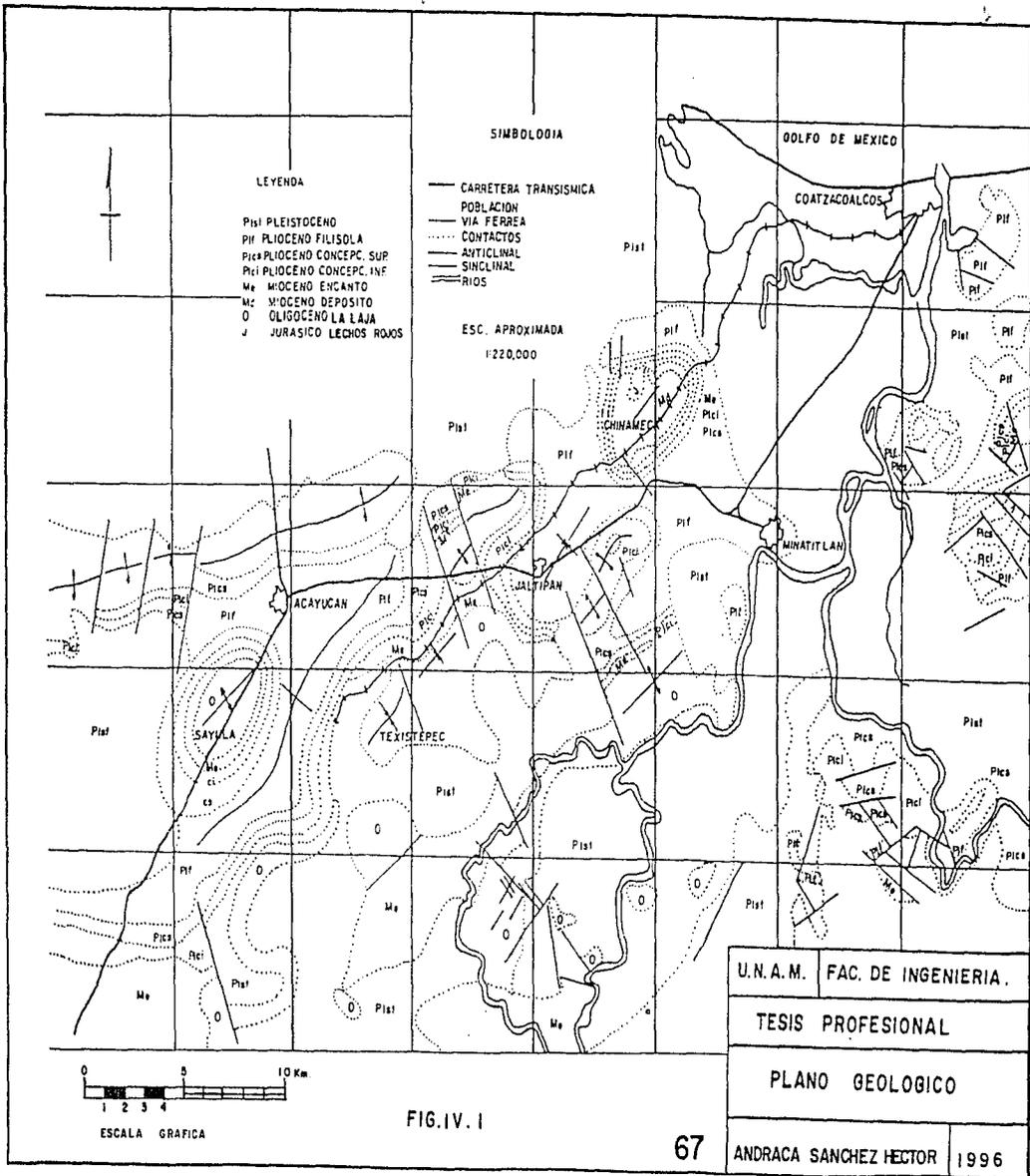
### IV GEOLOGIA LOCAL

#### IV.A ESTRATIGRAFIA.

En la región se han identificado rocas sedimentarias cuya edad varía desde probablemente el Pérmico, hasta el Pleistoceno (Figura No. IV.1). Depósitos posteriores al Pleistoceno cubren discordantemente a todos los otros sedimentos. Los afloramientos más antiguos se encuentran hacia la margen Sur de la Cuenca en la Sierra Madre, y las expresiones de las rocas más recientes hacia la Planicie Costera. Estas últimas, hasta donde se conoce, son exclusivamente de origen clásticas y están constituidos por gravas, areniscas, lutitas, bancos de conglomerados parcialmente consolidados, y material arcilloso en forma predominante; probablemente el terreno fué una plataforma continental, o bien una llanura de inundación que posteriormente se elevó y erosionó. En el Pérmico que aflora hacia el Sur del Istmo de Tehuantepec, en una zona extensa formada por rocas sedimentarias y metamórficas, la roca más común es un esquisto micáceo (sericita), con cristales de calcita y algunos granates muy pequeños. Estas rocas metamórficas están completamente plegadas y no se conoce su espesor. Existen calizas carbonosas y ligeramente arenosas estratificadas de las cuales no se han encontrado fósiles.

Triásico-Jurásico Inferior. Arriba de las rocas metamórficas, aparece una secuencia con un espesor que varía de 600 a 3540 metros, formada por una secuencia de Sal (Halita), con impurezas. De color blanco, transparente ó translúcida con delgadas intercalaciones de anhidrita, que en conjunto se les ha llamado formación Salina.

Jurásico-Cretácico Inferior. En la región de Chinameca, se encontró en la estructura Chinameca-Higueras una formación constituida por arcillas de color rojo, hematíticas, mezcladas con yeso en ocasiones (Lechos Rojos). En la parte superior del Río Playas, en la estructura del Cerro Pelón aparecen calizas con fauna determinable, donde se han obtenido diversas amonites. En Chinameca, el espesor que se puede observar es muy reducido ya que se trata de una pequeña colina; en el Cerro Pelón aparecen unos 300 metros, de calizas gris a gris negra cuya estratificación varía de delgada a gruesa y en la porción Sur de la estructura aparecen unos 500 metros, de lutitas arenosas con macrofauna, estratificadas en capas muy delgadas. En la parte Sur de la cuenca no se observan estas calizas, en



especial entre la sierra y el Río Coatzacoalcos, y no se sabe si existen al Oriente.

**Cretácico Medio.** Caliza Sierra Madre, son calizas de color gris y blanco alternadas con series de lutitas y rudistas que se encuentran en la cima de la Caliza Chinameca. El espesor de la caliza es muy grande, ya que varía entre los 1500 y 2000m., en particular en la zona del Río Uzpanapa. En el sureste de la Cuenca Salina aparentemente la caliza tiene un espesor de unos 200 a 300m.

**Cretácico Superior.** Rocas de edad Turoniano a Maestrichtiano aparecen con un espesor de más de 800 m, en el frente de la Sierra Madre. Consisten de lutitas, margas y calizas interstratificadas (Formación Méndez). La macrofauna es escasa.

**Paleoceno.** Este se presenta claramente en todo el frente de la Sierra Madre. Las rocas son concordantes sobre las del Cretácico Superior el tipo de roca que la forman son lutitas principalmente con cuerpos de areniscas. El espesor del Paleoceno, en el borde de la Cuenca Salina, es de aproximadamente unos 600m, en promedio, aunque en el extremo sureste aumente considerablemente.

**Eoceno.** Se presenta en todo el frente de la sierra y los sedimentos que la constituyen son lutitas y areniscas calcáreas en general bien cementadas. Las formaciones identificadas en la Cuenca Salina son: Lutita Nanchital y Conglomerado Uzpanapa. El espesor es muy variable de uno a otro extremo de la Cuenca. Se han encontrado sedimentos del Eoceno arriba de lutitas del Cretácico Superior, así como, en la cima de los domos salinos o directamente sobre la sal.

**Oligoceno.** Formación La Laja (lutitas arenosas de color gris). Aparece en toda la Cuenca Salina con espesores muy grandes. En la porción occidental tiene más de 200 m, expuestos en los flancos de algunos domos y hacia el oriente aumenta hasta tener casi 5000 m, en la región del Río Pedregal; en esta parte de la Sierra Madre aparece un conglomerado con sus límites muy bien definidos al cual se le denomina Conglomerado Nanchital y que se haya casi en la base del Oligoceno.

**Mioceno.** Es la parte de la columna en la que se encuentra las arenas productoras de petróleo. Se divide en dos formaciones (Depósito y Encanto) y representan en su totalidad un ambiente marino, son lutitas y areniscas bien consolidadas.

**Plioceno.** Formación Filisola y parte de la Formación Paraje Solo. Son areniscas bien consolidadas las cuales están relacionadas a facies deltáicas y zonas de ambiente costero de alta energía y rápida subsidencia.

**Pleistoceno.** Formación Agueguexquite, Cedral, Acalapa. Los depósitos de esta edad se encuentran en discordancia sobre sedimentos más antiguos y cubren gran parte de la porción Norte de la Cuenca Salina del Istmo. En Chinameca, está representado por gravas y arenas redondeadas de color blanco, gris y pardo amarillento; en otras partes esta formado por clastos de grano fino y arcillas de color gris azulado. Presenta espesor que van de 2 a 5 m., aunque ocasionalmente llega a 40 m. Su ambiente de depósito corresponde a facies palustres relacionadas a sistemas deltáicos.

La mayoría de los contactos son discordantes debido a las intrusiones de los domos salinos y por los eventos de hundimiento y levantamiento que sufrieron las formaciones, debido a procesos tectónicos. También existen contactos concordantes como el de las lutitas sobre las rocas del Cretácico.

**Holoceno.** Gravas, arenas y arcillas sin nombre formacional, con espesores hasta de 40 metros, generalmente se encuentran en el fondo de los valles, de la parte Norte del Istmo.

## IV.B GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Los estudios geofísicos, especialmente los sismológicos y gravimétricos, han contribuido en forma eficaz al conocimiento de las estructuras en la Cuenca Salina y sus relaciones con las rocas adyacentes. Pero la información más valiosa la han aportado las perforaciones llevadas a cabo en búsqueda de hidrocarburos o azufre, lo que lleva a tener un mejor conocimiento de la geología del subsuelo.

El domo de Jáltipan, es una estructura formada por el diapirismo de la sal, que aparentemente se inició después de la sedimentación de la formación más vieja que lo cubre. Si se supone que el depósito de sal, como algunos autores enuncian, es Triásico-Jurásico y los sedimentos suprayacentes al casquete, son de edad Mioceno-Pleistoceno, se debe suponer que durante el resto del Mesozoico y a principios del Cenozoico, la sal se estuvo depositando y también en esta etapa comenzó la subsidencia del fondo marino, que cubrió gradualmente de sedimentos clásticos a las evaporitas. Durante el Eoceno se depositó una gran cantidad de sedimentos terrígenos.

Según las perforaciones cercanas al domo de Jáltipan y la geología superficial que indica la ausencia del Eoceno, y el contacto de la cima del casquete con roca sedimentaria, la edad del domo Salino se interpreta sea del Oligoceno; en vista de que la geología superficial señala espesores más o menos uniformes en las formaciones superficiales superyacentes al casquete, se debe asumir que la relación domo-formación sedimentaria, es discordante y que esta se debe a erosión o a no depósito; es posible sugerir que el casquete si estuvo expuesto a erosión, lo que se comprueba por la irregularidad del domo en su parte culminante y por la presencia de brechas de yeso y/o caliza en matriz arcillosa, en los canales de esta parte culminante, así como la presencia de arena de clastos calcareos que es un producto del intemperismo de la caliza del casquete.

Se sabe que los domos salinos, por su origen y formación dan lugar a la formación de fallas y fracturas de las formaciones sedimentarias que penetran y subyacen, debido principalmente a las siguientes dos causas:

1) La disminución del volumen de la sal al disolverse por la acción de las aguas subterráneas y concentrarse los residuos insolubles. Este fenómeno puede producir un colapso local de la cubierta sedimentaria del domo.

2) El diapirismo de la sal, que aunque aprovecha zonas de debilidad de las rocas suprayacentes, no deja de obrar como intrusivo, produciendo una fuerza de empuje, que a su vez genera una gran tensión sobre las capas sedimentarias y que en ocasiones llega a fracturarla y a formar fallas normales.

La presencia de estas fallas en el domo de Jáltipan se han detectado por geología superficial, y la geología del subsuelo ha mostrado evidencia de las mismas, por la presencia de milonitas o relices planchados (en los núcleos obtenidos en la perforación de pozos). Se sabe que salvo casos muy notables, las fallas dentro del casquete son difíciles de determinar, porque siendo el casquete de carácter plástico enmascara las fallas resultantes de estos movimientos de la sal.

Geomorfológicamente se pueden reconocer las fallas, mediante formas topográficas predominantes, a manera de alineaciones anormales de lomeríos, zanjas que cortan terrenos de diferentes materiales, desniveles topográficos por corrientes de agua que aprovechan las fracturas; este último caso sirve para demostrar lo dicho en el caso particular de Jáltipan, pues con base en la tendencia del Arroyo Chacalapa, se puede observar su posición casi en el centro del domo. Finalmente se puede comprobar la existencia de fallas, que no se pueden definir pero que sí son evidentes sus efectos.

Se consideran dos causas fundamentales en la tectónica de la Cuenca Salina del Sureste de México la cual contribuye en la Geología Estructural: a) La Orogenia Laramídica y b) La Tectónica Salina.

Los elementos del basamento que intervinieron en la tectónica de esta zona son, entre otros: El macizo de Chiapas y Oaxaca, en el Sur; el macizo de San Andrés Tuxtla, en el NW; y el probable bloque de basamento en el Golfo de México. Los movimientos del macizo de Chiapas y Oaxaca hacia el Norte, durante el Terciario, deben de haber plegado los sedimentos del Triásico-Jurásico y del Cretácico, formando los anticlinales normales y amplios, y las fallas transversales dentro y fuera de la cuenca. Estos movimientos orogénicos favorecieron los movimientos de la sal.

Los factores responsables que dieron lugar a la formación de la Cuenca Salina del Istmo, fueron para empezar dos periodos de intensa actividad tectónica, que

permitieron a la vez la depositación de la sal y las demás formaciones sedimentarias, dichos períodos son:

1.- La gran orogenia de los apalaches a fines del Paleozoico, que dió principio a mediados del Pensilvánico, hace aproximadamente 1,250 millones de años y que continuó a través del Pérmico. Dicha orogenia dio lugar a una faja del mismo nombre que se extendía desde la parte Norte de Groenlandia, Nueva Escocia, Nueva Inglaterra, Montes Apalaches, Montes Ouchita entre Kansas y Oklahoma, Montes Orbukle del sur de Oklahoma, Montes Maratón del poniente de Texas y continua a lo largo de México, hasta la parte Sur del Istmo de Tehuantepec en donde se desvia hacia el Sureste con rumbo de las Antillas.

Esta gran faja orogénica dio lugar hacia el oriente a una gran cuenca sedimentaria en la actual planicie costera del Atlántico y del Golfo.

El clima desértico de la época, las condiciones de la estabilidad tectónica posteriores a la orogenia de los Apalaches y la formación de archipiélagos y golfos en los bordes de las depresiones fueron los factores determinantes para la depositación química de grandes espesores de sal, anhídritas y otras evaporitas procedentes de las sales disueltas en el agua de mar, las cuales fueron depositadas casi en forma continua por la concentración de la salinidad del agua del mar al entrar a la cuenca cerrada, cuya conexión con el mar era únicamente a través de canales angostos y poco profundos que impedían la circulación libre del agua (ver. Figura No. IV.2) (Ulrich Hungsberg, 1958).

Las condiciones estructurales favorecieron para la formación de calizas (Sierra Madre y Chinameca), en las partes poco profundas y en ocasiones sobre la sal.

2.- A fines del Cretácico la Orogenia Laramide incrementó y modificó el tectonismo de la cuenca, la que empezó a recibir gran volumen de materiales clásticos (arenas y arcillas), terminando la depositación de la sal.

3.- La mayor aportación de sedimentos que recibió la cuenca, fué durante el Terciario, debido a una gran subsidencia ocurrida principalmente en la parte oriental con la que se cubrieron por completo las masas salinas.

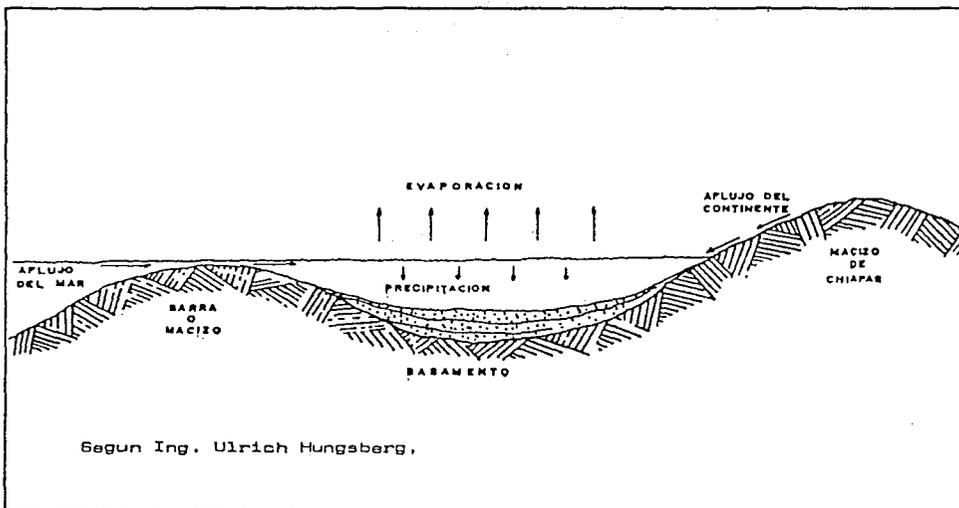


FIGURA IV.2

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
FORMACION DE LA CUENCA SALINA DEL ISTMO	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

## IV. C DOMOS DE LA CUENCA SALINA DEL SURESTE DE MEXICO.

### MECANICA DE LA FORMACION DE LOS DOMOS.

Es necesario distinguir entre domos y anticlinales salinos, ya que éstos encuentran una explicación en esfuerzos tangenciales semejantes a los que originan las demás estructuras anticlinales.

De la descripción de las estructuras salinas se infiere que son de tipo dómico diapírico ya que dicho diapiro lo constituye el núcleo de sal que se encuentra en ellos.

Las estructuras salinas se han estudiado desde el siglo pasado en Estados Unidos, Alemania, Persia, etc.; se han formulado varias teorías acerca de su formación, a medida que ha progresado el conocimiento de sus características. En un principio se pensó que eran de origen volcánico; a principios del actual siglo, se creía que se debían únicamente a depositaciones de sales en solución y ahora las explicaciones más acertadas consideran que se debe al escurrimiento de sal o bien, debido a movimientos tectónicos.

Actualmente las estructuras de tipo dómico-diapírico, se explican por escurrimiento de la sal bajo la acción de esfuerzos verticales, con base en una de las dos teorías siguientes: 1.- La de crecimiento descendente y 2.- La de crecimiento ascendente intrusivo.

Ambas parten de la existencia de un depósito salino en el que la sal, bajo la influencia de presiones originadas por diferencias de densidad entre ellas y los sedimentos suprayacentes, así como de la temperatura, la presencia de fluidos y el transcurso del tiempo, se comporta plásticamente y escurre para el restablecimiento de las condiciones de equilibrio.

Las estructuras producidas de acuerdo con ambas teorías son semejantes y no se excluyen mutuamente, sino que es probable que en ciertas condiciones predomine la primera y en otras la segunda; especialmente como la relación fricción fuerza, es mayor en los domos pequeños que en los grandes, es probable que la primera teoría se aplique mejor a la formación de los domos salinos pequeños.

La primera teoría propuesta por Donald C. Barton (1933-1936) en Murray (1966), explica la mecánica de la formación de los domos salinos de la costa del golfo (Figura N°. IV.3). Esta teoría sostiene que la sal se deposita originalmente en forma horizontal, pero después, ya sea por ligeros esfuerzos tangenciales o por erosión, se forman pequeñas elevaciones que serán el punto de partida del domo; la cuenca de depositación comienza a hundirse más aprisa que cuando se precipita la sal y de la misma manera recibe sedimentos que van cubriéndola; la acumulación de dichos sedimentos es un poco más notoria en los flancos, pues la sal tiende a sostenerse alto como si flotase; toma sucesivamente los perfiles iniciados en las etapas I, II, III y IV de la Figura IV.3; la sal del lecho madre va alimentando al domo por abajo, con movimiento horizontal, en tanto que los sedimentos van aumentando de la diferencia de la carga sobre el domo y sus alrededores por hundimiento del basamento.

La alimentación del domo termina cuando el espesor del lecho madre se aproxima a cero, cuando alcanza el equilibrio isostático entre la columna de la sal y la de sedimentos o bien cuando cesa el hundimiento de la cuenca.

Para que se inicie, dado que la sal tiene una densidad de 2.2 y la de los sedimentos varía de 1.7 a 2.0 en la superficie y de 2.4 a 2.8 en la profundidad (subsuelo), es necesario una cierta cubierta de sal.

El aspecto más ventajoso de esta teoría, es que exige fuerzas mucho menores para vencer la fricción entre la sal y los sedimentos.

La segunda teoría propuesta por L.L. Nettleton en (1934-1936) en Murray (1966), está sujeta a análisis experimentales por numerosos investigadores. Dicha teoría sostiene que la fuerza creadora del domo se deriva de la diferencia de densidad entre la sal y los sedimentos, la cual impulsa a la primera capa a plegarse e intrusar los sedimentos que la cubren, elevándose sobre el lecho madre después que éste alcanza una profundidad suficiente para que dicha fuerza pueda vencer la resistencia que le opone la cubierta sedimentaria.

Es necesario también que la superficie original del lecho madre presente algunas elevaciones. La forma final del domo dependerá de la configuración inicial de la sal, del espesor del lecho madre, de la resistencia de las rocas suprayacentes y de la viscosidad de la sal.

Nettleton (1936), en Murray (1966) presenta 3 ejemplos hipotéticos, para mostrar como se pueden originar estructuras columnares, intermedias y amplias.

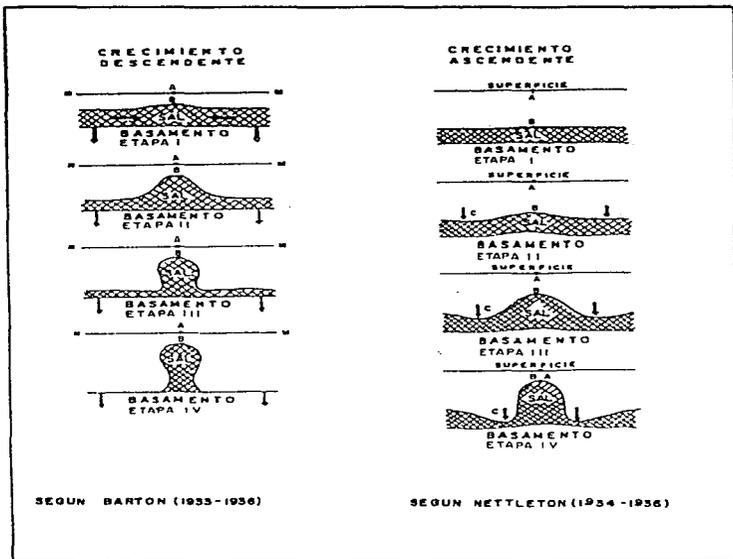


FIGURA IV. 3

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
TEORIAS DE FORMACION DE DOMOS SALINOS	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

La diferencia fundamental entre las dos teorías es, que en la primera, la distancia AB, se mantiene constante y el domo crece de arriba a abajo, en tanto que en la segunda teoría la distancia AB disminuye al desarrollarse el domo y el crecimiento es de abajo hacia arriba. A es un nivel de referencia, que puede ser el nivel del mar, (Figura No. IV.3).

Si se toman en cuenta los caracteres de los domos de dicha cuenca, existe inclinación para aceptar como dominante la segunda de las teorías, sin excluir la posibilidad de que la primera teoría halla influido en parte. La intrusión no debió haber sido instantánea, sino progresiva, que se inició en el momento que hubo la suficiente carga de sedimentos sobre la sal.

Los domos de la parte central de la cuenca encuentran fácil explicación con estas teorías; inclusive, su distribución se puede comparar con la obtenida en algunos experimentos en modelos a escala hechos con asfalto y lodo de arcilla, barita y agua.

De acuerdo con estos experimentos y las dimensiones de los domos de Zanapa, El Plan, La Venta, etc., Contreras y Castellón (1960), dedujeron un espesor del lecho madre de 2000 m, en común acuerdo con algunas estimaciones hechas por otros geólogos, atribuyendo al domo de Zanapa un papel de domo principal y a los demás que lo rodean un papel secundario. Sin embargo, el espesor debe variar en las diferentes partes de la cuenca, pues el hecho de que los domos sean más abundantes y grandes en Veracruz que en Tabasco, puede deberse no sólo a que la menor profundidad los hace más notables, sino también a que su fuente de alimentación sea mayor, es decir, a que el espesor del lecho madre de la sal, sea en Tabasco más delgado.

La orientación de los domos de esta región y sus formas, dejan ver que se originaron por esfuerzos exclusivamente verticales, pues aunque hubo esfuerzos tangenciales, estos son de menor tamaño.

Las grandes masas de sal de occidente, son más difíciles de explicar por su tamaño, pero siguen teniendo carácter intrusivo con esfuerzos tangenciales NW-SE, poco intensos, contra el macizo de San Andrés.

En resumen, estos sedimentos obedecieron fundamentalmente al empuje isostático de los sedimentos sobre la sal.

## IV.D SECUENCIA LITOLÓGICA DE LOS DOMOS SALINOS.

En la porción occidental de la Cuenca Salina del Istmo se ha encontrado que en la cima de los domos afloran rocas del Oligoceno, con un espesor muy reducido (frecuentemente lo subyace un espesor pequeño del Eoceno).

En otras partes de la misma Cuenca, los domos subyacen a sedimentos que van del Jurásico Superior al Cretácico Inferior. Un ejemplo de este tipo se localiza en Chinameca, Ver., donde podemos encontrar sedimentos del Mioceno, Oligoceno, y Eoceno, pero el ejemplo más típico se encuentra en el domo de Jáltipan donde afloran sedimentos que van del Plio-Pleistoceno, Mioceno y Eoceno (Figura No. IV.4).

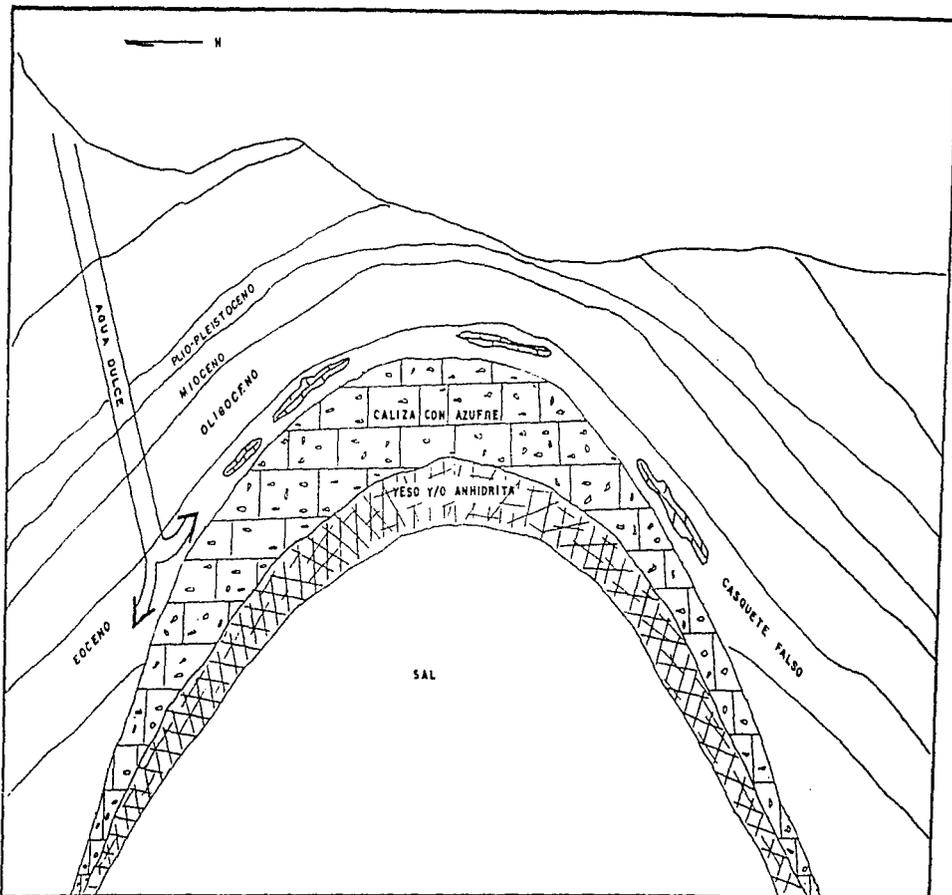
En seguida de estos sedimentos, frecuentemente se encuentra una pequeña zona de sedimentos calcificados denominados "Casquete Falso", inmediatamente después, encontramos el casquete propiamente. En caso de que se tratará de un domo con casquete de azufre, éste se encuentra dividido por lo general en 3 zonas apreciando de arriba hacia abajo como sigue (Figura N°. IV.5):

- 1.- Zona de caliza cavernosa y brechoide con poco contenido de Azufre e impregnaciones de asfalto la cual se denomina caliza esteril.
- 2.- Zona intermedia o de caliza con Azufre, en donde se encuentran concentraciones comerciales del metaloide, en esta zona igual que en la anterior se aprecian impregnaciones de asfalto.
- 3.- La tercera zona y última, está constituida por yeso y/o anhídrita masiva.

El espesor del casquete en un domo es bastante variable, oscila entre unos metros o, más de 100 , con intercalaciones de lutita negra.

Hay sitios donde no se encuentra la caliza en los domos, lo mismo pasa con su zona intermedia; cuando esto ocurre, el casquete de dicho domo se encuentra constituido por anhídrita pura, yeso y algo de selenita en la parte superior.

Hasta la fecha no se conoce el espesor de la sal ya que no se ha podido perforar hasta su base, sin embargo, por las perforaciones hechas por PEMEX, se supone que va más allá de los 4000 m. Esta suposición puede ser incorrecta, pues existe la



SECCION SUPUESTA DEL DOMO DE JALTIPAN

FIGURA IV.4

U. N. A. M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCION SUPUESTA DEL	
DOMO DE JALTIPAN	
ESCALA APROXIMADA	1:10,000
ANDRACA SANCHEZ H.	1966

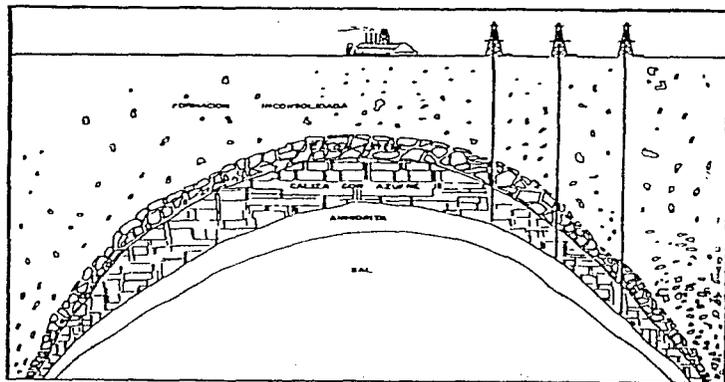


FIGURA IV.5

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECUENCIA LITOLOGICA DE UN DOMO SALINO	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

posibilidad de que el núcleo de la sal, ya se haya desprendido de la capa de la sal madre, que en tal caso, dicho espesor puede ser relativamente menor al que se supone.

## CAPITULO V

### V GEOLOGIA ECONOMICA Y METODO DE EXPLOTACION

#### V.A METODO DE EXTRACCION DEL AZUFRE.

##### BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO FRASH.

El doctor Herman Frash, químico Alemán migró a los Estados Unidos en 1870, y el 20 de Octubre de 1890, solicitó registro de patente del proceso para la extracción de Azufre localizado en los casquetes rocosos (cap-rock), que se habían descubierto durante las primeras exploraciones petroleras realizadas sobre los domos salinos en los estados de Texas y Louisiana. A este método se le denominó Proceso Frash.

Frash ideó este proceso para extracción del azufre, con base en sus propiedades físicas, que le permite ser fundido a relativamente baja temperatura dentro del yacimiento y separarse de las rocas a las que está asociado, en forma pura al momento de licuarse; se separa del agua que existe en el yacimiento por su mayor densidad, y se colecta en el fondo de los pozos de inyección de agua caliente, desde donde era posible bombarlo a la superficie. Sin embargo Frash tuvo que experimentar mucho para encontrar la forma de controlar y dirigir el flujo del agua sobrecalentada inyectada, colocando el calor que lleva el agua en la zona adecuada y aprovecharlo, con buena eficiencia; controlando también la presión a la que se somete al yacimiento, al inyectar un gran volumen de agua sobrecalentada.

El proceso para la extracción de azufre concebido por Frash, consistía en perforar pozos en el domo salino con azufre, para determinar las características del yacimiento y su contenido de azufre, y una vez conocidas las áreas por explotar, Frash planeaba inyectar agua sobrecalentada a 160° C, por algunos pozos, para que fluyendo el agua caliente a través de la zona mineralizada de caliza con azufre, la caliente arriba del punto de fusión del azufre (119° C.), para fundirlo y poderlo extraer a la superficie en estado líquido, a una temperatura entre los 130° y los 135° C.

Pronto se dió cuenta Frash, que debía resolver el problema de la hidrodinámica del yacimiento, para lo cuál perforo pozos de sangría o desfogue del agua del domo, en la parte más profunda del yacimiento, con el objeto de extraer agua fría, y permitir que todo el calor del agua inyectada fuese transmitido al yacimiento para una mayor eficiencia de producción; así se estimula el flujo del agua sobrecalentada flanco abajo de la formación mineralizada con azufre. Para el control de la presión del yacimiento perforó pozos de observación del espejo de agua en la parte más somera del domo, no muy lejos de la zona de producción.

En esta forma Frash completó su proceso, mediante la perforación de pozos a tres niveles diferentes, los más someros ubicados a veces en calizas sin azufre. Para el control de la presión del domo, los pozos de profundidad intermedia fueron los pozos de producción y los más profundos fueron los pozos de sangría o desfogue del yacimiento, por lo que se debe de extraer aproximadamente el mismo volumen de agua que se inyecta al día.

Los pozos de inyección del agua sobrecalentada, mediante un ingenioso sistema de tuberías concéntricas, son también pozos donde se bombea el azufre a la superficie, por lo que son conocidos como pozos de producción. Estos pozos se perforan formando un frente de producción siguiendo una curva de nivel en la cima de la anhidrita, que es la base de caliza con azufre.

La inyección del agua sobrecalentada es efectuada por medio de pozos que atraviesan a la formación de caliza con azufre del casquete del domo, para fundir el azufre, y aprovechan la buena permeabilidad de la formación caliza que permite el flujo de agua caliente en condiciones hidrodinámicas, controladas por dos formaciones de rocas muy impermeables que cubren a la caliza por encima y por debajo. Estas dos formaciones impermeables son las lutitas terciarias que cubren por encima a la caliza y la formación de anhidrita que le sirve de base. Una vez fundido el azufre en un yacimiento confinado, se separa de la ganga por acción de la gravedad y fluye a través de los poros interconectados de la caliza, yéndose al fondo del pozo por ser el azufre líquido casi dos veces más pesado que el agua. El proceso requiere que el yacimiento se caliente sobre los 130° C. y conserve el calor por largo tiempo para la completa fusión del metaloide.

El agua caliente inyectada al yacimiento a través de los pozos de producción, una vez perdida su temperatura al calentar la caliza del casquete, es extraída flanco abajo del frente de pozos de producción mediante los pozos de sangría o desfogue los cuales se ubican dentro de la misma formación de caliza con azufre, pero a un nivel inferior al que se colocaron los pozos de producción; esto se hace con el objeto de estimular el flujo del agua todavía caliente flanco abajo de la formación, de esta manera se calentará el casquete flanco abajo del frente de producción y

así se pondrá a producir azufre, con el segundo frente, cuando se agoten los pozos del primer frente. Así se logra obtener una mayor eficiencia en la extracción del azufre, al mantener el calor conducido por el agua inyectada, en la parte baja de la caliza con azufre para su fusión completa.

Según Frash, el 95% del agua inyectada se debe recuperar por bombeo de los pozos de desfogue del yacimiento, debe mantener estable la presión en su interior, y evitar una posible ruptura de su cubierta protectora. El 5% restante del agua inyectada es equivalente al espacio dejado por el azufre al ser extraído del yacimiento, incrementa la porosidad de la caliza y la deja como formación agotada (exhausted formation).

No debe haber presión positiva en los pozos de observación de nivel, sino que su espejo de agua debe siempre quedar varios metros abajo de la superficie del terreno. El espejo de agua dentro del casing de estos pozos, sube o baja de acuerdo con la presión hidrodinámica a la que se encuentre sometido el yacimiento, según el balance que resulta de sumar inyección diaria y restar el desfogue diario, cifra que debe aproximarse a cero.

El Dr. Frash inventó un equipo a base de tuberías que van colocadas dentro del pozo productor, para poder inyectar el agua sobrecalentada al domo y poder extraer el azufre fundido de las profundidades de la zona mineralizada, como sigue:

Se perfora un pozo de 12"  $\varnothing$  para producción de azufre, se atraviesa toda la formación de caliza, ya sea estéril o mineralizada con azufre, hasta llegar a su piso, que es la cima de la formación de anhidrita. Se perfora más abajo para comprobar que se llegó a esa roca y que no hay otra capa de caliza con azufre más profunda. Para la perforación de estos pozos se usan barrenas de 11"  $\varnothing$ , o de 12 <sup>1/4</sup>"  $\varnothing$ .

En este pozo se instala una tubería de 8 <sup>5/8</sup>"  $\varnothing$  D.E como ademe, para proteger a las demás tuberías de derrumbes de la pared del pozo, que pueden causar la ruptura de esas tuberías. La tubería de ademe se sienta en la parte superior, pero dentro de la formación de caliza del casquete y generalmente se cementa. La tubería de ademe en ocasiones es doble, con un tubo superficial de 13 <sup>3/8</sup>"  $\varnothing$ , y tubo profundo de 5 <sup>5/8</sup>"  $\varnothing$ .

Posteriormente se instalan tres tubos concéntricos de acero sin costura dentro del pozo. El tubo exterior es de 6 <sup>5/8</sup>"  $\varnothing$  D.E y llega hasta el fondo del pozo en donde

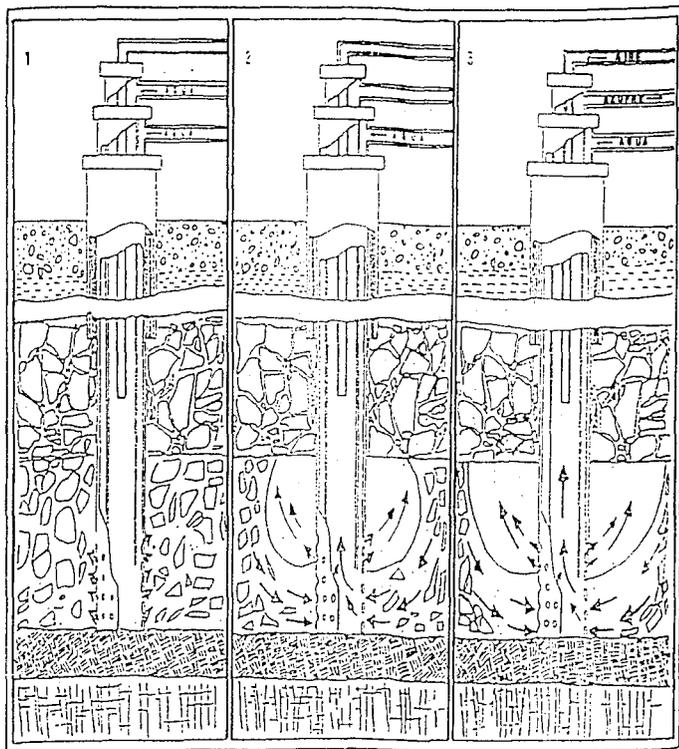
se apoya, en la parte inferior lleva enroscada una doble pichancha con perforaciones como se ilustra en la fig. V.1 . El tubo intermedio es de  $3\frac{1}{2}'' \varnothing$  D.E queda a muy corta distancia del fondo del pozo; termina en un corte de  $45^\circ$  o bisel, y sienta su cople inferior sobre un anillo especialmente construido en la pichancha, que sella perfectamente el espacio anular entre el tubo exterior y el intermedio, como se puede observar en la fig. V.1. Además, se instala un tubo interior de  $12'' \varnothing$  de diámetro, que cuelga dentro del tubo intermedio, y que debe tener una longitud mínima del 70% de la profundidad del pozo, o quedar cuando menos tres metros arriba del anillo de la pichancha mencionada. Este tubo inferior lleva aire comprimido para bombear el azufre líquido en su oportunidad, y no debe llegar hasta el fondo para evitar que el aire comprimido penetre al yacimiento por los agujeros inferiores de la pichancha.

El agua sobrecalentada es bombeada normalmente a través del espacio anular entre el tubo exterior y el intermedio. Durante el periodo inicial de calentamiento se bombea agua sobrecalentada a través del espacio anular entre el tubo intermedio y el tubo interior de  $1'' \varnothing$ . (Figura V.1) **POZO CALENTANDO EL YACIMIENTO etapa 1.** El agua sobrecalentada sale por las perforaciones de la pichancha hacia la caliza mineralizada con azufre y cuando esta roca alcanza una temperatura superior a los  $119^\circ \text{C}$ ., el azufre empieza a fundirse y fluye hacia el fondo del pozo por gravedad como ya se explicó. En seguida el pozo se pone a prueba, cerrando el paso del agua por el tubo de  $3\frac{1}{2}'' \varnothing$  y abriendo su descarga a la superficie, y si dicha prueba resulta positiva, al elevarse la columna de azufre líquido dentro de ese tubo hasta una altura equivalente a la presión del yacimiento en el fondo del pozo, sella el pozo, o sea que no sale agua caliente del yacimiento por la tubería de  $3\frac{1}{2}'' \varnothing$ , por estar llena de azufre líquido forma una columna en equilibrio con la presión del yacimiento, entonces se alimenta aire comprimido por el tubo de  $1'' \varnothing$ , para elevar la columna de azufre hasta la superficie, bombenadolo al hacer mucho más ligera la columna de azufre líquido ( **POZO EN PRODUCCION etapa 3**).

Una vez que se tenía azufre fundido en el fondo del yacimiento, Frash había planeado originalmente elevarlo hasta la superficie, por medio de una bomba de balancín colocada en el pozo productor. Pero en el primer experimento efectuado en 1894, la bomba de balancín solo resistió poco más de 4 horas bombenado azufre, ya que se rompió la varilla de bombeo, por corrosión del  $\text{H}_2\text{S}$  que acompañaba al azufre líquido. Sin embargo esta primera prueba fué un éxito por haberse podido comprobar la teoría en que se baso el proceso Frash.

En un segundo experimento realizado en 1895, se substituyó la varilla original de acero por una de aluminio, más resistente a la corrosión, pero esta también se rompió a la semana de estar bombenado azufre, aún cuando en este pozo se

FIGURA V.1



1.- ESTA FIGURA MUESTRA EL COLENTAMIENTO INICIAL DE LA ZONA CON LA INYECCION A PRESION DE AGUA SOBRECALENTADA POR LAS LINEAS DE 6" Y DE 3" DE DIAMETRO.

2.- COMO SE ESTABLECE UN PUNTO CALIENTE EN EL FUNDAMENTO DEL PUNTO EL ZUPPE EL CUAL SE CONECTA AL PUNTO DE INYECCION POR EL "PUNTO CALIENTE" EN LA LINEA DE 3" DE DIAMETRO. NOTAR QUE PREVIAMENTE SE AGUO EL CUBO CALIENTE POR LA LINEA DE 6" DE DIAMETRO, CULMINANDO SOLO EN LA DE 6" DE DIAMETRO.

3.- EN ESTA FIGURA SE MUESTRA COMO SE CUBRIRIA LA CUBIERTA DE COLENTACION LA INYECCION DE AGUA ALTA PRESION CON EL FIN DE QUE ASCIENDA EL AGUA POR LA PRESION HIDROSTATICA FUERZA.

SEGN ARCHIVO HISTORICO A.P.S.A

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
METODO FRASCH IDEALIZADO
ANDRACA SANCHEZ, 1996

extrajeron cerca de 500 toneladas de azufre en ese periodo, probándose así la bondad del proceso Frash.

A partir de ese momento Frash decidió usar un sistema de bombeo que no tuviese falla, por medio una tubería delgada con aire comprimido a alta presión, para elevar el azufre fundido a la superficie con aire. El bombeo de azufre líquido con aire comprimido dió buen resultado. En el tercer experimento de producción de azufre efectuado en 1896, el pozo empezó a bombear 50 toneladas de azufre/día, durante un mes seis días; en ese tiempo se agotó el pozo después de haber producido casi 1,800 toneladas de azufre.

El aire comprimido permite conocer la altura a la que se encuentra la columna de azufre líquido, determina la PRESION CONTRARIA. Esta se determina dejando que fluya aire comprimido hasta el fondo del pozo, por el tubo de 1"Ø; se cierra el aire para la presión que se obtenga en ese momento esté en equilibrio con la columna de azufre líquido dentro del tubo de 3 1/2"Ø. Mientras más alta sea la presión contraria más elevada es la columna de azufre con mayor sumergencia del tubo de 1"Ø, en el azufre y en consecuencia más fácil su bombeo a la superficie; se requiere menos volumen de aire comprimido aunque a mayor presión. Las lecturas de la presión contraria en los pozos de producción se deben tomar regularmente, ya que al disminuir el pozo se va quedando sin azufre, ya sea por su fusión lenta o porque el pozo se va agotando.

Aparte de los problemas para perforar y equipar los pozos de producción y de desfogue necesarios, Frash tuvo que vencer grandes obstáculos para calentar el agua necesaria para la inyección de los pozos de producción, primero porque no había combustible fácil de conseguir en esa región pantanosa y segundo porque el sistema de tratamiento de agua que se usaba para las calderas, era muy deficiente, y las calderas tampoco duraban en esa época.

La planta de fuerza con la que Frash hizo sus pruebas, consistía de una batería de cuatro calderas viejas de tubo de humo, de 100 caballos caldera de capacidad cada una. El vapor generado por estas calderas pasaba por un cabezal y de ahí a un calentador de agua, el cual era un tubo cilíndrico colocado verticalmente de 30"Ø de diámetro y 202 m de altura. En su interior este calentador tenía un conjunto de charolas perforadas colocadas escalonadamente, para que el agua fría, alimentada por la parte superior entrara en contacto con el vapor, alimentado en contracorriente y lentamente se fuera calentando hasta los 160° C (320° F). El agua utilizada provenía de un pantano cercano al pozo y sin tratamiento alguno, era bombeada por la parte superior del calentador, saliendo por la parte inferior directamente al pozo. El tanque calentador de agua tenía exteriormente cables de acero enrollados, para darle resistencia, mezclados con capas de cemento portland como aislamiento.

Con el análisis de la instalación original Frash, se puede saber que con sus cuatro viejas calderetas, la máxima cantidad de calor que podía transmitir con el vapor generado sería:

1 Caballo caldera equivale a 33,475 BTU/Hr.

400 Caballos caldera equivalen a 13' 390,000 BTU/Hr.

Igual a 3' 374,280 Kilocalorías /Hr.

De acuerdo con el calor específico y la densidad del agua que es sobrecalentada, un galón de agua a 11 Kg/cm<sup>2</sup> de presión y 160<sup>o</sup> C de temperatura conduce una cantidad de calor igual a 434 kilocalorías (1700 BTU) aproximadamente.

Resultado: 3'374,280 Kcal./Hr. / 434 Kcal/Gal. = 7,775 Gal/Hr.

o sea: 7,775 Gal/Hr. \* 24 Hrs. = 186,600 Gal/Día.

Como tenía un aislamiento pobre y parte del vapor se usó para mover las bombas de agua, Frash solo tenía capacidad para calentar aproximadamente 150,000 Gals./día=567,750 Lts/día. Con este volumen alimentó a un solo pozo y casualmente logró tener éxito ya que ahora con muchos años de experiencia de este proceso, se ha determinado que la cantidad de agua sobrecalentada necesaria para inyección a un pozo productor de azufre con buena eficiencia, debe ser del orden de 20,000 Gals/día.

El combustible utilizado en esa planta era leña, en los primeros dos experimentos y carbón mineral en el tercero; pero como este último combustible provenía de lugares lejanos resultó muy costoso, por lo que hubo que suspender las operaciones por algún tiempo, hasta que la producción de petróleo barato y fácil de transportar volvió económico el proceso Frash.

Así en 1903, Frash construyó una planta de fuerza de mayor tamaño, que proporcionaba agua caliente a varios pozos, y con un mejor tratamiento del agua utilizada en el proceso, logró establecer una producción de azufre estable con un indiscutible éxito económico en su empresa.

A partir de ese momento se inició el desarrollo tecnológico del proceso Frash, tanto en la perforación y equipamiento de pozos, como en los procesos de extracción y calentamiento de agua. Se empezó por darle importancia al mejoramiento de la eficiencia térmica; así se logró que una mayor cantidad del calor liberado por el combustible al quemarse quedara en el agua. Para esto primero se introdujo la caldera de tubos de agua, más eficiente que la antigua de tubos de humo, con el uso de economizadores, para precalentar el agua cruda, y con el aprovechamiento del calor de los gases de escape de las chimeneas de las calderas. Posteriormente se desarrollaron los calentadores de fuego directo tipo Thermotics, con precalentadores y economizadores, evitando la generación de vapor con sus consecuentes pérdidas de calor, y se logró mejorar mucho la eficiencia de calentamiento del agua para el proceso Frash. Además las empresas Duval y Pennzoil Sulphur Co. desarrollaron un nuevo proceso de tratamiento del agua salada del desfogue del mismo yacimiento, para ser sobrecalentada y reinyectada al yacimiento, con el que se obtuvieron varias ventajas por tener el agua salada mayor densidad y calor específico más elevado que el agua dulce. Además se disminuye mucho el consumo de agua dulce y no hay contaminación de las corrientes superficiales de agua, porque no se tira el agua de desfogue.

Ultimamente se ha introducido la automatización de los procesos tanto de extracción de azufre como de calentamiento de agua en las plantas, con lo que se llega al control de estos procesos por sistemas computacionales (expert Process Operation Advisor), con los cuales se ha podido disminuir el personal que efectuaba las operaciones para la producción de azufre por el proceso Frash.

Actualmente el agua de los pantanos ha sido substituida por agua tratada químicamente; se elimina toda su dureza y su turbidez así como los gases que puede llevar disueltos y que causen corrosión, como el oxígeno y el anhídrido carbónico; se controla su pH, para que el agua tratada resulte totalmente inofensiva para los equipos que la calientan y la bombean, así como para las tuberías por donde es conducida hasta los pozos.

Con el desarrollo tecnológico moderno que ha tenido el proceso Frash, se han obtenido las siguientes ventajas:

1.- Mayor eficiencia térmica en el calentamiento del agua, se usan 2.4 pies cúbicos de gas natural por galón de agua. Se requieren 2,400 Btu. para calentar 1 Gal. 165 °C (75 % Ef.) equivalente a 605 KCal. por Gal. de agua a 165 °C.

2.- Menor número de personal requerido en la operación. Con automatización se reduce a la tercera parte.

3.- Menor inversión en el costo de los equipos. Los calentadores modernos cuestan un 50 % menos.

4.- Menor tiempo para construir las instalaciones con Comprando el equipo se reduce de 2 años a 6 meses.

5.- Menor contaminación ambiental al reciclar el agua de desfogue para su calentamiento y reinyección al yacimiento.

6.- Mayor elasticidad en el uso y distribución del equipo.

7.- Mejor supervisión de la operación automatizada y controlada por sistema de computadora.

Actualmente se usa gas natural para calentar el agua utilizada en el Proceso Frasch, en casi todas las minas de Azufre que están en producción. Sin embargo este combustible tiene la tendencia a volverse cada día más caro y escaso, por lo que el desarrollo tecnológico del futuro buscará nuevas fuentes de energía para las plantas de fuerza de la industria extractiva del Azufre Frasch, si su economía lo permite.

## V.B. CALCULO DE RESERVAS

Para cualquier yacimiento mineral, el cálculo de reservas es un factor muy importante para la planeación de nuevas plantas, así como la vida económica del área en explotación. Para el caso de los domos en estudio en el presente trabajo, el cálculo de reservas es imprescindible, ya que se presentan aspectos variados.

El domo de Jáltipan es la zona más explotada; su explotación se inició el 1 de Noviembre de 1954, en el área No. 1, lotes 21 y 22; el 1er. pozo productor fue el No. 9 que dió una producción total de 1253 toneladas.

A continuación se muestra un análisis del estado actual del yacimiento de Jáltipan, enfatizando una a una las áreas que conforman dicho yacimiento, como se muestra en el plano de configuración de la cima yeso y/o anhidrita del domo de Jáltipan (anexos: planos y secciones)

### AREA 1

Esta área fué la primera que se puso en explotación en 1954 y está conformada por los lotes 13, 14, 15, 20, 21, 22, 25, 26, y 27.

Está agotada en su mayor parte, los lotes 15, 21, 26 el lote 27 se encuentran agotados en un 75% aproximadamente; solo queda un pequeño remanente de azufre muy difícil de recuperar debido a una complicación estructural que no permite aplicar el sistema Frash con eficiencia. Los lotes 22, 13, y 14, ya han sido explotados; sin embargo la dificultad de dicha explotación ha causado que en repetidas ocasiones se dejen de explotar para irse a áreas de más fácil extracción, por lo que aún cuentan con un remanente minable considerable.

Los lotes 20 y 25 localizados en la parte más somera, fueron explotados en 1968, con muy malos resultados, en cuanto a recuperación del mineral y a eficiencia. Esto se debió a que simultáneamente flanco abajo había un frente de explotación y los lotes 20 y 25 no tenían desfogue, por lo que estaban sujetas a una presión y desplazamiento de agua causados por el paso de una corriente, provocada por la inyección de agua caliente en el frente de explotación de abajo y la zona de menor presión localizada en las fugas, flanco arriba de los lotes 20 y 25.

Al no estar produciendo flanco abajo, se aprovechó de esta condición, armando un frente de producción con un frente de desfogue equivalente. Este arreglo, permitió extraer Azufre de estos lotes con buena eficiencia.

## AREA 2

Esta área se compone de la parte Sur del lote 37, parte sur del lote IJ, parte este del lote J, lote 4J, lote 1 y parte del lote 22, así como el lote 5J; esta área fue considerada como soporte durante los años de producción de la misma; de 1974 a 1984, la extracción del Azufre la ha agotado totalmente, quedando a la fecha pequeños remanentes en el lote 5J, J y 4J. La explotación de desarrollo ha abierto las posibilidades de aumentar hacia el Este un poco el límite de mineralización y por tanto la extracción en el lote 4J.

Las mayores reservas de esta área se localizan en las partes Sur del lote J, y en la parte Este del lote 22. En estas zonas hubo gruesos espesores de caliza altamente mineralizados que permitieron que esta área fuera considerada soporte por aproximadamente 3 años durante la década de los 90's, pero dado lo reducido del área y la gran extensión de formación agotada bajaron tanto la eficiencia como los volúmenes de producción, teniendo que dejar dicha área.

## AREA 3

Comprende los lotes 35, 36, 45 y la parte Norte del IJ y del 37. Esta área está totalmente agotada, aunque quedan remanentes considerables, en cuanto a volumen, su ubicación es complicada y dispersa, gran parte, se encuentra bajo instalaciones, que no es posible mover y si dañarlas si se extrae dicho azufre (por ejemplo la Planta de Fuerza). Probablemente cuando el yacimiento de Jáltipan decline de tal manera que se tenga que hacer una recuperación secundaria, que exigirá altos costos y una modificación al clásico Sistema Frasch, se pueda recuperar una parte de este Azufre. Obviamente requerirá una planeación muy detallada.

## AREA 4

Totalmente comprendida en el lote 2J, se le extrajo aproximadamente el 70%, del total de sus reservas. Su posición estructural y arreglo de la mineralización, la hacían casi un área confinada. Lo que dificultó su total explotación dejando remanentes que en condiciones ideales serían recuperables, es decir, al no haber continuidad aparente de la caliza hacia el Este fue imposible desfogar provocando presiones en los pozos de producción que hacían que el Azufre no fluyera, haciendo muy difícil su extracción.

Con el programa de exploración de desarrollo de 1981, se abrió la posibilidad de recuperar estas reservas, pero se requiere mayor información del subsuelo y se hace necesario contar con recursos adicionales que aún no se tienen.

## AREA 5

LLlamada también Potrerillos, está formada por los lotes P y 5P. Contiene una buena cantidad de reservas "IN SITU" , pero se prevén dificultades de extracción, en virtud de su posición estructural y la presencia de hidrocarburos en gran cantidad.

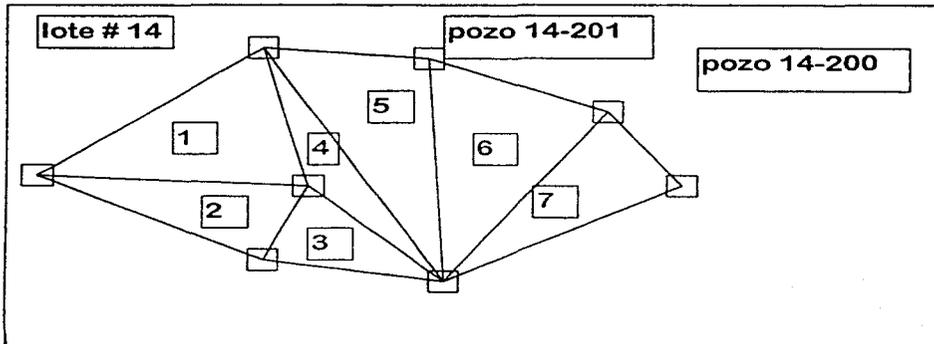
Se ha dejado esta área para una etapa final, pues aunque nunca se ha explotado, su localización la hace un poco complicada. Ya se están haciendo los estudios para su próxima explotación.

Está aproximadamente a 3 Km. de la planta, hay que cruzar el arroyo Chacalapa y está en terrenos ejidales.

Hay fugas hacia la superficie de hidrocarburos, por lo que se presume que al inyectar agua caliente, ésta también fluya.

Para el cálculo de reservas, dentro de las Azufreras, se utilizan dos métodos que a continuación se mencionan.

**Método por triangulación de pozos.-** Este método se utiliza cuando el Azufre se explota por medio de pozos (Método Frascch) y conforme más pozos se tienen, es mejor ya que da una mayor aproximación a la cantidad real de mineral (Volumen real en el subsuelo). El método consiste en hacer triangulaciones en un plano con las distancias entre los pozos como se muestra en la siguiente figura.



$\pi r^2 \times 2.06 \times E. E. A. S. =$  Reserva Estimada por pozo

Con estas distancias, se emplea la formula arriba descrita donde:

$$\pi = 3.1416$$

$r$  = viene siendo la mitad de la distancia entre el pozo el cual se va a estimar la reserva y el pozo al cual se va a triangular (por lo menos deben de ser tres).

2.06 = es la densidad promedio del Azufre.

E.E.A.S = Espesor Estimado de Azufre Solido. Tambien se le llama Azufre estimado en muestras (núcleos) y se hace en cada pozo; se obtiene un porcentaje visual de Azufre en la caliza y se multiplica por la distancia o espesor de la caliza.

Como un ejemplo de la forma de trabajar con estos datos, se efectuó el cálculo de reservas del lote N° 14 del domo de Jáltipan. (Plano de triangulación para el cálculo de reservas, anexo planos y secciones y Tablas V.1 Y V.2 Apendice A) .

Los datos fueron obtenidos del plano de configuración anhidrita segunda capa y los cálculos fueron hechos utilizando una computadora . Con los valores promedios tanto de E.E.A.S para cada triángulo que se numera en el plano (ya que se usa la fórmula de base por altura dividido entre 2 para calcular el área del triángulo pero para obtener su volumen se multiplica por un valor promedio de E.E.A.S de los tres pozos afectados por el triángulo que se le vaya a obtener su reserva y lo multiplicamos por 2.06 ). Entonces se hace la suma de todos los valores de reservas por triángulo y al final de los cálculos, al total de dicha reserva se resta del total de reservas probadas del lote 14 que se hizo para la primera explotación, después se resta el total de la producción extraída hasta el día de hoy y así finalmente se obtiene el total de reservas actuales IN SITU.

**Método por planimetro.-** Consiste en hacer configuraciones pro-lote de Azufre neto y evaluar las áreas por medio de un Planimetro, calculandose cantidades que también son bastante buenas; las variaciones se presentan en función de la persona que configura los datos de azufre neto y la forma de utilizar el planimetro. (Se anexa plano de configuración de Azufre neto lote N° 14, anexo planos y secciones).

## V.C EXPLOTACION DE UN FRENTE DE PRODUCCION

En la práctica, para explotar el yacimiento, el cual es muy grande, se ha dividido en lotes, cada lote mide aproximadamente 10 Kms. por lado y no necesariamente todos son de las mismas dimensiones (Plano de configuración de la cima yeso y/o anhidrita del Domo de Jáltipan anexo planos y secciones). Esta división en lotes fué hecha por los dueños anteriores con base en los pozos exploratorios y todavía se usa en la actualidad. Para la explotación de un lote se requieren elementos exteriores muy importantes como son :

- Presa de Almacenamiento de Agua
- Planta de Fuerza
- Planta de Calentadores
- Planta de Filtros
- Estaciones de Control (Relay)
- Pozos de Producción
- Pozos de Desfogue
- Pozos de Exploración
- Almacenaje y Transporte del azufre
- Control Geológico (Geología del subsuelo)

## PRESA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Como elemento básico, se debe contar con una fuente de agua, en forma abundante e ininterrumpida. En el caso del domo de Jáltipan se cuenta con una presa artificial, la cual se mantiene a su máxima capacidad por medio de bombas que proporcionan agua proveniente del Río Chacalapa.

## PLANTA DE FUERZA

Esta planta, tiene como objetivo la generación de energía eléctrica, vapor, agua sobrecalentada a 160° C en grandes volúmenes (que servirá para fundir el azufre que yace en el subsuelo) y de aire comprimido (que se usará para elevar ese azufre fundido a la superficie).

La capacidad máxima actual de esta planta es de :

- Vapor producido : 6'360,000 Kg / Día
- agua a Mina : 6'182,488 Gals / Día
- Energía Eléctrica : 50,000 Kw / Día
- Aire Comprimido : 160,000 m<sup>3</sup> / Día

Se cuenta para el desarrollo de estas funciones con el siguiente equipo: 9 calderas, 5 calentadores, 12 compresores, 3 turbogeneradores, 1 motogenerador, 1 planta de tratamiento de agua y un equipo de turbobombas y de control.

El proceso de la planta de fuerza es el siguiente:

El agua cruda empleada en la planta proviene del Río Chacalapa y es bombeada a la presa por tres bombas verticales. De la presa, fluye el agua por gravedad a dos cisternas a las que están conectadas las succiones de las bombas de agua cruda; éstas envían el agua a los economizadores o chimeneas de las calderas donde el

agua cae desde la parte más alta en forma de lluvia, que se calienta por contacto directo con los gases de escape que ascienden. Ya en los economizadores, el agua alcanza una temperatura aproximada de 50° C. El agua cruda precalentada, se acumula en la parte inferior de los economizadores que están dotados cada uno de controles de nivel automático.

De los economizadores, el agua pasa a los cabezales de succión de las bombas que alimentan a los suavizadores, los cuales están dotados de controles de nivel automático, así como de medidores de flujo de orificio integradores. Estos medidores envían, con una frecuencia proporcional a su flujo de alimentación, señales a un sistema de dosificación de lechada de cal y carbonato de sodio (reducción de dureza) por un lado y sulfato férrico (coagulación) por el otro lado.

La lechada y el sulfato férrico son añadidos a los suavizadores, proporcionalmente a la alimentación de agua de cada uno de ellos, y de acuerdo con el análisis químico del agua cruda; las purgas continuas de calderas son retornadas a los suavizadores, para elevar la temperatura del agua cruda de 50°C a 105°C y con el vapor de escape de las máquinas y del vapor vivo adicional necesario. El agua es tratada para reducir su dureza, su turbidez y desaerada. El agua pasa entonces por los filtros para efectuar su clarificación.

El agua tratada pasa a los cabezales de succión de bombas dividiéndose aproximadamente de la siguiente manera :

- Alimentación de Calentadores 70%
- Alimentación de Calderas 30%

Al agua de alimentación de calderas se le inyecta a intervalos fijos, en la succión de bombas de alimentación de calderas, la solución de sustancias necesarias para el tratamiento interno de calderas (Hexometafosfato de sodio, Sulfito de sodio, Nitrato de sodio y Sosa Cáustica) . La batería de calderas cuenta con una capacidad total de 344 toneladas métricas de vapor saturado por hora, a 9 Kg / cm<sup>2</sup>.

Del vapor producido por la batería de calderas, las diferentes máquinas consumen aproximadamente los siguientes porcentajes, a una carga diaria de 4 \* 000,000 de galones de agua a minas:

- Calentadores 43 %
- Compresores 15 %
- Turbogeneradores 9 %
- Bombas, Equipo 24 %  
auxiliar y perdida
- Vapor adicional a 4 %  
suavizadores
- Vapor al campo 5 %

Los calentadores producen agua sobrecalentada a  $12 \text{ Kg / cm}^2$  y  $162^\circ \text{ C}$  por contacto directo entre su alimentación de agua tratada y vapor vivo. El agua es entonces bombeada al campo a una capacidad máxima de 6 '182,488 galones diarios. El agua sobrecalentada es inyectada directamente a los pozos de azufre.

Los compresores producen aire comprimido aproximadamente a  $40 \text{ Kg / cm}^2$  que se utiliza para el bombeo del azufre y el agua de desfogue, así como en la planta de filtración.

Los turbogeneradores producen la energía eléctrica necesaria para el equipo eléctrico de todas las instalaciones de la compañía.

El vapor de escape de las máquinas de vapor en ocasiones no es suficiente para precalentar el agua cruda, por lo que se hace necesario inyectar a los suavizadores, a través de válvulas reductoras, vapor vivo adicional.

La Planta de Fuerza provee al campo el vapor necesario para uso en serpentines de azufreductos y tanques de almacenamiento, chaquetas de vapor, etc., así como con agua de servicio a  $10 \text{ Kg / cm}^2$ .

## PLANTA DE CALENTADORES

En 1967, en virtud de haberse cubicado un mayor número de reservas en este yacimiento, se decidió construir una segunda planta con tecnología más avanzada a este tipo de mina; esta planta se denominó planta de calentadores, y se terminó en el año de 1968.

La planta consta de 8 calentadores, 6 compresores, 2 clarificadores, 5 filtros, 10 suavizadores (intercambiadores de zeolita), y 2 desaereadores, la capacidad de generación de agua sobrecalentada ( $100^{\circ}\text{C}$ ), es de  $4 \cdot 100\,000$  Gals / Día.

La planta de calentadores usa para su suministro de agua, 4 bombas verticales del tipo pozo profundo, las bombas descargan su gasto en una sola línea que lleva el agua a un tanque o canalón de mezcla, donde se le inyecta el coagulante.

El agua así mezclada pasa a 2 tanques clarificadores donde se le somete a un proceso de clarificación en frío, para eliminar los materiales que le producen turbidez; el agua que sale de los tanques clarificadores pasa por 5 filtros de arena para quitarle aquellas partículas en suspensión que no fueron precipitadas en el proceso de clarificación. Después de los filtros de arena, pasa a un tanque colector de agua limpia ya filtrada.

De este tanque, el agua es impulsada por medio de tres bombas centrifugas horizontales, hacia un proceso de ablandamiento. Este se efectúa en 5 parejas de suavizadores de zeolita de sodio y cada pareja consta de un suavizador primario, donde la mayor parte de la dureza es absorbida y un secundario o pulidor donde la dureza del agua es totalmente eliminada.

El agua, después de ser suavizada pasa a los economizadores de los calentadores y posteriormente a través de 2 desaereadores de vacío, eliminándose del agua el aire y los gases no condensables, y por último pasa a los calentadores, para así llegar el flujo completo a la mina.

El objetivo de la planta de calentadores es el de elevar la temperatura del agua a  $160^{\circ}\text{C}$  y generar aire comprimido, su capacidad actual es de:

- 8 Calentadores que generan  $4 \cdot 100\,000$  Gals / Día
- 6 Compresores con  $76.2\text{ m}^3 / \text{min} = 109,728\text{ m}^3 / \text{Día}$ .

Esta unidad es relativamente nueva, sus equipos están en buenas condiciones, permite que su programa de mantenimiento se cumpla totalmente, el único problema es depender de C . F . E . por dos factores que existen :

- 1.- La capacidad de generación de energía eléctrica no es suficiente para abastecer a la planta de calentadores.
- 2.- Por diseño, no se puede instalar un turbogenerador en la planta de calentadores por no haber calderas.

### PLANTA DE FILTROS

El azufre que es explotado por medio de pozos, de acuerdo al área de donde fué extraído viene contaminado de una manera mayor o menor con hidrocarburos; por ésto , el índice de calidad del azufre lo da el contenido porcentual de impurezas de carbón.

El promedio general en el Azufre de la Unidad Jáltipan (Azufrera Panamericana S. A. ) es del orden de 0.25 % de carbón, que en la industria, es el azufre comercial. Las calidades más refinadas y mejor cotizadas son las siguientes :

- ⇒ Calidad " A " – con un contenido de 0.18 % de carbón.
- ⇒ Calidad " B " – con un contenido de 0.08 % de carbón.
- ⇒ Calidad " C " – con un contenido de 0.05 % de carbón.

El azufre de calidad " A " se conoce como de exportación y el de calidad " C " como azufre brillante.

Para obtener una de estas calidades el azufre debe ser sometido a un tratamiento llamado filtración, el cual es llevado a cabo en la Planta de filtros.

Los elementos necesarios para el proceso de filtrado son proporcionados por la Planta de Fuerza (agua, aire comprimido y vapor). El tratamiento que se le proporciona al azufre consiste básicamente en una filtración a presión, que se resume en cuatro etapas y se considera como un ciclo. Las etapas son :

- 1.- Acondicionamiento de los filtros.
- 2.- Acondicionamiento del azufre
- 3.- Filtración.
- 4.- Limpieza.

El acondicionamiento de los filtros consiste en preparar los elementos filtrantes (mallas) , cada filtro tiene 23, para poder efectuar la filtración.

El acondicionamiento del azufre consiste en hacerlo reaccionar con ácido sulfúrico (  $H_2SO_4$  ) , el cual hará que los hidrocarburos presentes en la mezcla queden en suspensión y puedan ser retenidos en las Mallas de los filtros.

La cantidad de ácido sulfúrico depende de la calidad del azufre que se desea obtener al final del proceso en cantidades constantes.

Calidad de azufre Requerido	Litros de acido por Ton. de azufre
" A " ( 0.18 % )	5.453
" B " ( 0.08 % )	13.630
" C " ( 0.05 % )	19.080

Esta operación se realiza en los tanques reactores y tiene una duración aproximada de 10 minutos. La filtración del azufre es a presión, los filtros primarios reciben el azufre de los tanques reactores, lo filtran y lo envían a los tanques de paso en los cuales se adiciona cal con el propósito de controlar el pH del fluido. Posteriormente se bombea el azufre líquido a los filtros secundarios de donde sale en dirección a los últimos tanques del sistema, finalmente el azufre es

enviado a los patios almacén vats ( azufre sólido) o tanques de almacenamiento (azufre líquido) según lo requiera el caso.

### ESTACIONES DE CONTROL (RELAY)

La función de la estación de control o relay es esencial en la explotación del azufre; regula el flujo de los insumos como son agua sobrecalentada, vapor y aire; que serán inyectados al yacimiento. Está equipada con válvulas, manómetros y registros que sirven para controlar y medir cada uno de los elementos que dependen de sus condiciones y de la demanda.

Las características físicas normales de los citados insumos, al llegar a la estación de control son las siguientes :

- Agua sobrecalentada 2,400 gals / min.
- Vapor 5 Kg/cm<sup>2</sup>
- Aire 40 Kg/cm<sup>2</sup>

Y el agua fría de servicio, a la presión necesaria para enviarla a los pozos en perforación.

Generalmente, en la estación de control existen bombas especiales para aumentar la presión de agua caliente, a fin de estar en condiciones de resolver problemas especiales del yacimiento, como es la poca permeabilidad, mayor profundidad o mayor demanda . El aire se acondiciona antes de enviarlo al yacimiento, se regula su presión y se calienta para que no quite calor al azufre que se va a elevar a la superficie.

En esta estación también se controla el flujo del azufre extraído del subsuelo, el cual se deposita en un tanque colector, en donde se determinan los niveles de extracción en toneladas por hora, esto es, que por cada pozo se lleva un control del tiempo que ha bombeado y también de la cantidad de agua utilizada; al final de los turnos se entregan informes para poder obtener estadísticas y la producción por pozo, por relay y por lote.

## POZOS DE PRODUCCION

Su principal función es extraer el azufre por bombeo, para ser enviado líquido a los colectores, con el proceso Frasch que se explicó con anterioridad.

Para la perforación de pozos de producción se cuenta con ocho equipos de tipo rotario. El departamento de Geología es el encargado de programar el frente de producción, por medio de un estudio minucioso de datos estructurales del domo salino con lo que se define: cima yeso y/o anhidrita, cima casquete, isopacas de caliza e isopacas de azufre neto. (Anexo Planos y Secciones)

El procedimiento para la perforación de pozos de producción es el siguiente:

- ◇ Localización del punto para la perforación por medio de localización topográfica.
- ◇ Construcción de la presa de lodos, proyectada para bentonita.
- ◇ Perforación con barrena de 17 <sup>1/2</sup> " Ø a la profundidad de 20 m.
- ◇ Instalación de tubo conductor de TR 13 <sup>3/8</sup> " Ø.

Este tubo se cementa por el espacio anular entre el tubo y las paredes del pozo, con el objeto de evitar desprendimiento en la superficie de material pozo y ayudar a conducir la tubería de perforación hacia dentro del pozo; con esto se consigue conservar la verticalidad con la que se inició el mismo. Posteriormente se espera un fraguado de 24 : 00 hrs. Se continúa la perforación con barrena de 12 <sup>1/4</sup> " Ø hasta la cima del casquete, donde se elimina la barrena y con muestrero de 7 <sup>7/8</sup> " Ø se nuclea hasta la cima yeso y/o lutita negra. Una vez conocido el espesor de caliza con azufre se instala la TR de 8 <sup>5/8</sup> " Ø, desde la superficie hasta la cima de la caliza con azufre. Esta tubería también se cementa y se esperan 24 : 00 hrs. de fraguado. La TR de 8 <sup>5/8</sup> " Ø, se conecta con un estopero en la superficie, con la tubería de 6 <sup>5/8</sup> " Ø, y ésta a su vez en la misma forma se conecta con la tubería de 3 <sup>1/2</sup> " Ø, que se arma con un cabezal, que se ancla a la tubería de revestimiento, la cual quedó debidamente instalada. Al final se instala una tubería de 1 <sup>1/2</sup> " Ø (por lo regular 70 tramos) por la cual se inyectará el aire. El

cabezal queda conectado con la estación de control para recibir los fluidos que se introducirán por el pozo al yacimiento (Figuras V.2 y V.3).

## POZOS DE DESFOGUE

Su función es la de extraer el agua que ha cedido su calor a la formación, de ser posible el mismo volumen que se inyectó y así evitar presiones excesivas en el yacimiento.

Estos pozos se perforan flanco abajo del frente de producción a una distancia lo más lejos posible (60 m.) , de los pozos productores a fin de lograr un calentamiento mayor en la zona de producción y que el agua que se drena salga lo más fría posible. Su equipamiento se puede considerar similar a los de producción. En ocasiones la tubería es de 1"  $\varnothing$  galvanizada o de bronce para resistir la corrosión, esto es en pozos equipados con aire, o también tuberías revestidas de plástico o tuberías de asbesto, etc. Según la profundidad del yacimiento y el nivel del agua de mina, su equipamiento puede ser con bomba mediana (eléctrica), bomba pomona o por sistema de aire (Figuras V.4, V.5, V.6).

Al agua que se desfoga de estos pozos, se le mide su gasto, temperatura y p.p.m. de Cloruros, para tener una relación con la cantidad de agua inyectada y así evitar posibles brotes en superficie del yacimiento. El agua es dirigida por medio de canales artificiales para evitar contaminaciones en los cultivos, ríos o lagunas y es almacenada en la presa de agua de mina. en donde por aereación, evaporación y disolución con las aguas de lluvia, se reduce el contenido de sulfuros y cloruros. Antes de verterla al Río Chacalapa, se lleva un estricto control de calidad, de estas aguas de desperdicio.

## POZOS DE EXPLORACION

La finalidad de los pozos de exploración es la de conocer la estructura del yacimiento y nuevas áreas mineralizadas .

A- ADENE DE 2 1/2"  
 B- ESTOPEO DE 2"  
 C- VALVULA MACHO DE 2" DEL ADENE  
 D- TUBERIA DE 6 5/8"  
 E- VALVULA MACHO DE 2" O DESFOQUE DE LA LINEA DE 6"  
 F- VALVULA MACHO DE 4" DE LA LINEA DE 6"  
 G- VALVULA CHECK DE 4" DE LA LINEA DE 6"  
 H- LINEA DE 6"  
 I- VALVULA MACHO DE 2" DEL BY-PASS DE 6" B  
 J- VALVULA MACHO DE 2" O DESFOQUE DEL BY-PASS DE 6" B  
 K- ESTOPEO DE 6-3  
 L- CRUCETA DE LA LINEA DE 3"  
 M- TUBERIA DE 3"  
 N- VALVULA MACHO DE 2" DE DESFOQUE DE LA LINEA DE 3"  
 O- VALVULA DE ANGULO  
 P- LINEA DE 3"  
 Q- TRAMPA DE VAPOR  
 R- SWING DE LINEA DE VAPOR  
 S- LINEA DE 1" O DE AIRE  
 T- ARBOLITO DE 1"  
 U- VALVULA DE COMPUERTA DE 1" O DESFOQUE DEL ARBOLITO  
 V- VALVULA DE COMPUERTA DE 1" DEL POZO  
 W- VALVULA CHECK DE 1" DE LA LINEA DE AIRE  
 X- VALVULA DE COMPUERTA DE 1" DE LA VENA DE VAPOR  
 Y- VALVULA DE COMPUERTA DE 1" Z

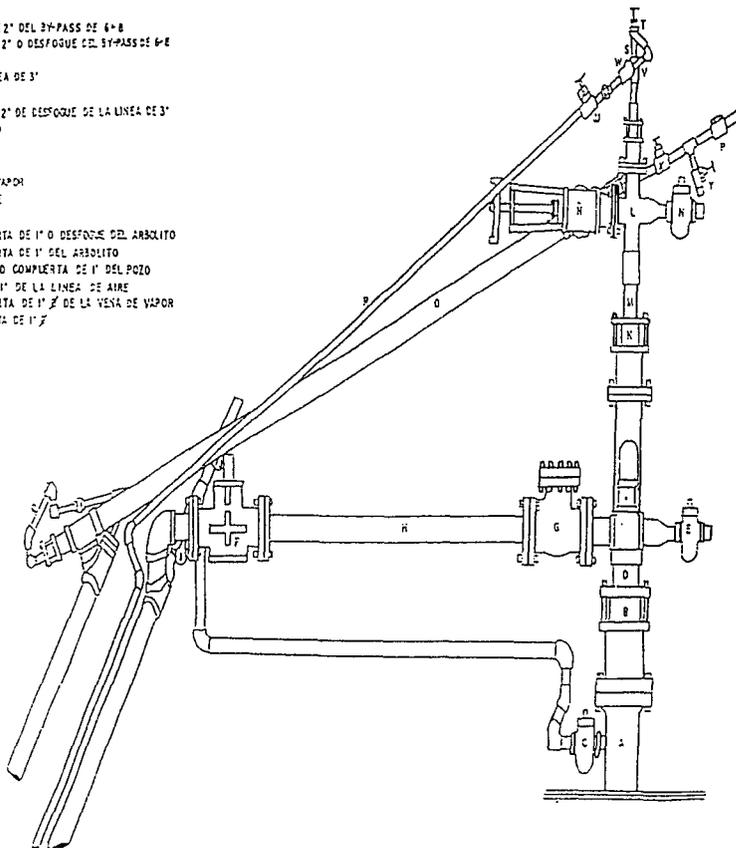
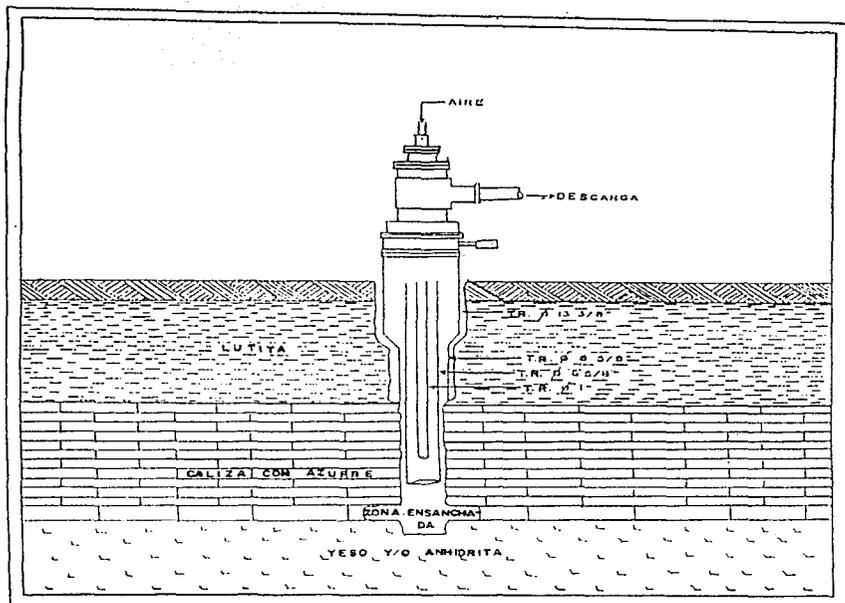


FIGURA V.2

U. N. A. M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
EQUIPADO SUPERFICIAL DE UN POZO DE PRODUCCION	
ESCALA APROXIMADA 1" = 5000	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR	1996



FIGURA V.4



U. N. A. M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
POZO DE DESFOQUE POR SISTEMA DE AIRE A PRESION	
ESCALA APROXIMADA 1 : 5000	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R.	1996

FIGURA V. 5

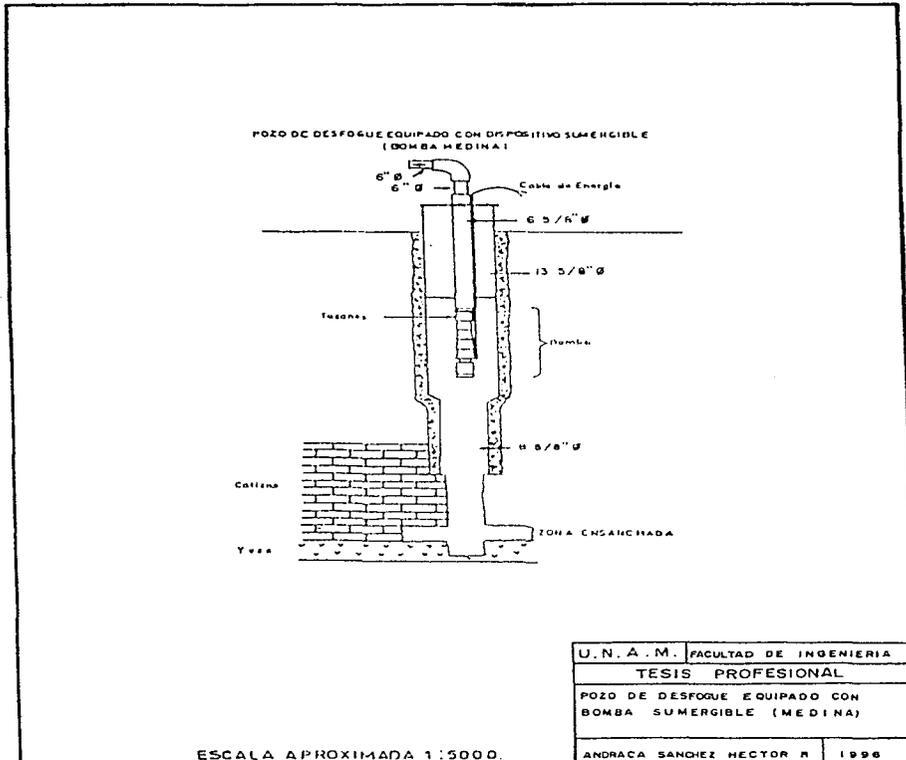
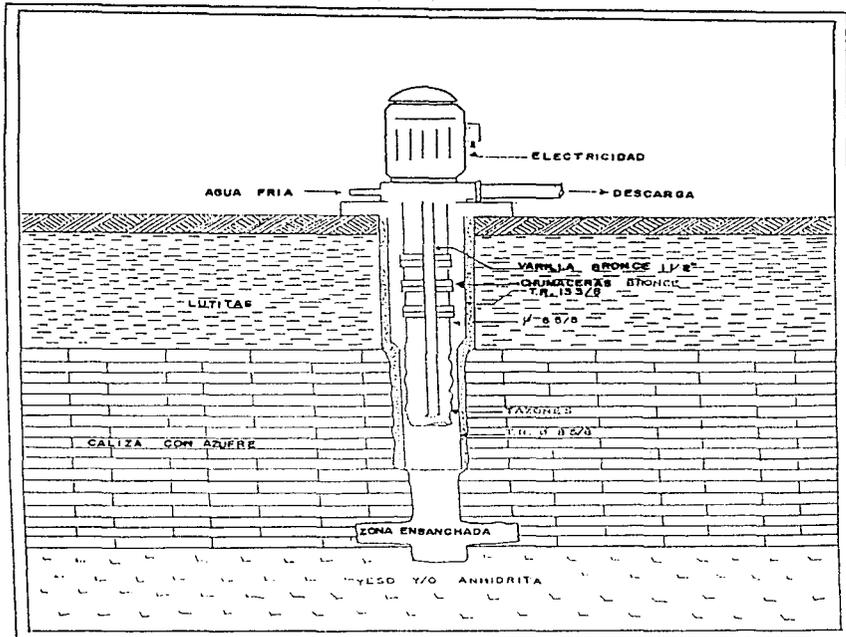


FIGURA V.6



U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

POZO DE DESFOQUE POR SISTEMA  
DE BOMBA POMONA

ESCALA APROXIMADA 1 : 3000

ANDRACA SANCHEZ HECTOR R. 1996

En el domo de Jáltipan, estos pozos se hacen con la finalidad de determinar el límite de la estructura y verificar el remanente existente en las áreas ya explotadas y así poder programar una recuperación secundaria.

En el caso de que el pozo exploratorio contenga azufre en cantidades económicamente explotables, se toma como base para perforaciones futuras. En el momento en el que el frente de explotación avanza hacia la zona donde se perforó el pozo exploratorio, se perfora un pozo gemelo de producción con base en que el pozo exploratorio proporcionó información acerca de los espesores de azufre económicamente explotable.

También se hacen pozos exploratorios para medir el nivel de la mina de acuerdo a la localización del frente de producción; se pueden hacerse uno o varios pozos para medir la mina.

## ALMACENAJE Y TRANSPORTE

Uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta dentro de toda la secuencia, en la explotación del azufre es contar con el equipo necesario para su almacenamiento así como para cargarlo y transportarlo a los lugares, de comercio; para realizar esto último, es necesario contar con adecuadas vías de comunicación ya sean marítimas con embarcaciones de poco calado como los "chalanes" o terrestres como vagones de ferrocarril y pipas.

En el momento en que se extrae el azufre a la superficie, es almacenado en tanques llamados panes de almacenamiento, los cuales se encuentran localizados en las estaciones de control, dependiendo de su calidad, es bombeado directamente (por medio de bombas especiales para Azufre, las cuales tienen una chaqueta de vapor que evita la solidificación del metaloide), a un área adyacente donde se deja enfriar hasta su solidificación a la intemperie, en forma de grandes bloques rectangulares llamados "vats"; estos vats pueden llegar a pesar aproximadamente 80,000 toneladas cada uno.

El procedimiento general usado para la construcción del vat o recipiente es el de derramar una gruesa capa de azufre líquido confinado sobre el área donde se construirá el vat, capa que a su vez actuará como base del recipiente mismo.

El espesor de la base puede variar de uno a tres pies, sobre esta base se insertan postes de aluminio estriados que sirven de apoyo para clavar hojas de hierro galvanizados de aproximadamente ocho pies de longitud por tres pies de ancho, de esta manera queda construido el recipiente en el que se vacía el azufre líquido para solidificarse. Como el depósito va creciendo hacia arriba constantemente, las hojas inferiores son desprendidas y colocadas más arriba, hasta alcanzar la altura necesaria, y se procede a quitar todas las láminas, de esta manera queda el bloque de azufre de aproximadamente 100, 000 toneladas.

Para el almacenamiento del azufre líquido, se cuenta con tres tanques cisternas con capacidad distinta en cada tanque (N° 1 = 2179 Toneladas, N° 2 = 5404 Toneladas y N° 3 = 5726 Toneladas); a estos tanques es bombeado el azufre por medio de tuberías, desde los panes de almacenamiento, ubicados en las unidades de control o de la planta de filtros ya tratado. Estos tanques están construidos por dentro con un sistema de serpentines por donde se inyecta vapor para poder mantener el azufre en estado líquido.

## TRANSPORTE DEL AZUFRE

Para transportar el azufre es necesario romper el vat anteriormente construido, por medio de palas mecánicas de dos o tres yardas cúbicas de capacidad.

El azufre se pasa por quebradoras y se reduce a fragmentos de cuatro pulgadas de diámetro, con el objetivo de poderlo manipular fácilmente por medio de un sistema de bandas y por cucharones de quijadas.

El azufre triturado es cargado directamente por carros de ferrocarril y enviado a los diversos clientes nacionales y extranjeros. El puerto de Coatzacoalcos, es donde se realiza el comercio hacia el mercado exterior.

El azufre también es transportado por carretera en estado líquido, esto se hace por medio de pipas especiales las cuales mantienen el azufre líquido en el transcurso de su transporte. Las pipas tienen diferentes capacidades, hay pipas de 25 y 10 toneladas, las cuales son cargadas constantemente durante el día a partir del tanque de almacenamiento de azufre líquido, y va a las empresas consumidoras.

Esta forma de transporte es conveniente principalmente para los fabricantes de ácido sulfúrico, ya que en estado sólido es necesario volver a fundirlo en estufas especiales, para que de esta manera se forme el bióxido de Azufre, que es el primer paso para la fabricación de ácido sulfúrico. Actualmente con la forma de transporte en estado líquido, se tiene la ventaja de que esta libre de impurezas, no hay necesidad de refundirlo y por lo tanto hay ahorro en tiempo y dinero.

Existe otro medio para transportar el azufre líquido, que es el fluvial, el azufre es transportado por medio de embarcaciones de poco calado con los llamados "chalanos-termo", como es el caso de la unidad Coahuila.

El proceso completo, tanto del minado como el de embarque, transporte, etc, se ilustra mucho mejor en la figura (No. V.7).

## CONTROL GEOLOGICO (GEOLOGIA DEL SUBSUELO)

Este control es ejercido por el departamento de Geología y Estadística, el cual se basa principalmente en la información obtenida de las muestras de canal y de los núcleos que se extraen durante la perforación; también en los datos obtenidos en los relays y en el campo por medio de un sistema de registro de temperaturas diseñado por el I.M.P., especialmente para pozos de tipo Azufrero. Los datos obtenidos generalmente son:

- Columna litológica.
- Cima caliza.
- Base caliza.

El azufre también es transportado por carretera en estado líquido, esto se hace por medio de pipas especiales las cuales mantienen el azufre líquido en el transcurso de su transporte. Las pipas tienen diferentes capacidades, hay pipas de 25 y 10 toneladas, las cuales son cargadas constantemente durante el día a partir del tanque de almacenamiento de azufre líquido, y va a las empresas consumidoras.

Esta forma de transporte es conveniente principalmente para los fabricantes de ácido sulfúrico, ya que en estado sólido es necesario volver a fundirlo en estufas especiales, para que de esta manera se forme el bióxido de Azufre, que es el primer paso para la fabricación de ácido sulfúrico. Actualmente con la forma de transporte en estado líquido, se tiene la ventaja de que esta libre de impurezas, no hay necesidad de refundirlo y por lo tanto hay ahorro en tiempo y dinero.

Existe otro medio para transportar el azufre líquido, que es el fluvial, el azufre es transportado por medio de embarcaciones de poco calado con los llamados "chalanés-termo", como es el caso de la unidad Coachapa.

El proceso completo, tanto del minado como el de embarque, transporte, etc, se ilustra mucho mejor en la figura (No. V.7).

## CONTROL GEOLOGICO (GEOLOGIA DEL SUBSUELO)

Este control es ejercido por el departamento de Geología y Estadística, el cual se basa principalmente en la información obtenida de las muestras de canal y de los núcleos que se extraen durante la perforación; también en los datos obtenidos en los relays y en el campo por medio de un sistema de registro de temperaturas diseñado por el I.M.P., especialmente para pozos de tipo Azufrero. Los datos obtenidos generalmente son:

- Columna litológica.
- Cima caliza.
- Base caliza.

ESQUEMA QUE MUESTRA EL PROCESO DEL MINADO

Y EMBARQUE DEL AZUFRE POR EL

METODO FRASCH (SEGUN LOPEZ LAZO 1989)

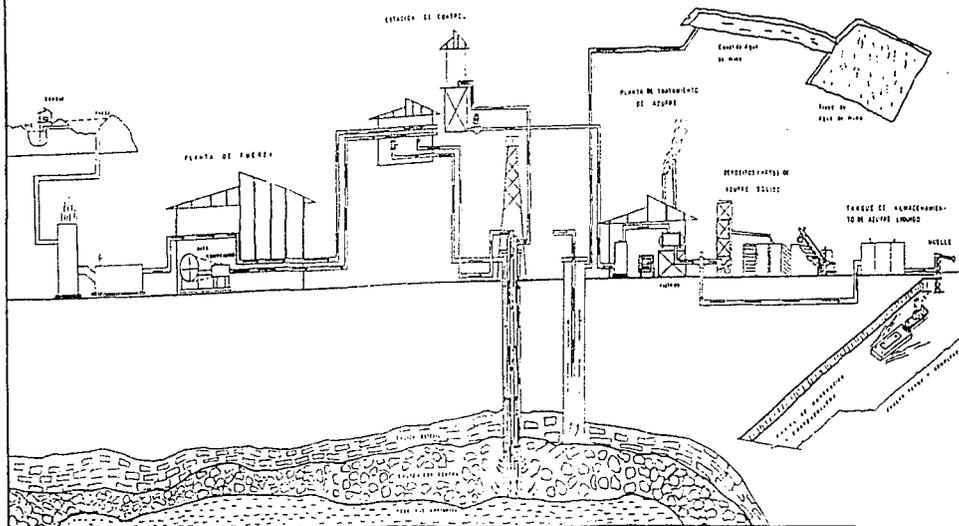


FIGURA V.7

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
PROCESO DEL MINADO	
Y EMBARQUE	
ANDRACA SANCHEZ	1996

- Cima yeso y/o anhidrita.
- Espesor de caliza.
- Espesor de azufre neto.
- Registro de temperaturas.

De acuerdo con estos datos, se configuran los planos necesarios a escala conveniente para controlar el yacimiento; por ejemplo para el lote N° 14 se hicieron planos de cima del casquete, cima yeso y/ o anhidrita (2da. capa) y azufre neto ( Anexo Planos y secciones). Ya sobre un plano de configuración yeso y/o anhidrita se trabajó para hacer lo siguiente :

- Plano de Triangulación de reservas probables.

Este plano es el primero que se emplea y en este plano, conforme se van perforando nuevos pozos se va reconfigurando el lote.

- Plano de trabajo .

En este plano se programan los pozos a perforar y se alinean los frentes tanto de producción como los de desfogue. Para dar una localización de un pozo se toman en cuenta muchas variables como por ejemplo: Su E . E . A . S . , si está cercano a un pozo que produjo más azufre del esperado (sobreproducido), si no está cerca de alguna falla, etc. Para hacer lo anterior es necesario efectuar buenas descripciones e interpretaciones geológicas de las muestras de canal y de los núcleos recuperados que se han cortado y que se vayan cortando. Además, este plano se actualiza con los nuevos pozos perforados y naturalmente se reconfigura. Cada nuevo pozo que se termina, se dibuja en el plano con los siguientes datos :

	270	—————	( Número del pozo)
	7.5	—————	( Espesor Estimado de Azufre Solido)
10.5		—————	( Producción Total del pozo en miles de ton.)
	⊕		
	305.50	—————	( Profundidad Total)

A cada pozo se le resta la elevación rotaria del equipo de perforación más la elevación del terreno R+T para que así se tenga la profundidad referida al nivel del mar.

Se considera que un pozo es económicamente explotable cuando se le estime, como mínimo 1.00 m de espesor de azufre neto. Este criterio se ha establecido con base en que espesores menores al antes mencionado, difícilmente producirán el mínimo requerido de producción para que un pozo sea autofinanciable (aproximadamente de 1,000 a 1,500 T.M.).

- Plano de Secciones.

Debido a que el lote N° 14 ya se había explotado con anterioridad con resultados no muy satisfactorios, hubo necesidad de hacer geología del Subsuelo muy detallada; entonces en un plano de configuración anhidrita 2da. capa, se dibujaron las secciones en superficie y después se hicieron dichas secciones a una escala mayor para poder apreciar mejor todos los detalles que tenía dicho lote, tales como fallas, pérdidas de circulación en la perforación tanto parcial como total, base calor (límite del azufre calentado y el azufre virgen), base agotamiento (límite entre la formación agotada y la caliza con azufre), base pichancha ( donde se colocó la punta de la tubería para extraer el azufre), etc. Se hicieron en total 21 secciones a echado del domo y 6 secciones a rumbo, las cuales son los frentes de explotación. Todas ellas revelan información acerca de la estructura del domo en el subsuelo, así como también de las zonas por donde se tiene gran cantidad de formación agotada y por lo tanto una pérdida muy grande de agua sobrecalentada y una producción muy baja de azufre. Todas las secciones y los planos se pueden ver en la parte final de este trabajo, en el anexo de planos y secciones.

- Plano de temperaturas.

En el año de de 1991, Azufrera Panamericana adquirió un equipo de sondeo de temperaturas, con el cual se detecta y se confirman las respuestas inmediatas de pozos próximos al punto de fusión y mediante estos datos se configura también un pequeño plano de temperaturas para observar el comportamiento de los nuevos pozos (Apendice A ).

Diariamente se realiza un informe de perforación, en el cual se anota todo lo que ocurre en el pozo, como perdida de circulación del lodo, reparaciones del equipo, atorones, pescas, núcleo, perforación con barrena 12 <sup>1/4</sup> Ø o con barrena 7 <sup>7/8</sup> Ø, ensanchamiento, etc.

También se lleva a cabo un recorrido diario por todos los pozos de desfogue y se realiza otro informe en el cual se incluyen datos de temperatura, gasto, p.p.m. de cloruros, amperaje de las bombas eléctricas, etc.

Todos estos informes se vacian en un diario de producción, el cual tiene como finalidad llevar todos los datos estadísticos tanto de producción como de reservas, agua consumida, agua extraída, etc; de esta manera, cada mes se hacen informes y gráficas de la situación actual del lote N° 14 ( se anexan ejemplos de los informes y graficas estadísticas en el Apendice A).

Cabe destacar que no solo se explota un frente en un área determinada, sino que se explotan de uno a tres frentes en uno o tres lotes distintos, lo cual es bastante carga tanto de datos como de trabajo. Lo que es necesario resaltar, es que en el lote N° 14 fué el primero en el que se empezó a usar geología del subsuelo a detalle, debido a que es uno de los últimos lotes con reservas económicamente explotables por medio de una recuperación secundaria.

Además, se planea continuar con este sistema de elaborar a detalle la geología del subsuelo en otras áreas, en las cuales hubo problemas tanto de perdida de agua como de baja eficiencia, antes de entrar a la última zona virgen que queda muy retirada (Potrerillos).

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a que el yacimiento ha sido explotado durante muchos años, cada día es mas difícil extraer el metaloide, sobre todo con bajos costos de producción y con pocos insumos. Por esa razón nos vimos en la necesidad de cambiar la metodología en el control geológico, tomando en consideración todos los datos obtenidos en campo y por la perforación.

Es precisamente en el Lote No. 14, donde damos comienzo a dicha metodología, tomando en cuenta el análisis de las reservas del domo de Jáltipan, el cual permite asegurar que sí es factible una extracción de tipo secundario de azufre, en virtud de que existen importantes remanentes dejados en la extracción primaria ya efecuada.

Las secciones del lote N° 14, muestran los pozos explotados donde se puede apreciar que no se logró un barrido completo de la zona mineralizada y que además existe un espesor considerable todavía. También muestran una zona muy marcada de formación agotada, la cual es la causante de la perdida de agua al yacimiento y por lo tanto una baja eficiencia y baja producción.

Con la aplicación de obturantes para bloquear el escape y con el aumento del desfogue, se pretende corregir el escape de agua calentada al yacimiento; para esto se utilizó la antigua barrera de lodos de los pozos marcados con la letra L (plano de configuración anhidrita 2da. capa), con resultados muy buenos.

Con la ayuda de equipo de computo se han podido controlar mucho mejor todos los datos geológicos y estadísticos de producción; los cuales eran numerosos por lo que era muy complicado su manejo. Además de que con los nuevos paquetes de

computación se dará una mejor configuración e interpretación a los nuevos planos y secciones.

También, con la ayuda de los datos obtenidos por medio de la sonda de temperaturas, se pudo reconfigurar el plano de isotermas de temperatura; de esta manera se observa el comportamiento de los frentes de producción con la puesta en operación de un nuevo pozo y con el cierre de algún otro; por lo que es recomendable ampliar el uso de dicha sonda a otros lotes para observar el comportamiento de otros pozos.

Es recomendable efectuar un profundo análisis de las zonas de producción que ya se dieron por terminadas, con miras a planear una recuperación secundaria; para lograr lo anterior se deberán de limitar las probables zonas que puedan ser susceptibles de reexplotación. Se hace necesario que, con base en toda la perforación anterior y sobre todo en las descripciones de los núcleos, se construyan nuevos planos de configuraciones de casquete, yeso, isopacas de azufre, etc. De esta manera se debe reinterpretar la geología del subsuelo de forma más detallada .

Finalmente, se debe estar conciente de que ya no se van a producir miles de toneladas al día como solían hacerlo, por el contrario, debido a que ya se ha extraído gran parte de las reservas totales, se debe de empezar ha aprender a extraer poco volumen con consumos mínimos, tanto de agua como de gas y de vapor, buscando siempre minimizar costos y mejorar eficiencias. Se pretende entonces, lograr aumentar la ya agónica vida económica del yacimiento de Jáltipan.

## BIBLIOGRAFIA

- **Alvarez Jr. Manuel (1954), Geología Paleogeográfica y Tectónica de México**
- **Benavides, G. L. (1956), Notas sobre la Geología Petrolera de México XX Cong. Geol. Inter. Simposium sobre Yacimientos de Petróleo y Gas, Tomo III, p 351-562, 31 fig. y tablas.**
- **Carlos Lopez Lazo (1989), Domo de Texistepec, Geología y Explotación de Azufre Tesis Profesional, U. N. A. M. , Facultad de Ingeniería. p 30-35 y Figs, Inédito.**
- **Carlos Santiago Garcia (1987), Estudio Geológico para Extracción secundaria de Azufre del Domo de Jáltipan, Edo. de Veracruz. Tesis Profesional, U. N. A. M. , Facultad de Ingeniería p 46-62, Inédito.**
- **Castillo , T. C. (1955), Bosquejo Estratigráfico de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet., Vol. VII (5-6), p 175-212 y figs.**

- Consejo de Recursos Minerales (1991), Programa de Exploración por Azufre  
Informe Final del 1er. Convenio de Exploración.  
C.R.M. - APSA p 4-21
- Consejo de Recursos Minerales (1994), Monografía Geológico-Minera del Estado de Veracruz  
Publicación M-13e S.E.M.I.P. p 1-8,
- Consejo de Recursos Naturales No Renovables (1964), Depositos de Sal y Azufre en la Cuenca Salina del Istmo, Veracruz. Boletín 64 p, 10 - 64.
- Consejo de Recursos Naturales No Renovables (1963), Compilación de Símbolos Empleados en la Representación Cartográfica de Accidentes Geológico - mineros.  
Publicación 5 - E . Centro Regional de Ayuda Técnica  
Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.)
- Gibson, J . B . (1936), Estratigrafía y Tectónica de la Zona Costera del Golfo de México,  
entre el paralelo 19° 41' de Latitud Norte y el Río Coatzacoalcos.  
Bol . Soc. Geol. Mex. Tomo IX , No. 5, p 270-288
- Guillermo A. Bustos Vera (1992), Las Empresas Azufreras del Estado Azufrera Panamericana, S.A. y Cia. Exploradora del Istmo, S.A.  
Historia y Desarrollo. Archivos de Azufrera Panamericana S.A. p 45-52,  
Inédito.

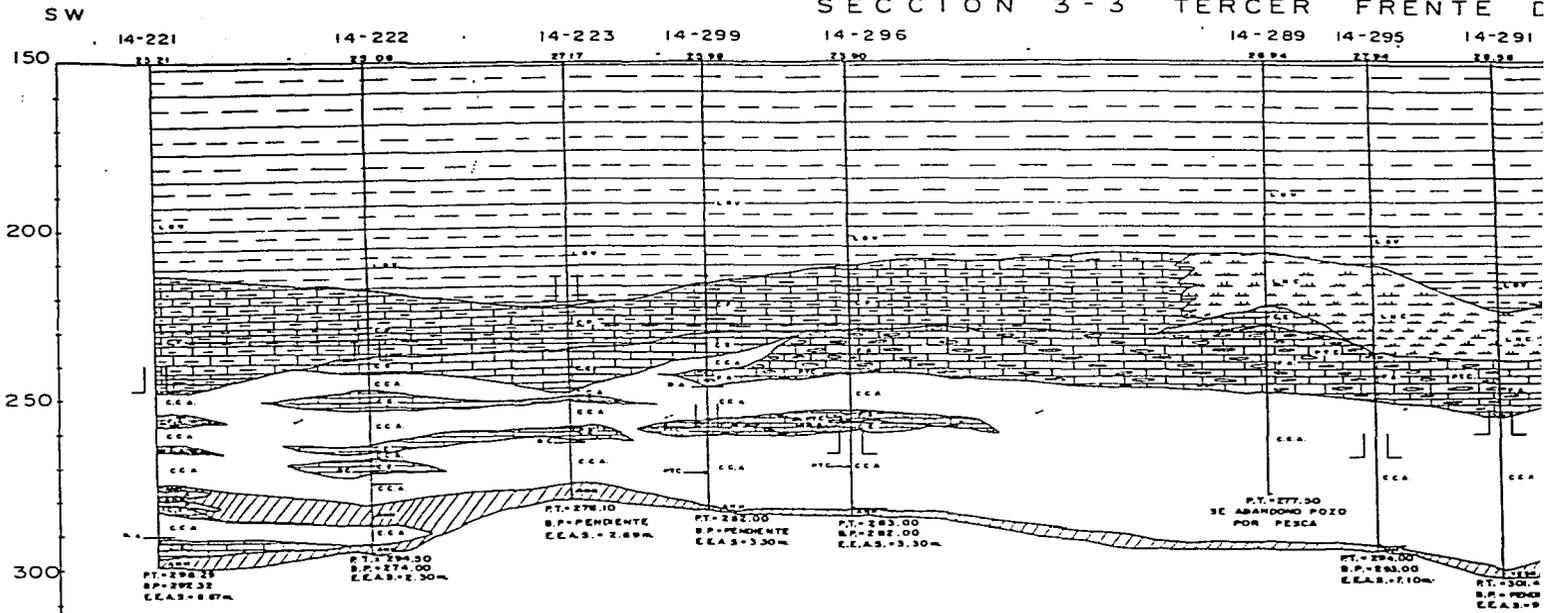
- **Guillermo E. Bustos Peter (1989), Estudio del Yacimiento Azufrero del Area de Potrerillos, Ver.**  
Tesis Profesional, U.N.A.M. Facultad de Ingeniería  
p 18-35, Inédito.
- **Hungsberg U. O. F. (1958), Estudio Preliminar del Origen del azufre en el Cap-rock de los Domos Salinos de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec.**  
Tesis Profesional , U.N.A.M., Facultad de Ingeniería, Inédito.
- **Informe de las Prácticas de Geología de Campo Avanzada (1981), U.N.A.M. Facultad de Ingeniería Jáltipan, Veracruz. CA-10 Trabajo Inédito**
- **Instituto Mexicano del Petróleo (1991), Integración de los Lechos Rojos del Mesozoico en el Sureste de México Parte 1 Proyecto CAO - 3517**
- **Jorge Alberto Franco Martinez (1987), Origen, Exploración y Metodo de Explotación del Azufre en el Domo Salino de Coachapa, Estado de Veracruz.**  
Trabajo Recepcional, U.A.S.L.P. , Facultad de Ingeniería Area Ciencias de la Tierra. p 48-54, Inédito.

- **Lopez Ramos E. (1983), Geología de México, Secretaria de Educación Publica  
Tomo III , 3a Edicion.**
- **Manuel G. R. (1980), Proyecto de Explotación y Exploración por Salmuera en el Domo de Jáltipan, Veracruz.  
Tesis Profesional, I . P . N . . , E . S . I . A .  
p 20-29, Inédito.**
- **Murray G. E. (1966), Salt Structures of Golf of México Basin.  
Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist, Vol. 50, No. 3 (March) p.p 439-478, 67 Figs.**
- **Ramon Efrain Andraca Sanchez (1987), Geologia y Genesis del Azufre en las Areas de Jáltipan, Petapa y Texistepec, Veracruz.  
Tesis Profesional, U . N . A . M . , Facultad de Ingeniería, Inédito.**
- **Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R. (1972), Sand and Sandstone.  
Sprienger - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York  
p 18**
- **Raisz E. (1964), Mapa de Provincias Fisiográficas de la republica Mexicana.  
Cambridge , Mass.**
- **Selley c. Richard (1970), Medios Sedimentarios Antiguos  
H. Blume Ediciones.  
Rosario 17- Madrid 5 p 81-90, 184-185.**

- Quezada M.J.M y Sarmiento, B. R (1987), **Estratigrafía de la Republica Mexicana Pemex, (Inedito).**

# **ANEXO PLANOS Y SECCIONES**

# SECCION 3-3' TERCER FRENTE D



U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCION 3-3' LOTE 14 A RUMBO	
ESCALA 1:500	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R. 1995	

# SECCION 3-3' TERCER FRENTE DE PRODUCCION

NE

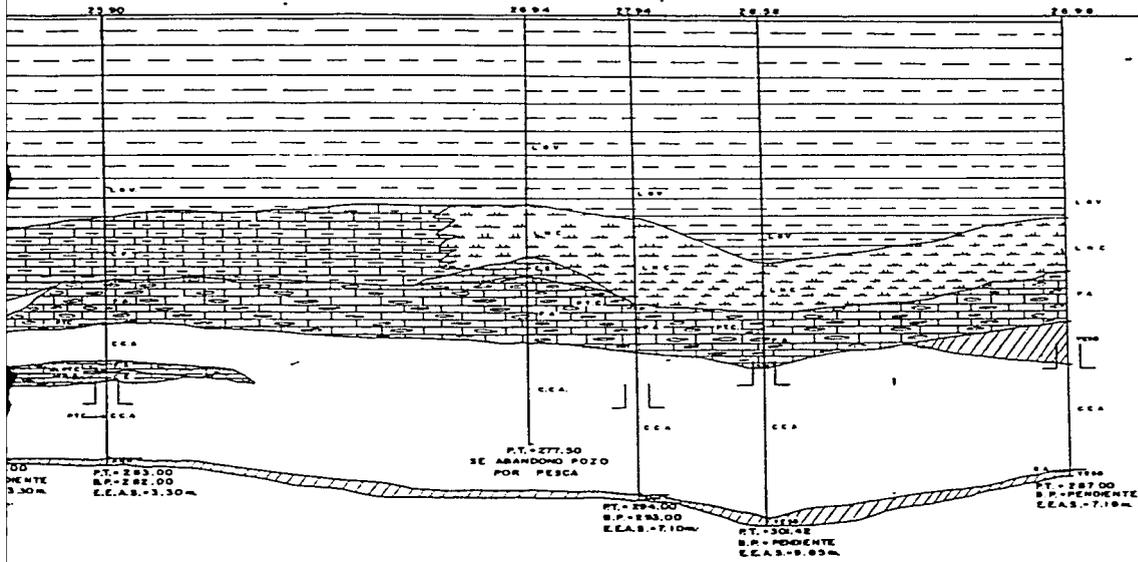
14-296

14-289

14-295

14-291

14-292



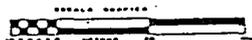
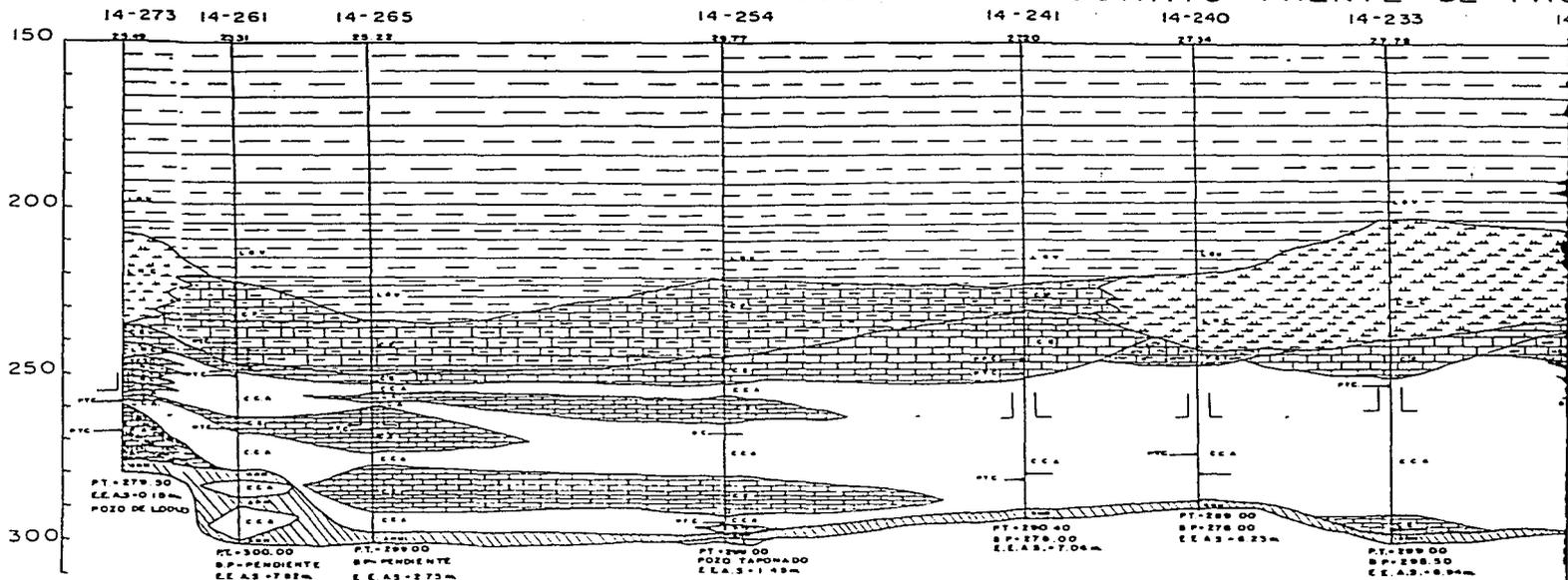
## SIMBOLOGIA

- L. V LUNTA VISO VERDESO
- L. H LUNTA HERBA CALCARIA
- C. E CALIZA ESTERIL
- C. P CARBONATE PLESO (CALIZA HERBA BACILLATA)
- F. A FERRUGINOSO AZUFRADO
- C. C. A CALIZA CON AZUFRE
- V. V. V VISO VISO AMARILLO
- S. A. L. SAL
- P. T. E PERDIDA TOTAL DE CIRCULACION
- P. P. PERDIDA PARCIAL DE CIRCULACION
- E. L. ELEVACION POTERIAL MAS ELEVACION DEL TERRENO
- C. S. CARGA CALORIFICA
- C. T. CARGA DEL 1000 V/O AMONIA
- B. O. BASE OBTENIDA OTRO S/O
- P. T. PERDIDA TOTAL
- B. P. BASE PRODUCCION (P)
- E. E. A. S. ESPESOR ESTIMADO DE AZUFRE SOLIDO
- V. O. B. VISO B. CASINO

U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 SECCION 3-3' LOTE 14 A RUMBO  
 ESCALA 1:300  
 ANDRACA SANCHEZ RECTOR R. 1995

SW

SECCION 4-4' CUARTO FRENTE DE PRO

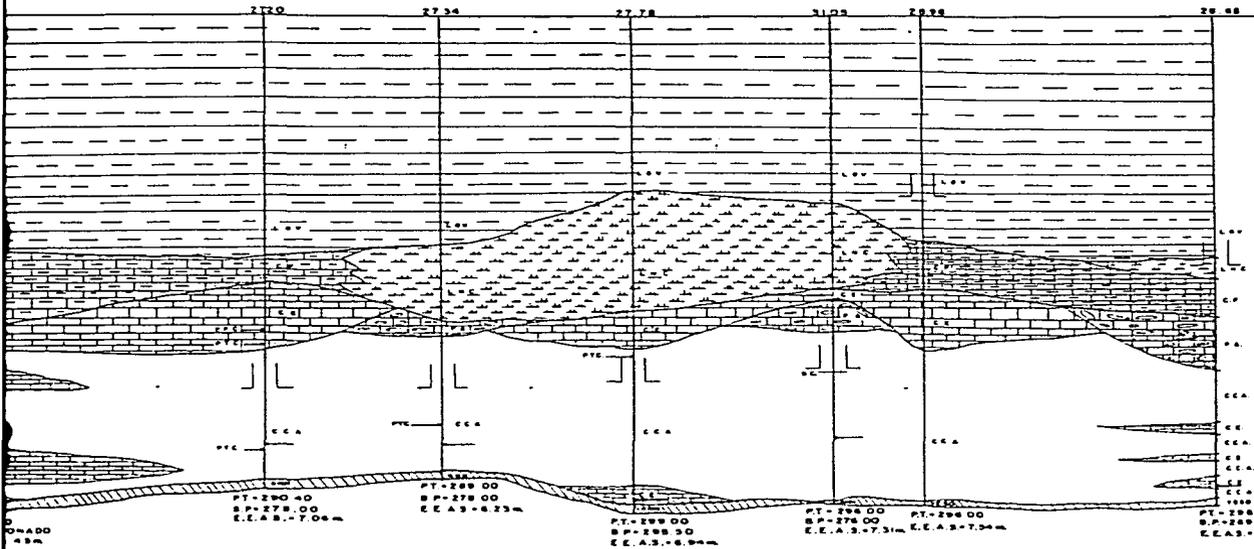


U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCION 4-4' LOTE 14 A RUMBO	
ESCALA 1:300	
AMORACA SMOCKZ HECTOR	1995

# SECCION 4-4' CUARTO FRENTE DE PRODUCCION

NE

4 14-241 14-240 14-233 14-231 14-228 14-224



## SIMBOLOGIA

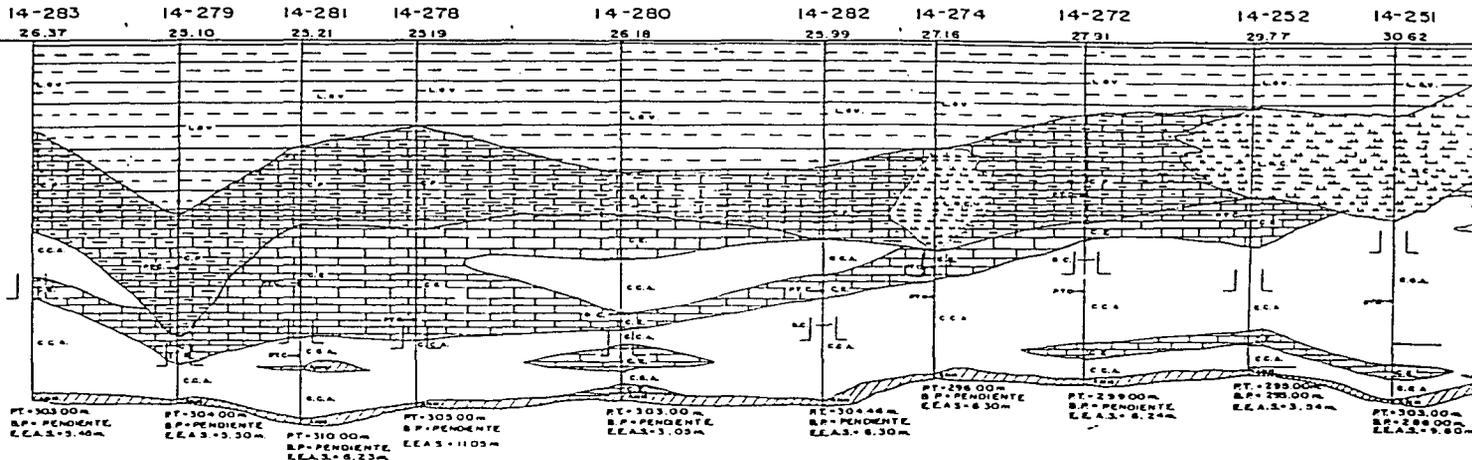
- L.V. LUZ VERDE
- L.V.C. LUZ VERDE CALIENTE
- C.C. CALLES CENTRALES
- C.C.A. CALIENTES PARA CALIENTES PARA MECANISMO
- F.A. FORMACIÓN ASFÁTICA
- C.C.A. CALLES CON ASFALTO
- T.T.A. TERCER TIPO ASFALTO
- P.T.E. PERFORACIÓN TOTAL ESTIMADA
- P.T.E.C. PERFORACIÓN TOTAL ESTIMADA CON CALIENTE
- E.H. ELEVACIÓN HORIZONTAL DEL TERRENO
- B.C. BASE CALORÍFICA
- C.V.A. CIMA DEL VESTIDO ASFÁTICO
- A.A.2 ASFALTO ASFÁTICO A2
- A.A. ASFALTO TOTAL
- B.M. BASE MECÁNICA (B.M.)
- E.E.A. ESPESOR ESTIMADO DE ASFALTO SOBRE T.T.A. CALIENTE

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCION 4-4' LOTE 14 A RUMBO	
ESCALA 1:300	
ANDRACA SANCHEZ RECTOR A	1995

SECCION 5 - 5'

QUINTO FRENTE DE PRODUCTO

SW



SIMBOLOGIA

	L.V.V. LUNTA AND VERRIDO
	L.W.C. LUNTA WERRA CALCARRA
	C.E. CALIZA ESTERIL
	C.F. CARBONATE FALDO (CALIZA WERRA AREOLADA)
	P.A. FORMACION AREOLADA
	C.C.A. CALIZA CON AZUFRE
	V.E.S.B. V/O ANHIDITA
	S.A.L.
	PERIMETRO TOTAL DE CIRCULACION
	PERIMETRO PARCIAL DE CIRCULACION
	ELEVACION ROTAMA MAS ELEVACION DEL TERRENO
	BASE CALORIF. (C)
	C.V. CIMA DEL V.E.S.B. V/O ANHIDITA
	BASE ARGENTAMIENTOS (A)
	PROFUNDIDAD TOTAL
	BASE RICHARADA (R.P)
	E.E.A.S. ESPESOR ESTIMADO DE AZUFRE SOLIDO
	T.R. 8% CASING

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCION 3-3' LOTE 14 A RUMBO	
ESCALA 1:500	
ANDRACA SANCHEZ HECTOR R	1995





SECCION 13 - 13'

SE

14-183

14-185

14-276

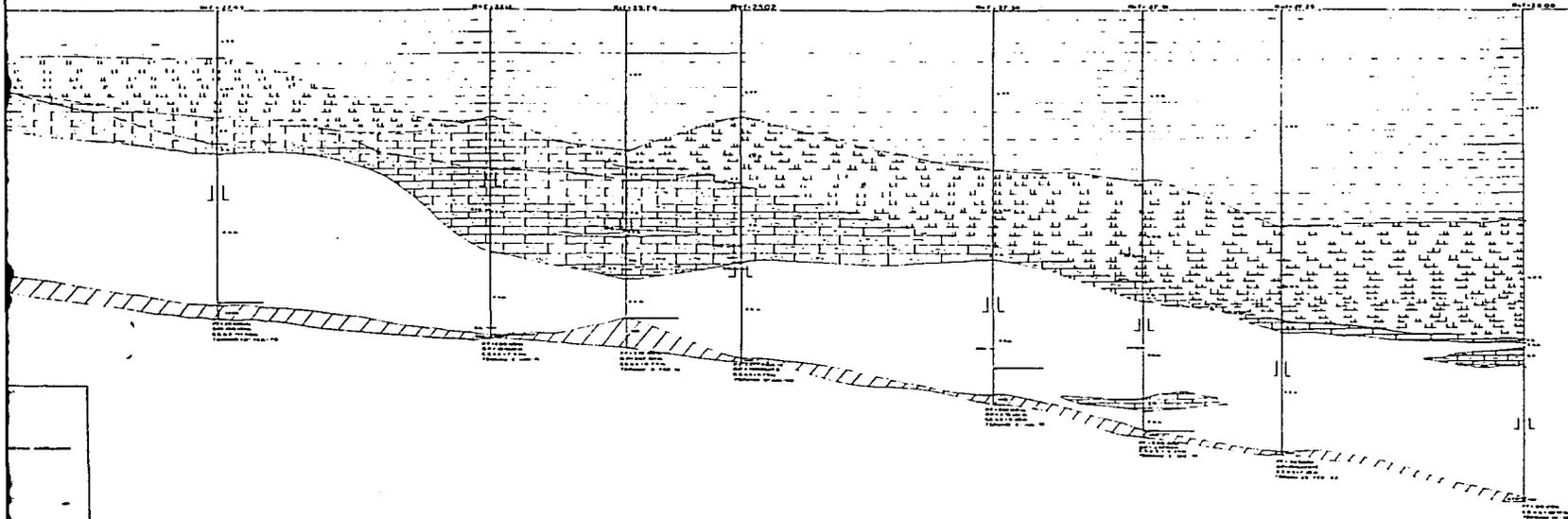
14-298

14-240

14-272

14-285

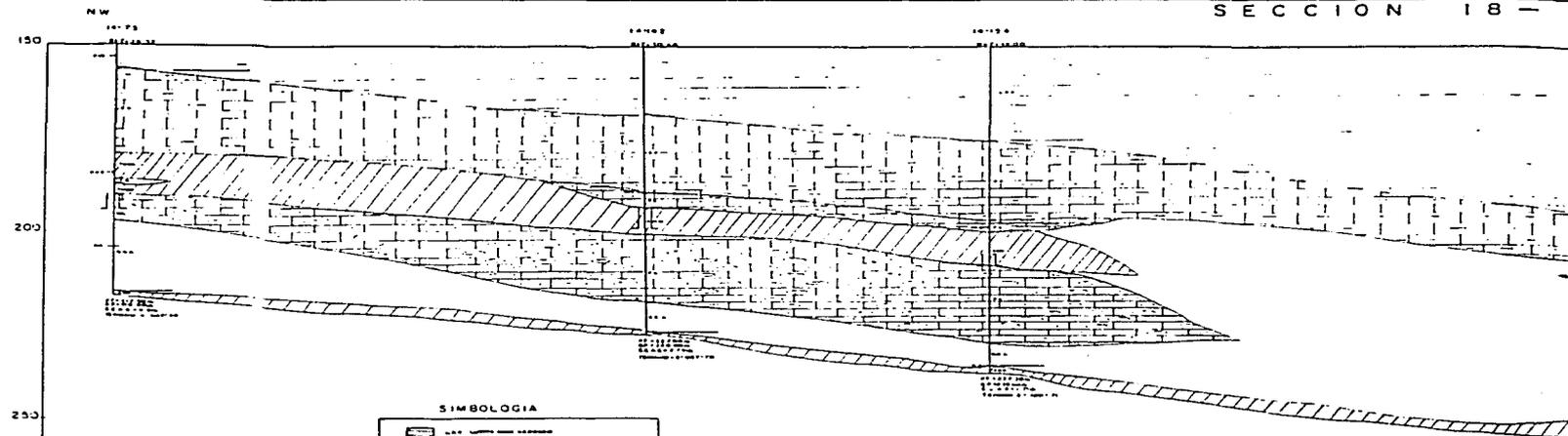
14-260



U. S. GEOLOGICAL SURVEY  
 WATER RESOURCES DIVISION  
 GEOPHYSICAL SURVEY  
 WASHINGTON, D. C. 20540

Scale: 1 inch = 100 feet

SECCION 18 - I



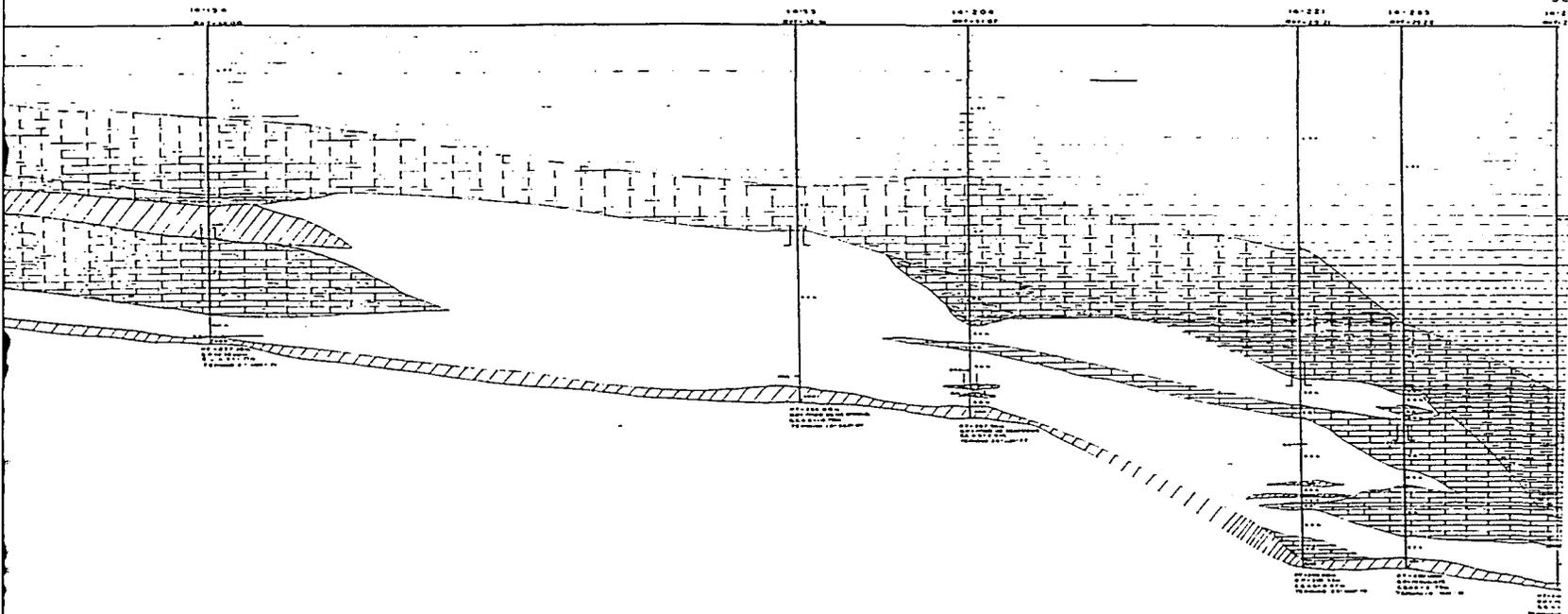
SIMBOLOGIA

	1.1.1. LITIO (LITIO)
	1.1.2. LITIO (LITIO)
	1.1.3. LITIO (LITIO)
	1.1.4. LITIO (LITIO)
	1.1.5. LITIO (LITIO)
	1.1.6. LITIO (LITIO)
	1.1.7. LITIO (LITIO)
	1.1.8. LITIO (LITIO)
	1.1.9. LITIO (LITIO)
	1.1.10. LITIO (LITIO)
	1.1.11. LITIO (LITIO)
	1.1.12. LITIO (LITIO)
	1.1.13. LITIO (LITIO)
	1.1.14. LITIO (LITIO)
	1.1.15. LITIO (LITIO)
	1.1.16. LITIO (LITIO)
	1.1.17. LITIO (LITIO)
	1.1.18. LITIO (LITIO)
	1.1.19. LITIO (LITIO)
	1.1.20. LITIO (LITIO)
	1.1.21. LITIO (LITIO)
	1.1.22. LITIO (LITIO)
	1.1.23. LITIO (LITIO)
	1.1.24. LITIO (LITIO)
	1.1.25. LITIO (LITIO)
	1.1.26. LITIO (LITIO)
	1.1.27. LITIO (LITIO)
	1.1.28. LITIO (LITIO)
	1.1.29. LITIO (LITIO)
	1.1.30. LITIO (LITIO)

U N A M. FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 CARLOS ALBERTO LÓPEZ DE SUAREZ  
 GEOLÓGICO Y MINERO  
 1996

SECCION 18 - 18'

SE



U. N. S. B. INSTITUTO DE INGENIERIA  
 TERCER DIVISION  
 INSTITUTO DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INGENIERIA







# **APENDICE A**

# **INFORMES Y GRAFICAS**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

TABLA V.1

ANDRACA SANCHEZ HECTOR

POZO N°	TOTAL DE POZOS	E. E. A. S.	PRODUCCION TOTAL MILES DE TON.	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
14-34	1	1,70	10.626,00	NOV-1966	ENE-1967
14-36	2	3,00	10.494,00	MAR-1967	MAY-1967
14-39	3	2,90	24.134,00	JUN-1967	OCT-1967
14-40	4	4,70	16.021,00	JUL-1967	NOV-1967
14-41	5	1,50	1.481,00	JUL-1967	JUL-1967
14-43	6	3,70	10.287,00	JUN-1967	SEP-1967
14-47	7	3,90	25.943,00	JUL-1967	ENE-1968
14-48	8	5,00	6.146,00	AGO-1967	NOV-1967
14-49	9	7,70	14.876,00	JUL-1967	FEB-1968
14-51	10	8,60	23.204,00	SEP-1967	MAR-1968
14-54	11	2,40	1.080,00	SEP-1967	FEB-1968
14-56	12	3,30	14.069,00	NOV-1967	FEB-1968
14-58	13	7,70	14.878,00	JUL-1967	FEB-1968
14-59	14	6,00	25.039,00	DIC-1969	SEP-1970
14-60	15	3,80	25,00	NOV-1967	DIC-1967
14-61	16	4,80	13.733,00	NOV-1967	MAR-1968
14-62	17	4,40	22.336,00	DIC-1967	JUN-1968
14-63	18	2,90	3.561,00	DIC-1967	FEB-1968
14-64	19	2,20	4.281,00	ENE-1968	MAR-1968
14-65	20	3,30	2.264,00	OCT-1968	DIC-1968
14-66	21	2,20	5.070,00	FEB-1968	ABR-1968
14-67	22	4,30	1.525,00	MAR-1968	ABR-1968
14-69	23	4,50	1.222,00	FEB-1968	MAR-1968
14-70	24	7,90	5.053,00	MAR-1968	ABR-1968
14-73	25	5,80	3.630,00	MAY-1968	JUL-1968
14-74	26	3,20	4.691,00	AGO-1969	DIC-1969
14-78"A"	27	9,00	26.186,00	ENE-1969	JUL-1969
14-77	28	6,90	8.818,00	ENE-1969	JUN-1969
14-78	29	2,80	3.011,00	MAR-1969	ABR-1969
14-79	30	0,80	6.196,00	OCT-1968	ENE-1969
14-81	31	12,30	10.051,00	NOV-1968	ABR-1969
14-82	32	-	14.557,00	OCT-1968	MAR-1969
14-84	33	6,40	16.093,00	NOV-1968	MAY-1969
14-85	34	6,10	2.362,00	DIC-1968	FEB-1969
14-86	35	12,90	10.343,00	NOV-1968	MAY-1969
14-87	36	13,10	6.930,00	NOV-1968	MAY-1969
14-88	37	3,00	11.614,00	DIC-1968	ABR-1969
14-92	38	4,50	932,00	DIC-1968	DIC-1968
14-93	39	9,40	6.730,00	DIC-1968	ABR-1969
<b>SUBTOTALES</b>	<b>39</b>	<b>200,50</b>	<b>391.494,00</b>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

TABLA V.1  
 Continuación...

POZO N°	TOTAL DE POZOS	E.E.A.S.	PRODUCCION TOTAL MILES DE TON.	ANDRACA SANCHEZ HECTOR	
				FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
14-05	1	10,00	24,047,00	ENE-1969	DIC-1969
14-08	2	9,50	25,685,00	FEB-1969	FEB-1970
14-09	3	18,50	14,070,00	FEB-1969	OCT-1969
14-101	4	8,00	3,607,00	ABR-1969	JUL-1969
14-104	5	7,20	2,889,00	ABR-1969	JUL-1969
14-105	6	14,00	56,994,00	ABR-1969	MAY-1971
14-106	7	7,90	13,7344,00	ABR-1969	JUN-1971
14-107	8	8,10	4,836,00	ABR-1969	JUL-1969
14-108	9	8,00	39,857,00	ABR-1969	ABR-1970
14-109	10	9,00	22,260,00	MAY-1969	FEB-1970
14-110	11	9,70	13,278,00	MAY-1969	SEP-1969
14-111	12	5,60	32,077,60	MAY-1969	FEB-1970
14-113	13	4,20	16,645,00	MAY-1969	DIC-1969
14-115	14	10,20	21,671,00	JUN-1969	ABR-1970
14-118	15	7,30	13,446,00	OCT-1969	MAY-1970
14-117	16	4,10	24,138,00	JUL-1969	JUL-1970
14-118	17	3,50	9,143,00	JUL-1969	ENE-1970
14-119	18	6,20	3,901,00	AGO-1969	DIC-1969
14-120	19	5,50	4,653,00	OCT-1969	ENE-1970
14-121	20	8,00	13,583,00	OCT-1969	JUN-1970
14-122	21	7,40	11,792,00	JUN-1971	JUL-1975
14-123	22	6,80	552,00	MAR-1971	MAY-1971
14-124	23	7,50	4,975,00	JUN-1971	AGO-1971
14-125	24	4,00	7,187,00	DIC-1969	JUN-1970
14-127	25	6,70	5,208,00	FEB-1970	JUN-1970
14-128	26	2,00	1,231,00	FEB-1970	ABR-1970
14-130	27	2,60	3,618,00	MAR-1970	JUN-1970
14-131"A"	28	4,50	5,587,00	MAY-1970	OCT-1970
14-132	29	4,70	46,676,00	ABR-1970	SEP-1971
14-133	30	5,60	33,628,00	JUN-1970	SEP-1971
14-135	31	4,80	26,709,00	MAY-1970	MAY-1971
14-136	32	6,70	2,701,00	JUN-1970	SEP-1970
14-137	33	2,30	863,00	JUN-1970	SEP-1970
14-138	34	6,10	10,560,00	JUL-1970	MAY-1971
14-140	35	2,80	10,062,00	AGO-1970	MAR-1971
14-142	36	2,70	6,270,00	OCT-1970	MAR-1971
14-143	37	2,00	44,00	SEP-1970	SEP-1970
14-144	38	4,30	2,801,00	SEP-1970	ENE-1971
<b>SUBTOTALES</b>	<b>38</b>	<b>237,80</b>	<b>671,582,00</b>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

TABLA V.1  
 Continuación...

POZO N°	TOTAL DE POZOS	E.E.A.S.	PRODUCCION TOTAL MILERS DE TON	ANDRACA SANCHEZ HECTOR	
				FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
14-146	39	4,40	5.203,00	NOV-1970	MAR-1971
14-148	40	7,40	10.571,00	NOV-1970	AGO-1971
14-149	41	8,60	5.044,00	MAR-1971	JUN-1971
14-151	42	3,80	2.231,00	MAR-1971	MAY-1971
14-153	43	3,80	8.527,00	MAR-1971	JUL-1971
14-154	44	1,70	123,00	ABR-1971	ABR-1971
14-155	45	7,80	10.900,00	ABR-1971	AGO-1971
14-158	46	9,80	2.027,00	SEP-1971	DIC-1971
14-157	47	6,90	4.749,00	JUL-1971	JUL-1975
14-158	48	11,30	3.302,00	OCT-1971	DIC-1971
14-159	49	11,80	7.828,00	SEP-1971	ENE-1976
14-180	50	7,80	2.307,00	ENE-1975	ABR-1975
14-181	51	9,10	2.960,00	OCT-1972	FEB-1973
14-182	52	10,40	15.535,00	OCT-1972	ABR-1974
14-183	53	12,20	9.433,00	NOV-1972	AGO-1973
14-184	54	8,40	7.822,00	DIC-1972	JUN-1973
14-185	55	4,50	5.081,00	ENE-1973	JUN-1973
14-186	56	9,20	8.307,00	ABR-1973	AGO-1973
14-187	57	8,40	15.564,00	JUL-1973	ENE-1974
14-189	58	5,60	6.477,00	AGO-1973	NOV-1973
14-170	59	10,40	7.496,00	DIC-1973	AGO-1974
14-171	60	9,50	12.050,00	ENE-1974	JUN-1974
14-172	61	11,00	15.352,00	ENE-1974	NOV-1974
14-173	62	8,70	4.105,00	MAR-1974	JUL-1974
14-174	63	8,80	7.870,00	MAR-1974	JUL-1974
14-175	64	7,80	989,00	ABR-1974	JUN-1974
14-178	65	10,70	7.329,00	MAY-1974	FEB-1975
14-177	66	10,30	2.648,00	JUN-1974	AGO-1974
14-178	67	14,00	10.284,00	OCT-1974	MAY-1975
14-179	68	12,30	2.734,00	DIC-1974	FEB-1975
14-180	69	7,70	8.205,00	ENE-1975	JUN-1975
14-181	70	5,10	4.590,00	ENE-1975	MAY-1975
14-182	71	11,00	3.910,00	ENE-1975	MAY-1975
14-183	72	11,70	3.024,00	FEB-1975	MAY-1975
14-184	73	6,30	8.350,00	MAY-1975	ENE-1978
14-185	74	7,80	4.803,00	FEB-1975	JUL-1975
14-186	75	8,30	2.596,00	ABR-1975	JUL-1975
14-187	76	5,30	1.007,00	ABR-1975	JUN-1976
14-188	77	6,30	7.324,00	MAY-1975	ENE-1978
<b>SUBTOTALES</b>	<b>77</b>	<b>319,20</b>	<b>247.315,00</b>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

T A B L A V.1  
 Continuación...

POZO N°	TOTAL DE POZOS	E.E.A.S.	PRODUCCION TOTAL MILES DE TON.	ANDRACA SANCHEZ HECTOR	
				FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
14-189	78	8,60	9,988,00	JUN-1975	ENE-1976
14-190	79	4,00	544,00	MAY-1975	JUL-1975
14-191	80	7,40	7,585,00	JUL-1975	DIC-1975
14-193	81	2,20	526,00	AGO-1975	SEP-1975
14-201	82	9,70	998,00	JUL-1977	DIC-1977
14-202	83	1,90	1,478,00	JUL-1977	DIC-1977
14-203	84	3,10	947,00	JUL-1977	OCT-1977
14-204	85	3,40	1,877,00	JUL-1977	DIC-1977
14-205	86	2,80	2,849,00	DIC-1977	MAR-1978
14-206	87	4,70	3,145,00	DIC-1977	JUL-1978
14-207	88	4,80	222,00	DIC-1977	FEB-1978
14-208	89	2,60	1,271,00	DIC-1977	JUL-1978
14-216	90	2,60	306,00	OCT-1977	DIC-1977
14-216	91	3,90	1,358,00	FEB-1978	JUL-1978
14-217	92	1,30	918,00	FEB-1978	JUL-1978
14-218	93	4,40	214,00	MAR-1978	ABR-1978
14-219	94	3,60	664,00	ABR-1978	JUL-1978
14-220	95	2,30	123,00	ABR-1978	JUL-1978
14-221	96	8,87	494,00	MAR-1992	JUN-1992
14-222	97	2,29	0,00	MAR-1992	
14-224	98	5,88	0,00	JUL-1992	
14-225	99	7,03	4,800,00	JUL-1991	ABR-1992
14-227	100	8,15	603,00	JUL-1991	OCT-1991
14-228	101	7,54	761,00	DIC-1991	JUN-1992
14-230	102	10,17	1,327,00	JUL-1991	MAY-1992
14-231	103	7,31	2,336,00	JUL-1991	ABR-1992
14-233	104	8,94	1,242,00	AGO-1991	ABR-1992
14-236	105	8,84	1,247,00	SEP-1991	MAR-1992
14-237	106	4,31	4,00	AGO-1991	OCT-1991
14-240	107	8,23	2,298,00	AGO-1991	ABR-1992
14-241	108	7,08	2,503,00	AGO-1991	MAR-1992
14-244	109	11,01	0,00	JUN-1992	
14-247	110	10,61	0,00	MAR-1992	
14-250	111	3,25	2,771,00	ENE-1992	JUL-1992
14-251	112	9,80	113,00	AGO-1991	OCT-1991
14-252	113	3,54	1,373,00	OCT-1991	ENE-1992
14-253	114	3,85	1,294,00	MAR-1992	JUL-1992
14-261	115	7,82	0,00	ABR-1992	
14-262	118	4,53	0,00	MAR-1992	
<b>SUBTOTALES</b>	<b>118</b>	<b>217,93</b>	<b>58,035,00</b>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

TABLA V.1  
 Continuación...

ANDRACA SANCHEZ HECTOR

POZO N°	TOTAL DE POZOS	E.E.A.S.	PRODUCCION TOTAL MILES DE TON.	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
14-265	117	2,75	0,00	MAR-1992	
14-266	118	7,85	0,00	FEB-1992	
14-271	119	4,95	84,00	MAR-1992	JUL-1992
14-275	120	4,20	0,00	MAR-1992	
14-276	121	6,74	0,00	MAY-1992	
14-284	122	6,43	0,00	MAY-1992	
14-285	123	6,15	0,00	MAY-1992	
14-289	124	0,00	0,00		
14-290	125	6,60	0,00	ABR-1992	
14-291	128	9,85	0,00	MAY-1992	
14-292	127	7,18	0,00	JUN-1992	
14-294	128	2,55	0,00	JUL-1992	
14-295	129	7,10	0,00	MAY-1992	
14-297	130	9,45	0,00	JUN-1992	
14-298	131	4,73	0,00	JUL-1992	
<b>SUBTOTALES</b>	<b>131</b>	<b>86,33</b>	<b>84,00</b>		
<b>GRAN TOTAL =</b>			<b>1 368 510,00</b>		
<b>PROMEDIO DE E.E.A.S. =</b>			<b>8,105036106</b>		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

TABLA V 2

ANDRACA SANCHEZ HECTOR

TRIANGULO N°	TOTAL DE TRIANG	E.E.A.S PROMEDIO DEL TRIANG	BASE DEL TRIANGULO	ALTURA DEL TRIANGULO	RESERVA ESTIMADA EN TONELADAS
14-01	1	7.66	53.00	66.00	35 961.71
14-02	2	8.36	50.00	64.00	27 554.56
14-03	3	6.36	64.00	42.00	17 608.55
14-04	4	6.60	79.00	53.00	26 721.98
14-05	5	6.70	75.00	22.00	11 366.05
14-06	6	5.76	54.00	74.00	23 707.47
14-07	7	1.06	105.00	92.00	10 548.79
14-08	8	6.81	64.00	50.00	22 445.76
14-09	9	7.83	81.00	109.00	53 623.52
14-10	10	12.13	36.00	109.00	49 028.08
14-11	11	7.66	110.00	30.00	26 038.34
14-12	12	4.43	30.00	23.00	3 148.40
14-13	13	4.33	23.00	53.00	5 436.02
14-14	14	5.30	31.00	66.00	11 507.57
14-15	15	6.73	35.00	92.00	28 953.92
14-16	16	6.66	42.00	60.00	29 670.53
14-17	17	6.76	42.00	80.00	30 316.61
14-18	18	6.66	63.00	62.00	46 961.17
14-19	19	7.66	76.00	66.00	40 608.53
14-20	20	14.23	70.00	38.00	42 329.13
14-21	21	29.79	50.00	58.00	90 516.92
14-22	22	3.10	49.00	30.00	4 683.71
14-23	23	3.50	49.00	30.00	4 326.00
14-24	24	7.50	38.00	40.00	11 742.00
14-25	25	9.20	53.00	75.00	37 667.10
14-26	26	6.90	47.00	62.00	18 506.53
14-27	27	6.40	73.00	93.00	44 753.09
14-28	28	6.40	75.00	97.00	47 956.80
14-29	29	8.60	50.00	75.00	33 217.50
14-30	30	9.26	42.00	40.00	16 023.50
14-31	31	6.63	40.00	63.00	17 208.63
14-32	32	4.53	41.00	65.00	12 434.82
14-33	33	3.43	47.00	53.00	8 800.45
14-34	34	6.06	43.00	46.00	12 346.26
<b>SUBTOTALES</b>	<b>34</b>	<b>259.45</b>	<b>1 672.00</b>	<b>2 121.00</b>	<b>906 045.49</b>

ANDRACA SANCHEZ HECTOR

TRIANGULO N°	TOTAL DE TRIANG.	E E A S PROMEDIO DEL TRIANG	BASE DEL TRIANGULO	ALTURA DEL TRIANGULO	RESERVA ESTIMADA EN TONELADAS
14 - 35	35	5.03	50.00	68.00	17 815.06
14 - 36	36	6.20	50.00	73.00	23 308.90
14 - 37	37	5.90	73.00	84.00	37 264.16
14 - 38	38	6.10	82.00	71.00	48 572.95
14 - 39	39	8.03	73.00	71.00	42 868.07
14 - 40	40	6.06	95.00	82.00	48 623.62
14 - 41	41	6.19	95.00	88.00	53 300.85
14 - 42	42	4.53	88.00	103.00	42 291.72
14 - 43	43	3.20	103.00	95.00	32 251.36
14 - 44	44	1.10	53.00	128.00	7 686.27
14 - 45	45	3.36	60.00	95.00	19 726.56
14 - 46	46	6.00	101.00	121.00	75 925.78
14 - 47	47	6.76	50.00	85.00	29 591.90
14 - 48	48	7.36	50.00	57.00	21 605.28
14 - 49	49	8.30	36.00	135.00	41 548.14
14 - 50	50	5.70	66.00	135.00	52 310.61
14 - 51	51	6.13	80.00	99.00	50 006.09
14 - 52	52	9.73	35.00	84.00	29 464.39
14 - 53	53	9.66	33.00	84.00	27 560.65
14 - 54	54	9.46	40.00	93.00	36 240.94
14 - 55	55	6.16	30.00	126.00	23 983.34
14 - 56	56	1.43	60.00	45.00	3 976.83
14 - 57	57	2.20	48.00	45.00	4 694.56
<b>SUBTOTALES :</b>	<b>57</b>	<b>136.59</b>	<b>1 451.00</b>	<b>2 067.00</b>	<b>770 244.23</b>
<b>PROMEDIO DE E.E.A.S. =</b>		<b>8.95</b>			
		<b>TOTAL DE RESERVA</b>	<b>NUEVA TRIANGULACION=</b>		<b>1.676.289.72</b>
		<b>TOTAL DE RESERVA</b>	<b>ORIGINAL=</b>		<b>4.891.870.00</b>
		<b>TOTAL DE RESERVA</b>	<b>PROBADA=</b>		<b>3.205.580.28</b>
		<b>TONELAJE EXTRAIDO=</b>	<b>HASTA JULIO=</b>		<b>1.388 610.00</b>
<b>RESERVA PROBADA</b>	<b>MENOS</b>	<b>TONELAJE EXTRAIDO=</b>			<b>1.837.070.28</b>
			<b>REMANENTE =</b>		<b><u>1.837.070.28</u></b>

# AZUFRERA PANAMERICANA S. A.

UNIDAD JALTIPAN

## COMPARATIVO DE PRODUCCION

1992 MES	RELAY #21		
	PRODUCCION T.M./DIA	INYECCION GALS./DIA	CONSUMO GALS./TON.
ENERO	67	1,726,226	26,632
FEBRERO	18	1,196,724	57,519
MARZO	30	1,092,903	36,469
ABRIL	67	1,097,867	12,566
MAYO	254	1,397,866	5,505
JUNIO	302	1,749,443	5,797
JULIO	5	292	1,969,200
			6,753

RELAY #22		
PRODUCCION T.M./DIA	INYECCION GALS./DIA	CONSUMO GALS./TON.
0	437,000	0
56	818,034	14,653
116	1,467,387	12,643
127	1,937,067	15,201
133	2,114,645	15,954
132	1,996,133	15,115
203	1,820,400	8,967

1992 MES	TOTAL JALTIPAN		
	PRODUCCION T.M./DIA	INYECCION GALS./DIA	CONSUMO GALS./TON.
ENERO	67	2,165,226	32,317
FEBRERO	74	2,014,758	27,226
MARZO	146	2,560,290	17,532
ABRIL	215	3,034,933	14,129
MAYO	386	3,512,452	9,088
JUNIO	434	3,745,567	8,633
JULIO	5	495	3,789,600
			7,662



**AZUFRERA PANAMERICANA, S.A.**  
**UNIDAD JALTIPAN**

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION  
ANALISIS DE LA SITUACION 5 DE JULIO DE 1992

POZO	RESERVAS	ACUMULADO		W D	ACUMULADO		PRODUCCION					MYECCOM		CONSUMO				
	ESTIMADAS	TOTAL	TOTAL		MENS	MENS	FROM TOTAL	PRODUCCION FROM TORUJA MENSUAL					PROM GAL/D	MYECCOM	PROM GAL/D	PROM GAL/D		
	TAL	OZAS	OZAS	TAL	OZAS	TOTAL	JUNIO	JULIO	FEB	MAR	ABR	MAY	TOTAL	ANUAL	T.M.TOTAL	T.M.MON		
14-244	7,119	746	12	10	234	5	57	58	39	4	0	0	64	47	212,358	226,000	5,700	6,879
14-247	9,878	2,853	122	27	131	5	22	21	26	3	0	0	43	24	225,523	244,400	10,332	8,325
14-275	8,116	2,497	118	41	261	5	21	*	*	10	4	0	20	48	213,619	210,000	10,693	5,227
14-276	8,561	6,939	100	73	535	5	62	*	*	13	3	1*	47	187	205,840	178,000	2,964	1,664
14-288	5,136	1,552	66	30	19	5	34	*	*	1	31	39	21	4	237,303	245,800	10,091	69,279
14-290	6,131	2,346	66	42	222	5	34	*	*	*	0	31	24	24	214,439	239,000	8,602	9,793
14-291	14,416	1,642	48	11	0	5	24	*	*	*	47	24	28	8	217,250	170,600	6,351	0
14-292	10,284	1,671	29	14	140	5	21	*	*	*	0	29	55	28	221,133	239,800	4,345	6,344
14-293	10,338	1,520	40	15	77	5	14	*	*	*	0	41	19	18	232,000	225,800	6,239	16,32*
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>78,999</b>	<b>21,951</b>	<b>602</b>	<b>27</b>	<b>1,458</b>	<b>45</b>	<b>36</b>						<b>254</b>	<b>102</b>	<b>2,036,222</b>	<b>1,969,200</b>	<b>6,777</b>	<b>6,733</b>
<b>PRODUCTIVIDAD</b>							<b>36</b>								<b>32</b>			

**LOTE 14 (E. C. 22)**

14-222	7,336	1,187	118	16	0	5	10	*	*	15	20	3	0	9	168,103	32,000	18,282	0
14-230	3,608	2,851	158	73	39	5	17	0	22	14	3	23	25	1	234,905	234,400	14,000	52,813
14-233	5,679	1,269	128	22	9	5	10	*	*	18	3	13	7	3	226,524	118,800	22,492	64,778
14-261	8,338	3,017	91	36	104	5	13	*	*	8	40	31	15	21	252,703	247,000	7,049	11,673
14-262	6,353	1,633	110	25	63	5	15	*	*	20	4	4	7	17	207,764	251,000	13,974	15,120
14-263	4,077	2,048	104	50	44	5	20	*	*	11	17	4	16	9	274,856	233,400	11,412	26,523
14-264	15,261	2,536	149	17	120	5	11	*	14	8	9	21	25	24	236,809	223,400	13,668	9,306
14-284	7,319	1,391	54	19	378	5	23	*	*	*	0	45	26	25	231,674	211,800	7,058	9,844
14-291	15,760	819	9	4	488	5	30	*	*	*	0	46	41	31	176,000	187,000	1,958	1,916
14-298	6,844	0	1	0	0	1	0	*	*	*	0	46	81	0	184,000	164,000	0	0
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>80,996</b>	<b>16,364</b>	<b>918</b>	<b>21</b>	<b>1,018</b>	<b>44</b>	<b>19</b>						<b>153</b>	<b>203</b>	<b>2,126,258</b>	<b>1,820,400</b>	<b>12,045</b>	<b>8,987</b>
<b>PRODUCTIVIDAD</b>							<b>19</b>								<b>27</b>			
<b>TOTAL:</b>	<b>159,995</b>	<b>38,379</b>	<b>1,520</b>	<b>24</b>	<b>2,473</b>	<b>91</b>	<b>25</b>						<b>411</b>	<b>4,162,460</b>	<b>3,789,600</b>	<b>164,000</b>	<b>7,662</b>	
<b>PRODUCTIVIDAD</b>							<b>25</b>								<b>37</b>			

(\*)

PUCCANON EN EL MES DE MAYO

FOID NO. 14-286

FOID NO. 14-284

FOID NO. 14-291

FOID NO. 14-298

TOTAL RELAT 22

FOID NO. 14-286			FOID NO. 14-284			FOID NO. 14-291			FOID NO. 14-298			TOTAL RELAT 22						
TOS.	GLS.	GLS/TON	TOS.	GLS.	GLS/TON	TOS.	GLS.	GLS/TON	TOS.	GLS.	GLS/TON	TOS.	GLS.	GLS/TON				
PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR						
R. EST	15,261		R. EST	1,219		R. EST	11,490		R. EST	6,844		R. EST	80,996					
ACQU.	2,456	24,052,000	12,802	1,865	11,478,000	5,871	ACQU.	327	649,000	2,016	ACQU.	0	0	ACQU.	15,949	195,479,000	12,241	
I. EST	16		I. EST	13		I. EST	2		I. EST	0		I. EST	20					
DIAS	144	144	DIAS	45	49	DIAS	4	4	DIAS	0	0	DIAS	872	872				
PROD.	17	226,757	PROD.	24	221,194	PROD.	91	162,259	PROD.			PROD.	18	224,173				
DIA			DIA			DIA			DIA			DIA						
1	40	195,000	4,875	1	7	251,000	2,142	1	24	127,000	2,862	1	1	155	1,829,000	11,800		
2	22	221,000	9,895	2	26	234,000	9,900	2	71	214,000	2,922	2	2	195	1,801,000	9,236		
3	32	229,000	7,156	3	22	257,000	11,682	3	101	191,000	1,792	3	3	219	1,840,000	8,402		
4	17	229,000	13,417	4	22	256,000	11,626	4	149	154,000	995	4	4	231	1,783,000	7,719		
5	8	244,000	30,559	5	21	214,000	4,193	5	92	298,000	2,212	5	0	164,000	213	1,849,000	8,640	
6				6				6				6						
7				7				7				7						
8				8				8				8						
9				9				9				9						
10				10				10				10						
11				11				11				11						
12				12				12				12						
13				13				13				13						
14				14				14				14						
15				15				15				15						
16				16				16				16						
17				17				17				17						
18				18				18				18						
19				19				19				19						
20				20				20				20						
21				21				21				21						
22				22				22				22						
23				23				23				23						
24				24				24				24						
25				25				25				25						
26				26				26				26						
27				27				27				27						
28				28				28				28						
29				29				29				29						
30				30				30				30						
31				31				31				31						
TOTAL	120	1,117,000	9,226	TOTAL	122	1,214,000	9,494	TOTAL	498	922,000	1,916	TOTAL	0	164,000	TOTAL	1,015	9,102,000	8,967
DIAS	5			DIAS	5			DIAS	5			DIAS	1		DIAS	5		
PROD.	24	223,400		PROD.	26	246,800		PROD.	96	197,000		PROD.	0	164,000	PROD.	203	1,820,400	

PROD/M 9  
DPP/M 45  
TAP/M 23

FOID NO. 14-286			FOID NO. 14-284			FOID NO. 14-291			FOID NO. 14-298			TOTAL RELAT 22		
PROD. ACQU.	ULTIMO DATO		PROD. ACQU.	ULTIMO DATO		PROD. ACQU.	ULTIMO DATO		PROD. ACQU.	ULTIMO DATO		PROD. ACQU.	ULTIMO DATO	
ACQU.	1,076	20,210,000	10,456	ACQU.	1,271	12,440,000	10,028	ACQU.	519	1,564,000	1,954	ACQU.	0	164,000
I. EST	27		I. EST	19		I. EST	6		I. EST	0		I. EST	21	
DIAS	149	149	DIAS	54	54	DIAS	9	9	DIAS	1	1	DIAS	917	917
PROD.	17	226,285	PROD.	23	214,074	PROD.	99	176,000	PROD.	0	164,000	PROD.	19	222,098

ENCIO EL DIA 12 A LAS 16:20 HRS. ENCIO EL DIA 17 A LAS 16:20 HRS. ENCIO EL DIA 22 A LAS 16:20 HRS.

FOTO NO. 14-22			FOTO NO. 14-23			FOTO NO. 14-24			FOTO NO. 14-25			FOTO NO. 14-26			FOTO NO. 14-27							
TONE.	SALES.	SALES/TON	TONS.	SALES.	SALES/TON	TONE.	SALES.	SALES/TON	TONE.	SALES.	SALES/TON	TONS.	SALES.	SALES/TON	TONE.	SALES.	SALES/TON					
PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR							
R. EST.	2,629		R. EST.	2,629		R. EST.	2,629		R. EST.	2,629		R. EST.	2,629		R. EST.	2,629						
ADM.	1,187	21,869,000	16,746	ADM.	2,412	25,842,000	17,722	ADM.	1,236	23,829,000	22,159	ADM.	2,912	29,022,000	4,877	ADM.	1,552	21,529,000				
2. EXT.	16		2. EXT.	72		2. EXT.	72		2. EXT.	25		2. EXT.	24		2. EXT.	48						
DIAS	111	111	DIAS	152	152	DIAS	121	121	DIAS	86	86	DIAS	105	105	DIAS	89	89					
PROD.	11	12,112	PROD.	17	224,268	PROD.	10	221,268	PROD.	34	221,268	PROD.	15	215,742	PROD.	20	224,424					
1	0	76,000	1	11	251,000	22,819	1	1	10,000	6,000	1	8	245,000	20,625	1	10	245,000	24,000				
2	0	75,000	2	2	248,000	123,000	2	2	155,000	21,500	2	22	221,000	10,500	2	24	224,000	9,200				
3	0	9,000	3	5	248,000	29,775	3	1	141,000	116,000	3	25	227,000	10,200	3	20	226,000	12,000				
4	0	0	4	12	251,000	20,917	4	1	116,000	216,000	4	4	225,000	47,222	4	16	226,000	16,500				
5	0	0	5	5	226,000	51,200	5	2	91,000	22,000	5	42	228,000	5,249	5	17	220,000	20,000				
6			6				6				6				6							
7			7				7				7				7							
8			8				8				8				8							
9			9				9				9				9							
10			10				10				10				10							
11			11				11				11				11							
12			12				12				12				12							
13			13				13				13				13							
14			14				14				14				14							
15			15				15				15				15							
16			16				16				16				16							
17			17				17				17				17							
18			18				18				18				18							
19			19				19				19				19							
20			20				20				20				20							
21			21				21				21				21							
22			22				22				22				22							
23			23				23				23				23							
24			24				24				24				24							
25			25				25				25				25							
26			26				26				26				26							
27			27				27				27				27							
28			28				28				28				28							
29			29				29				29				29							
30			30				30				30				30							
31			31				31				31				31							
TOTAL	0	140,000	TOTAL	37	1,272,000	22,615	TOTAL	9	552,000	64,776	TOTAL	104	1,235,000	11,875	TOTAL	83	1,255,000	12,120	TOTAL	44	1,167,000	24,522
DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	5	
PROD.	0	32,000	PROD.	8	254,400	PROD.	2	116,600	PROD.	21	247,000	PROD.	17	251,000	PROD.	9	223,400					

PROD. ACUM. ULTIMO DATO		PROD. ACUM. ULTIMO DATO		PROD. ACUM. ULTIMO DATO		PROD. ACUM. ULTIMO DATO		PROD. ACUM. ULTIMO DATO		PROD. ACUM. ULTIMO DATO												
ADM.	1,187	21,820,000	18,282	ADM.	2,451	27,118,000	14,000	ADM.	1,264	26,542,000	22,472	ADM.	3,017	21,237,000	7,049	ADM.	1,632	22,654,000	12,876	ADM.	2,042	22,282,000
2. EXT.	16		2. EXT.	72		2. EXT.	72		2. EXT.	25		2. EXT.	25		2. EXT.	25		2. EXT.	48			
DIAS	116	116	DIAS	158	158	DIAS	126	126	DIAS	91	91	DIAS	110	110	DIAS	104	104	DIAS	89	89		
PROD.	10	128,161	PROD.	17	224,902	PROD.	10	224,524	PROD.	33	221,702	PROD.	15	207,744	PROD.	20	224,856					

FOID NO. 14-270			FOID NO. 14-271			FOID NO. 14-272			FOID NO. 14-273			TOTAL RELAY ZI				
TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON		
PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR				
REST	6,151		REST	14,416		REST	10,264		REST	10,228		REST	73,999			
ACUM.	2,444	16,758,000	6,822	ACUM.	1,642	5,775,000	5,953	ACUM.	1,331	5,214,500	2,417	ACUM.	1,442	8,735,000		
CELT	43		CELT	11		CELT	12		CELT	14		CELT	25			
DIAS	43	43	DIAS	43	43	DIAS	24	24	DIAS	25	25	DIAS	337	337		
PROD.	43	336,323	PROD.	36	221,126	PROD.	32	217,250	PROD.	41	226,437	PROD.	26	225,760		
1	44	716,000	1,895	15	154,000	1	6	252,000	1	27	745,000	6,222	1	275	1,971,000	
2	30	244,000	8,123	25	0	124,000	2	50	225,000	2	9	251,000	29,000	2	307	1,962,000
3	18	251,000	17,844	32	0	126,000	3	31	228,000	3	4	275,000	66,250	3	329	1,922,000
4	1	257,000	271,000	43	0	125,000	4	4	254,000	4	11	251,000	22,816	4	157	2,045,000
5	27	227,000	7,625	32	0	114,000	5	47	225,000	5	23	244,000	9,385	5	370	1,916,000
6			6			6			6			6			6	
7			7			7			7			7			7	
8			8			8			8			8			8	
9			9			9			9			9			9	
10			10			10			10			10			10	
11			11			11			11			11			11	
12			12			12			12			12			12	
13			13			13			13			13			13	
14			14			14			14			14			14	
15			15			15			15			15			15	
16			16			16			16			16			16	
17			17			17			17			17			17	
18			18			18			18			18			18	
19			19			19			19			19			19	
20			20			20			20			20			20	
21			21			21			21			21			21	
22			22			22			22			22			22	
23			23			23			23			23			23	
24			24			24			24			24			24	
25			25			25			25			25			25	
26			26			26			26			26			26	
27			27			27			27			27			27	
28			28			28			28			28			28	
29			29			29			29			29			29	
30			30			30			30			30			30	
31			31			31			31			31			31	

TOTAL	122	1,195,000	9,795	TOTAL	0	153,000	TOTAL	140	1,197,000	9,564	TOTAL	77	1,278,000	11,577	TOTAL	1,458	9,846,000	6,723
DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	
PROD.	24	227,000	PROD.	0	133,600	PROD.	26	237,800	PROD.	15	225,500	PROD.	27	225,760	PROD.	27	1,949,200	

FOI/M 9  
D/P/M 45  
I/P/M 31

PROD. ACUM. ULTIMO DATO														
ACUM.	2,586	17,422,000	6,892	ACUM.	1,642	10,476,000	6,251	ACUM.	1,471	6,412,000	4,260	ACUM.	1,520	9,260,000
CELT	42		CELT	11		CELT	14		CELT	14		CELT	15	
DIAS	46	46	DIAS	48	48	DIAS	29	29	DIAS	40	40	DIAS	40	40
PROD.	39	264,437	PROD.	34	217,250	PROD.	31	221,126	PROD.	38	237,600	PROD.	36	225,184

DIICIO DIA 1, 15:30 HRS.

DIICIO DIA 19, 17:00 HRS.

DIICIO DIA 27, 18:45 HRS.

PCO NO. 14-244

PCO NO. 14-247

PCO NO. 14-272

PCO NO. 14-276

PCO NO. 14-288

PCO NO. 14-244			PCO NO. 14-247			PCO NO. 14-272			PCO NO. 14-276			PCO NO. 14-288		
TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON	TONS.	GALS.	GALS/TON
PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR			PRODUCTION ANTERIOR		
R. EST.	7,119		R. EST.	9,878		R. EST.	4,116		R. EST.	9,561		R. EST.	5,136	
ACUM.	312	1,632,000	ACUM.	2,522	28,292,000	ACUM.	2,795	24,157,000	ACUM.	3,497	19,374,000	ACUM.	1,524	14,421,000
I. EXT.	7		I. EXT.	26		I. EXT.	36		I. EXT.	67		I. EXT.	20	
DIAS	8	8	DIAS	117	117	DIAS	110	117	DIAS	95	95	DIAS	61	61
PROD.	64	202,750	PROD.	22	224,718	PROD.	20	212,779	PROD.	67	297,695	PROD.	25	226,607
DIA			DIA			DIA			DIA			DIA		
1	59	220,000	2,729	1	46	220,000	4,563	1	57	192,000	2,366	1	22	245,000
2	49	215,000	4,586	2	30	225,000	7,833	2	67	181,000	2,701	2	72	208,000
3	47	238,000	5,647	31	29	245,000	8,750	24	41	199,000	4,124	24	147	131,000
4	22	242,000	7,563	4	22	227,000	8,460	4	12	249,000	18,342	4	46	204,000
5	52	215,000	4,135	5	6	285,000		5	16	247,000	15,722	5	216	99,000
6			6			6		6			6		6	
7			7			7		7			7		7	
8			8			8		8			8		8	
9			9			9		9			9		9	
10			10			10		10			10		10	
11			11			11		11			11		11	
12			12			12		12			12		12	
13			13			13		13			13		13	
14			14			14		14			14		14	
15			15			15		15			15		15	
16			16			16		16			16		16	
17			17			17		17			17		17	
18			18			18		18			18		18	
19			19			19		19			19		19	
20			20			20		20			20		20	
21			21			21		21			21		21	
22			22			22		22			22		22	
23			23			23		23			23		23	
24			24			24		24			24		24	
25			25			25		25			25		25	
26			26			26		26			26		26	
27			27			27		27			27		27	
28			28			28		28			28		28	
29			29			29		29			29		29	
30			30			30		30			30		30	
31			31			31		31			31		31	
TOTAL	234	1,130,000	4,829	TOTAL	131	1,222,000	9,328	TOTAL	261	1,054,000	5,224	TOTAL	535	890,000
DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5	DIAS	5	5
PROD.	47	226,000	PROD.	26	244,400	PROD.	40	210,000	PROD.	107	178,000	PROD.	4	245,800

PCO. ACUM. ULTIMO DATO		PCO. ACUM. ULTIMO DATO		PCO. ACUM. ULTIMO DATO		PCO. ACUM. ULTIMO DATO		PCO. ACUM. ULTIMO DATO						
ACUM.	346	2,740,000	1,700	ACUM.	2,663	27,514,000	10,332	ACUM.	2,497	25,267,000	10,095	ACUM.	6,828	20,564,000
I. EXT.	10		I. EXT.	27		I. EXT.	41		I. EXT.	73		I. EXT.	30	
DIAS	13	13	DIAS	122	122	DIAS	118	118	DIAS	100	100	DIAS	66	66
PROD.	57	212,360	PROD.	22	225,528	PROD.	21	245,619	PROD.	49	202,640	PROD.	24	237,303

DICHO DIA 23, 17,30 MG.

TOTAL RELAY 21			TOTAL RELAY 22			TOTAL UNIDAD MULTIPAN			RESUMEN AREA MULTIPAN				
TONG.	GRS.	GRS/TON	TONG.	GRS.	GRS/TON	TONG.	GRS.	GRS/TON					
PRODUCCION ANTERIOR			PRODUCCION ANTERIOR			PRODUCCION ANTERIOR			MO. DE PERIODO	18			
78,999			P. EST	74,152		P. EST	152,151		REP. DE PERIODO	0			
20,137	12,715,000	6,317	ACUM.	15,949	222,427,000	11,979	ACUM.	246,142,000					
25			E. EST	22		E. EST	24						
557	557	0.00	PROD.	572	572	2048	1,429	1,429					
26	252,730	0.00	FRON.	15	252,730	FRON.	25	242,613	RESERVA	1.0/1			
=====													
			014			014							
27	1,771,000	7,157	1	125	1,629,000	11,800	1	450	1,560,000	6,537	1	1,702,960	77
28	1,862,000	6,371	2	195	1,660,000	9,226	2	567	1,745,000	7,476	2	1,571,200	95
29	1,922,000	5,842	3	247	1,840,000	8,432	3	546	1,767,000	6,865	3	2,475,220	66
30	2,045,000	11,229	4	221	1,781,000	7,719	4	268	1,679,000	9,866	4	2,508,600	45
31	1,946,000	4,190	5	215	1,649,000	8,606	5	683	1,795,000	6,127	5	1,472,460	64
			6				6						
			7				7						
			8				8						
			9				9						
			10				10						
			11				11						
			12				12						
			13				13						
			14				14						
			15				15						
			16				16						
			17				17						
			18				18						
			19				19						
			20				20						
			21				21						
			22				22						
			23				23						
			24				24						
			25				25						
			26				26						
			27				27						
			28				28						
			29				29						
			30				30						
			31				31						
=====													
1,428	9,514,000	6,732	TOTAL	1,615	9,102,000	8,967	TOTAL	1,472	19,748,000	7,662	TOTAL	11,613,760	78
5	5		0145	5	5		0145	5	5		0145	5	5
292	1,997,200		FRON.	201	1,820,400		FRON.	495	1,789,600		FRON.	2,473,752	
=====													
			FRON.	9			FRON.	18			REPARACIONES		
			0145	45			0145	90					
			FRON.	22			FRON.	27					
=====													
FRON. ACUM. ULTIMO DATO			FRON. ACUM. ULTIMO DATO			FRON. ACUM. ULTIMO DATO							
11,292	151,561,000	9,227	ACUM.	18,764	221,527,000	11,852	ACUM.	28,279	367,090,000	9,215			
27			E. EST	27			E. EST	25					
602	602		0145	917	917		0145	1,219	1,219				
26	252,730		FRON.	19	252,730		FRON.	25	241,650				
=====													

AL - REP. LINEAS SUPERFICIALES  
 BL - REP. DE LINEA 1º FONDO  
 CL - REP. DE LINEA 2º FONDO  
 DL - REMOLCO SELLAR  
 EL - CANGALAO FONDO LINEA 1º  
 FL - PESCAJO T.F. 1º  
 GL - PESCAJO T.F. 2º  
 HL - FOLIO DILIGADO.

JALTIPAN JULIO 1992 (HOJA 1) - DESFOCULI.

POZO NO. 14-198  
INICIO JUNIO 19, 1992

POZO NO. 14-199  
INICIO JUNIO 01, 1991.

POZO NO. 14-226  
INICIO JUNIO 21, 1991.

POZO NO. 14-229  
INICIO JUNIO 11, 1991.

DIAS EN OPERACION: 12

DIAS EN OPERACION: 356

DIAS EN OPERACION: 363

DIAS EN OPERACION: 345

TRABAJA CON AIRE

BOMBA 75 H.P.

TRABAJA CON AIRE

TRABAJA CON AIRE

DIA	GALS./ MIN.	GALS./ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS./ MIN.	GALS./ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS./ MIN.	GALS./ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS./ MIN.	GALS./ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.
1	158	274,840	69	16,000	11					11					1				
2	150	270,000	69	16,000	21					2	268	355,920	71		21				
31					31					3	140	201,600	70	29,000	31				
41					41					4	140	201,600	70	31,500	41				
51					51					5	140	201,600	70	22,000	51				
6					6					6					6				
7					7					7					7				
8					8					8					8				
9					9					9					9				
10					10					10					10				
11					11					11					11				
12					12					12					12				
13					13					13					13				
14					14					14					14				
15					15					15					15				
16					16					16					16				
17					17					17					17				
18					18					18					18				
19					19					19					19				
20					20					20					20				
21					21					21					21				
22					22					22					22				
23					23					23					23				
24					24					24					24				
25					25					25					25				
26					26					26					26				
27					27					27					27				
28					28					28					28				
29					29					29					29				
30					30					30					30				
31					31					31					31				

TOTAL  
DIAS 2  
PROM 153

306 440,840  
2 2  
220,320 69 17,000

TOTAL  
DIAS 0  
PROM 0

0 0  
0 0  
0 0 0 0

TOTAL  
DIAS 4  
PROM 172

666 990,720  
4 4  
247,680 70 27,500

TOTAL  
DIAS 0  
PROM 0

0 0  
0 0  
0 0 0 0

DIAS EN OPERACION: 14

DIAS EN OPERACION: 386

DIAS EN OPERACION: 367

DIAS EN OPERACION: 349

JALTIPAN JULIO 1992 (HOJA 2) -DESFOGUE-

POZO NO. 14-234 INICIO AGOSTO 02, 1991					POZO NO. 14-235 INICIO ABRIL 14, 1991					POZO NO. 14-242 INICIO MARZO 01, 1991					POZO NO. 14-243 INICIO SEPTIEMBRE 13, 1991.				
DÍAS EN OPERACION: 117					DÍAS EN OPERACION: 66					DÍAS EN OPERACION: 117					DÍAS EN OPERACION: 249				
TRABAJA CON AIRE					BOMBA 75 H.P.					BOMBA 75 H.P.					BOMBA 75 H.P.				
DIA	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	DIA	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.
1	20	28,800	51	14,000	11					1	240	352,800	70	10,000	11				
2	19	27,360	49	20,000	21					2	240	352,800	70	7,000	21				
3	10	14,400	49	20,000	31					31					31				
4	10	14,400	49	16,000	41					41					41				
5	10	14,400	49	16,000	51					51					51				
6					6					6					6				
7					7					7					7				
8					8					8					8				
9					9					9					9				
10					10					10					10				
11					11					11					11				
12					12					12					12				
13					13					13					13				
14					14					14					14				
15					15					15					15				
16					16					16					16				
17					17					17					17				
18					18					18					18				
19					19					19					19				
20					20					20					20				
21					21					21					21				
22					22					22					22				
23					23					23					23				
24					24					24					24				
25					25					25					25				
26					26					26					26				
27					27					27					27				
28					28					28					28				
29					29					29					29				
30					30					30					30				
31					31					31					31				
TOTAL	69	99,360			TOTAL	0	0			TOTAL	450	705,600			TOTAL	0	0		
DÍAS	5	5			DÍAS	0	0			DÍAS	0	0			DÍAS	0	0		
PROM.	14	19,872	49	14,400	PROM.	0	0	0	0	PROM.	0	0	0	0	PROM.	0	0	0	0

DÍAS EN OPERACION: 332      DÍAS EN OPERACION: 66      DÍAS EN OPERACION: 117      DÍAS EN OPERACION: 249

JALTIPIAN JULIO 1992 (HOJA 3) - DESFOGUE-

POZO NO. 14-245					POZO NO. 14-246					POZO NO. 14-248					POZO NO. 14-249				
INICIO ENERO 05, 1992.					INICIO MAYO 26, 1992.					INICIO ENERO 25, 1992.					INICIO DICIEMBRE 31, 1991.				
DÍAS EN OPERACION: 164					DÍAS EN OPERACION: 31					DÍAS EN OPERACION: 135					DÍAS EN OPERACION: 161				
TRABAJA CON AIRE					TRABAJA CON AIRE					TRABAJA CON AIRE					TRABAJA CON AIRE				
GALS./MIN.	GALS./DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.		GALS./MIN.	GALS./DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.		GALS./MIN.	GALS./DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.		GALS./MIN.	GALS./DIA	TEMP. °C	CLORUROS p.p.m.	
1	95	141,120	75	7,000	1	58	17,940	61	12,000	11					65	93,600	62	7,000	
2	160	144,000	75	12,500	2	58	35,520	61	9,050	21					65	93,600	62	9,000	
3	140	201,600	75	7,000	31					31					51				
4	140	201,600	75	7,000	41					41					4	20	28,800	40	700
5	140	201,600	75	7,000	51					5	310	416,400	73	18,000	5	20	28,800	40	
6					6					6					6				
7					7					7					7				
8					8					8					8				
9					9					9					9				
10					10					10					10				
11					11					11					11				
12					12					12					12				
13					13					13					13				
14					14					14					14				
15					15					15					15				
16					16					16					16				
17					17					17					17				
18					18					18					18				
19					19					19					19				
20					20					20					20				
21					21					21					21				
22					22					22					22				
23					23					23					23				
24					24					24					24				
25					25					25					25				
26					26					26					26				
27					27					27					27				
28					28					28					28				
29					29					29					29				
30					30					30					30				
31					31					31					31				
TOTAL	618	859,920			TOTAL	114	184,160			TOTAL	310	416,400			TOTAL	170	244,800		
DÍAS	3	5			DÍAS	2	2			DÍAS	1	1			DÍAS	4	4		
PROM.	124	177,984	75	8,100	PROM.	57	82,060	61	15,500	PROM.	310	416,400	73	18,000	PROM.	43	61,200	51	3,567
DÍAS EN OPERACION: 164					DÍAS EN OPERACION: 31					DÍAS EN OPERACION: 135					DÍAS EN OPERACION: 161				



JALTIPIAN JULIO 1992 (HOJA 5) - DESFOGUE-

POZO NO. 14-259  
 INICIO SEPTIEMBRE DE 1991

POZO NO. 14-260  
 INICIO SEPTIEMBRE DE 1991

POZO NO. 14-263  
 INICIO DICIEMBRE DE 1991

POZO NO. 14-268  
 INICIO DICIEMBRE DE 1991

DÍAS EN OPERACION:

275

DÍAS EN OPERACION:

263

DÍAS EN OPERACION:

226

DÍAS EN OPERACION:

195

TRABAJA CON AIRE

TRABAJA CON AIRE

TRABAJA CON AIRE

TRABAJA CON AIRE

DÍA	GALS./		TEMP.	CLORURO	DÍA	GALS./		TEMP.	CLORURO	DÍA	GALS./		TEMP.	CLORURO	DÍA	GALS./		TEMP.	CLORURO
	MIN.	DÍA				°C	ppm				MIN.	DÍA				°C	ppm		
1	150	187,200	71	14,000	11					1	154	221,760	71	11,000	1	39	36,160	54	7,000
2	130	157,200	71	7,500	21					2	154	221,760	71	7,000	2	40	37,600	54	7,000
3	81	116,640	60	12,500	31					3	103	143,320	70	12,500	3	40	37,600	52	7,000
4	81	116,640	60	12,500	41					4	103	143,320	70	9,000	4	40	37,600	52	7,000
5	56	83,640	53	11,000	51					5	133	143,320	60	11,000	5	38	34,720	46	7,000
6					6					6					6				
7					7					7					7				
8					8					8					8				
9					9					9					9				
10					10					10					10				
11					11					11					11				
12					12					12					12				
13					13					13					13				
14					14					14					14				
15					15					15					15				
16					16					16					16				
17					17					17					17				
18					18					18					18				
19					19					19					19				
20					20					20					20				
21					21					21					21				
22					22					22					22				
23					23					23					23				
24					24					24					24				
25					25					25					25				
26					26					26					26				
27					27					27					27				
28					28					28					28				
29					29					29					29				
30					30					30					30				
31					31					31					31				
TOTAL	478	628,320			TOTAL	0	0			TOTAL	617	668,460			TOTAL	197	283,680		
DÍAS	5	5			DÍAS	0	0			DÍAS	5	5			DÍAS	5	5		
PROM.	96	137,664	63	11,400	PROM.	0	0	0	0	PROM.	123	177,696	66	10,100	PROM.	39	36,736	52	7,000

DÍAS EN OPERACION:

275

DÍAS EN OPERACION:

264

DÍAS EN OPERACION:

211

DÍAS EN OPERACION:

203



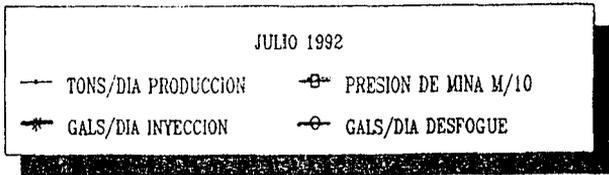
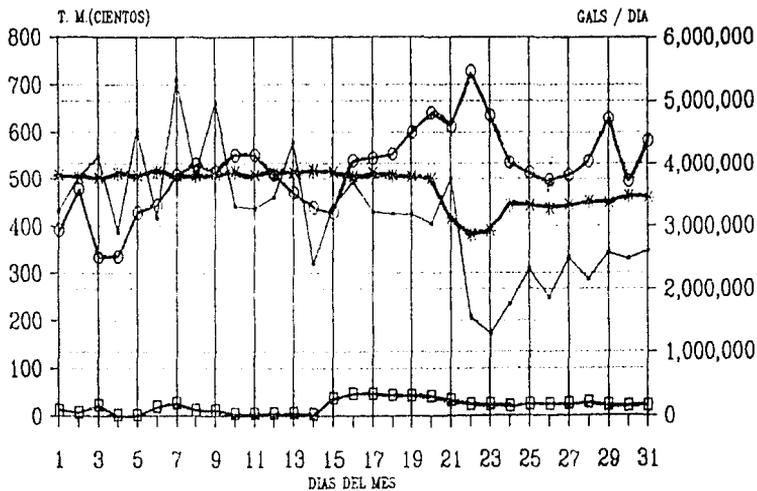
JALTIPAN JULIO 1992 (HOJA 7) - DESFOGUE																			
POZO NO. 14-279				POZO NO. 14-281				POZO NO. 14-283				POZO NO. 14-286							
INICIO MAYO 23, 1992				INICIO JUNIO 26, 1992				INICIO JUNIO 26, 1992				INICIO JUNIO 02, 1992							
DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION							
40				3				5				0							
TRABAJA CON AIRE				TRABAJA CON AIRE				TRABAJA CON AIRE				TRABAJA CON AIRE							
GALS/ MIN.	GALS/ DIA.	TEMP C	CLORUROS ppm.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA.	TEMP C	CLORUROS ppm.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA.	TEMP C	CLORUROS ppm.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA.	TEMP C	CLORUROS ppm.				
DIA				DIA				DIA				DIA							
1	160	144,000	65	7,000	1	180	254,250	74	7,000	1	180	254,250	74	7,000	11				
2	100	144,000	65	7,000	2	180	254,250	74	7,000	2	178	256,320	74	7,000	2	180	254,250	65	
3	160	144,000	60		3	180	254,250	75	7,000	3	178	256,320	72	7,000	3	200	269,000	68	
4	160	144,000	60	7,000	4	180	254,250	75	7,000	4	178	256,320	72	7,000	4	200	269,000	68	12,500
5	67	96,450	51	7,000	5	234	335,600	76	7,000	5	185	194,400	74	7,000	5	169	241,920	64	7,000
6					6					6					6				
7					7					7					7				
8					8					8					8				
9					9					9					9				
10					10					10					10				
11					11					11					11				
12					12					12					12				
13					13					13					13				
14					14					14					14				
15					15					15					15				
16					16					16					16				
17					17					17					17				
18					18					18					18				
19					19					19					19				
20					20					20					20				
21					21					21					21				
22					22					22					22				
23					23					23					23				
24					24					24					24				
25					25					25					25				
26					26					26					26				
27					27					27					27				
28					28					28					28				
29					29					29					29				
30					30					30					30				
31					31					31					31				
TOTAL DIAS	487	672,450			TOTAL DIAS	54	1,373,780			TOTAL DIAS	845	1,222,560			TOTAL DIAS	748	1,072,120		
PROM	93	134,454	60	7,000	PROM	191	274,732	72	7,000	PROM	170	244,512	73	7,000	PROM	187	269,200	66	0
DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION				DIAS EN OPERACION							
43				8				10				4							

JALTIPAN JULIO 1992 (HOJA 8) - DESTI OGUE -

POZO No. 13-84				POZO No. 13-88				POZO No. 13-89				TOTAL JALTIPAN:	
INICIO JUNIO 15, 1992				INICIO ABRIL 23, 1992				INICIO ABRIL 23, 1992					
DIAS EN OPERACION: 12				DIAS EN OPERACION: 49				DIAS EN OPERACION: 31					
BOMBA 75 HP				BOMBA 75 HP				BOMBA 75 HP					
GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. C	CLORURO S p.p.m.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. C	CLORURO S p.p.m.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA	TEMP. C	CLORURO S p.p.m.	GALS/ MIN.	GALS/ DIA
DIA				DIA				DIA				DIA	
11		0		11				11				1	2,034
21				21				21	2,450			2	3,571,200
31				31				31	1,733			3	2,485,520
41				41				41	1,740			4	2,505,600
51				51				51	2,217			5	3,152,450
6				6				6				6	
7				7				7				7	
8				8				8				8	
9				9				9				9	
10				10				10				10	
11				11				11				11	
12				12				12				12	
13				13				13				13	
14				14				14				14	
15				15				15				15	
16				16				16				16	
17				17				17				17	
18				18				18				18	
19				19				19				19	
20				20				20				20	
21				21				21				21	
22				22				22				22	
23				23				23				23	
24				24				24				24	
25				25				25				25	
26				26				26				26	
27				27				27				27	
28				28				28				28	
29				29				29				29	
30				30				30				30	
31				31				31					
TOTAL DIAS PROM	0	0	0	TOTAL DIAS PROM	0	0	0	TOTAL DIAS PROM	0	0	0	TOTAL DIAS PROM	10,204
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		14,693,760
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		5
	0	0	0		0	0	0		0	0	0		2,933,752

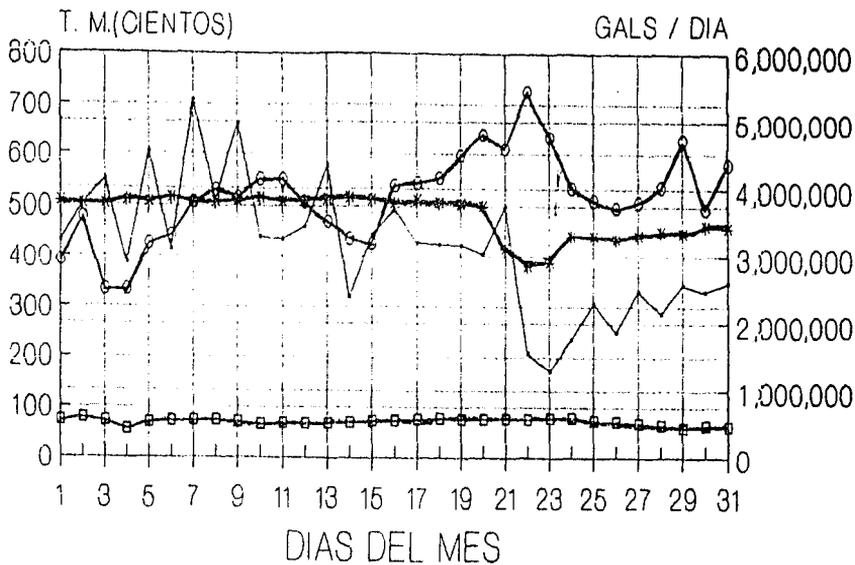
DIAS EN OPERACION: 12      DIAS EN OPERACION: 49      DIAS EN OPERACION: 31

**AZUFRERA PANAMERICANA, S.A.**  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



# AZUFRERA PANAMERICANA, S.A.

## DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



JULIO 1992

—●— TONS/DIA PRODUCCION    —■— P. MINA A1 M/10  
 —▲— GALS/DIA INYECCION    —○— GALS/DIA DESFOGUE

