

2ej
17



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DOMO TEXISTEPEC, GEOLOGIA Y
EXPLOTACION DE AZUFRE**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
CARLOS LOPEZ LAZO



México, D. F.

1989

**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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

RESUMEN

La región denominada "Cuenca Salina del Istmo", ocupa la parte sur del estado de Veracruz y se acuña al oriente en el estado de Tabasco, tocando áreas del estado de Chiapas, como son Pichucalco y Salto de Agua. Tiene una superficie aproximada de 14000 a 15000 Km.²

Las rocas que afloran en el área varían en edad desde el Trifásico-Jurásico hasta el Cuaternario, encontrándose las formaciones más antiguas conforme se avanza hacia el sur, esta condición prevalece hasta el parateguas que divide las corrientes que desembocan en el Golfo de México de las que lo hacen en el Océano Pacífico. Las rocas consisten principalmente en lutitas, areniscas, calizas, gravas, arcillas, cenizas volcánicas y conglomerados.

El basamento, posiblemente paleozoico, dio lugar a la formación de una cuenca que delimitó el mar del Trifásico-Jurásico, la cual estaba separada de éste por una barra o por un macizo sumergido. Las condiciones en los alrededores de la cuenca debieron haber sido extremadamente áridas de modo que la evaporación era mayor que el aporte de aguas hacia ella.

A fines del Jurásico desapareció la obstrucción de la cuenca produciéndose una invasión marina que dio lugar a la depositación de calizas jurásicas y cretácicas, así como lutitas margosas en el Cretácico Tardío, que marcan un cambio en las condiciones de sedimentación.

Condiciones similares prevalecieron durante el Eoceno, Oligoceno y Mioceno Temprano. En el Mioceno Medio se produjo una regresión representada por arenas, gravas y lutitas continentales o litorales. Una transgresión, seguida de otra regresión, sucedió durante el Mioceno Tardío.

A partir del Plioceno, reinan en la zona las mismas condiciones que las actuales.

La formación de los domos salinos se ha atribuido a dos causas principales: La Orogenia Laramide y la Tectónica Salina originada por la dife-

rencia de densidad entre la sal y los estratos superyacentes. La primera plegó y falló los sedimentos mesozoicos, tanto dentro como fuera de la cuenca, ocasionando los primeros movimientos de la sal hacia los anticlinales y a través de las fallas transversales; es posible que la formación salina del Triásico - Jurásico haya actuado como base lubricante para el plegamiento de las capas superiores; la orientación actual de los domos sugiere que los dirigidos al NE-SW corresponden a los anticlinales, mientras que los N-S corresponden a las fallas transversales de tensión.

A fines del Eoceno empezó la tectónica propia de la sal, o sea la debida a su peso específico menor que el de los estratos sobreyacentes y por la sobrecarga de estos. La sal se movió en un estado mas o menos viscoso hacia arriba con diferentes interrupciones. Estos movimientos causaron el fallamiento por lo general de tipo normal, de las rocas superyacentes.

Otra causa de los fallamientos se debe al derrumbe de los sedimentos que se encuentran en la parte superior inmediata a los domos, provocado por la disolución, por aguas meteóricas, de la parte superior del núcleo de sal.

El casquete rocoso (cap-rock), que cubre a todas las estructuras salinas, ha motivado numerosas polémicas, dando como resultado la aparición de diversas teorías que tratan de explicarlo.

Dentro del casquete rocoso y dentro de la anteriormente dicha Cuenca Salina del Istmo, se localizan los principales y más grandes yacimientos de azufre descubiertos en México.

Actualmente la explotación del azufre se lleva a cabo por dos compañías Paraestatales: Azufrera Panamericana, S. A., y la Compañía Exploradora del Istmo, S. A..

Para efectuar la explotación, no se emplea el método tradicional de

minado sino el método llamado Frasch, el cual es el más adecuado en este tipo de yacimientos para poder extraer el azufre a la superficie en forma costeable.

El método Frasch consiste en la inyección de grandes volúmenes de agua sobrecalentada (160°C.) al subsuelo, esto se lleva a cabo por medio de pozos equipados adecuadamente con el fin de fundir el azufre contenido en la caliza y, ya en estado líquido, bombearlo a la superficie por medio de aire comprimido.

La explotación del azufre se lleva a cabo con el concurso simultáneo de varios pozos, tanto de producción como de drenaje, estos últimos tienen la finalidad de extraer la mayor cantidad de agua fría, de reducir las presiones indeseables en el yacimiento y guiar el calor a áreas de futura explotación, el número de ellos depende de la capacidad de la planta de fuerza y de las condiciones particulares de cada yacimiento.

Dentro de la concesión de Compañía Exploradora del Istmo, S. A., localizada sobre el domo Texistepec, existían originalmente 26 millones de toneladas de reservas in-situ las cuales a la fecha y después de 17 años de explotación se calculan en 16 millones con un alto grado de recuperación, el cual se estima en 14.7 millones de toneladas.

Tanto los pozos de producción como de drenaje o desfogue, durante el tiempo que se encuentran en operación, están expuestos a sufrir una serie de problemas los cuales al presentarse originan que su trabajo normal sea interrumpido durante un determinado lapso de tiempo que depende de la gravedad del caso.

Son frecuentes las roturas o picaduras de la tubería de fierro utilizada en los pozos, sobre todo en aquellas por las que circula el azufre y el agua en forma alternada en los pozos de producción y en las que circula el agua de drenaje o agua de "mina" en los pozos de desfo-

gue. En los pozos de producción es frecuente que por falta de calor externo necesario para mantener el azufre líquido y en circulación, éste se solidifique y forme tapones en la tubería interrumpiendo su dinámica normal.

Los pozos de producción están conectados a lo que se conoce como es tación de control por medio de líneas de tubería, mediante la cual se hace la inyección cuantificada del agua sobrecalentada, inyec-- ción de aire comprimido necesario así como el transporte del azufre líquido desde los pozos hasta un tanque de recolección en donde se almacena para su medición y posterior bombeo, por medio de otra lí- nea, ya sea a la planta de tratamiento (planta de filtrado) o a los depósitos de almacenamiento según sea el caso.

El precio del azufre en el comercio depende de su calidad, la cual está regida por el contenido de carbón que tenga; a mayor contenido de carbón, menor calidad y a menor contenido de carbón, mayor cali- dad. El azufre brillante, considerado el de mayor calidad tiene un contenido de 0.05% de carbón; el azufre de la menor calidad es el llamado azufre oscuro y contiene un 0.25% de carbón. El azufre con 0.25% de carbón es el de mayor demanda sobre todo en el mercado na- cional. Cuando el azufre que se extrae del yacimiento no tiene la calidad necesaria se somete a un proceso llamado filtración median- te el cual se elimina carbón dejándolo en la calidad conveniente.

El azufre se almacena finalmente tanto en estado líquido como en es tado sólido. En estado líquido se almacena en tanques metálicos ci- lindricos y el azufre sólido se almacena al aire libre en áreas rec tangulares cercadas simplemente con láminas de asbesto o de alumi- nio dentro de las cuales se derrama el azufre líquido, el cual, al no tener calor externo y estando en contacto con la atmósfera se va solidificando y a la vez acumulando hasta formar grandes prismas rectangulares.

I. INTRODUCCION

El estudio de los domos salinos es de un gran interés no solamente desde un punto de vista geológico, estructural y genético, que desde su descubrimiento ha sido un punto de debate que hasta la fecha no ha podido ser resuelto en definitiva. Su estudio también presenta mucho interés desde el punto de vista económico, ya que, y gracias a los modernos métodos de explotación, han resultado ser maravillosas fuentes de riqueza, productores de cientos de millones de pesos ya sea en petróleo, azufre o sales como las de potasio.

El primer domo salino descubierto fue el domo salino-azufrero Calcasieu Parish, en el estado de Louisiana, E.U.A., en el año de 1865 (González, 1945).

La explotación de esta riqueza no fue iniciada debido a las grandes dificultades que ofrecía y se consideró como una cosa imposible de realizar, hasta que, en el año de 1903 se intentó con buenos resultados gracias al ingenioso y sencillo método ideado por Frasch.

El método Frasch se comenzó a utilizar en México en el año de 1954 para la explotación del azufre existente en los domos salinos de la Cuenca Salina del Istmo.

El domo Texistepec se inició a explotar en el año de 1971 y hasta la -- fecha se han logrado extraer 10.2 millones de toneladas, siendo actualmente el promedio diario de extracción 2.000 toneladas.

El azufre se encuentra emplazado dentro del casquete calcáreo, el cual está confinado entre dos capas impermeables; lutita gris en la parte superior y yeso y anhidrita en la parte inferior, esto permite la concentración del calor que se inyecta en la roca contenedora de azufre y cuya permeabilidad permite que los fluidos circulen a través de ella.

I. 1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

En la actualidad, dentro de la industria del azufre se ha abierto un panorama muy atractivo y prometedor para los geólogos. Por esto, es necesario que un geólogo en la industria conozca todas las áreas técnicas de que está constituida.

Se ha considerado conveniente preparar el presente trabajo, en virtud de la carencia de literatura que trate sobre los problemas específicos de la explotación del azufre, además se presentan experiencias sobre aspectos poco conocidos que pueden coadyuvar a realizar una explotación más técnica y eficaz. Por tanto, el objetivo de este trabajo es hacer una compilación integral de los aspectos técnicos relacionados con el domo Texistepec, desde el inicio de la explotación hasta la actualidad.

I. 2 USOS DEL AZUFRE Y MERCADO MUNDIAL

Es seguro que el azufre fue conocido por el hombre desde la más remota antigüedad. No existen noticias precisas de que el azufre haya sido usado antes de los chinos, pero según parece fue conocido por los antiguos pobladores de la India y de China; en el primer país se le bautizó con el nombre de Sulvezí, del Sánscrito, y del que derivó el que en la actualidad lleva, Sulphurim (González, 1945).

La propiedad del azufre de quemarse tan fácilmente y despedir un olor peculiar hizo que los antiguos adoradores paganos lo usaran en lugar de incienso en sus ritos y festividades religiosas, de donde al descubrirse otra de sus propiedades, comenzó a emplearse en la industria primitiva en el año 2,000 antes de J.C., cuando los egipcios lo utilizaron para decorar telas. Cuatro siglos después, los mismos egipcios usaron el azufre o algunos de sus compuestos para fabricar diversos pigmentos.

Siglos más tarde, lo consideraron como sustancia farmacéutica y principiaron a conocerle mejor sus propiedades, las que aplicaron, desde luego, a las necesidades bélicas de aquel pueblo guerrero. En tiempos de Julio César, lo emplearon para producir cortinas de humo y gas sofocante, es decir, fue así como la guerra química nació.

En el transcurso del siglo XII, al inventarse la pólvora, el azufre alcanzó gran importancia en los destinos de la humanidad. Por aquellas épocas de la edad media se encontró uno de los principales compuestos del azufre, cuando un alquímista llamado Gerber descubrió lo que llamaba "lavado de azufre", un líquido que por sus propiedades corresponde al ácido sulfúrico de nuestros tiempos.

Ya dentro de los últimos 150 años, las aplicaciones que se han descubierto para el azufre, muy variadas, han hecho que la historia de la producción de dicho elemento haya ido evolucionando en forma notable.

Actualmente el azufre es consumido por la industria de la siguiente manera: La mayor parte (más del 80%), se transforma a ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico es utilizado en las industrias químicas, como ácidos, sales, etc., es empleado en la fabricación de fertilizantes, principalmente como fosfato ácido, además, es utilizado en menor proporción en la manufactura de explosivos.

Otra parte es transformado a ácido sulfuroso el cual se utiliza en la elaboración de:

- Bisulfito de calcio, muy usado en la manufactura de papel, que sirve para convertir la madera en celulosa bastante pura;
- Decolorantes
- En la industria azucarera, y
- En la manufactura de materias colorantes.

Otra pequeña parte es utilizado como azufre nativo:

- En diversas refinerías
- En fábricas de explosivos
- Insecticidas
- Manufactura de colorantes

En 1980, se consumieron 2.75 millones de toneladas de ácido sulfúrico para beneficio del uranio, y en 1981, se usaron 4.6 millones de toneladas del citado ácido para la producción de óxido de titanio de gran uso en la producción de pinturas.

MERCADO MUNDIAL

Actualmente el precio del metalcise ha mantenido un aumento paralelo a los índices económicos lo que da lugar a que la industria se mantenga muy productivamente y con ganancias económicas.

En especial, México cuenta con un panorama muy atractivo para conseguir magníficos clientes en el Mercado Común Latino Americano.

Los mejores clientes del azufre mexicano son los Estados Unidos, Holanda, Reino Unido, Australia y Sur Africa.

El consumo del azufre ha ido en aumento sobre todo en los países en vías de desarrollo, lo que ha originado que la demanda del mineral sea cada día mayor.

II. GENERALIDADES SOBRE LA FORMACION DE LOS DOMOS SALINOS

II. 1 DEPOSITOS EVAPORITICOS

Los depósitos de evaporitas son aquellos formados en cuencas mas o me nos aisladas en donde se precipitan debido a las sobresaturación de sa les causada por evaporación. Estas cuencas pueden consistir en aguas marinas costeras aisladas parcialmente del mar abierto y lagos en re giones desérticas. Los más importantes son los yacimientos marinos. Las aguas subterráneas que alcanzan dichas regiones pueden experimen tar también el mismo fenómeno.

Por lo general, la separación de las sales se realiza según un orden de solubilidad creciente. De este modo, los carbonatos (calizas y do lomías) se depositan primero seguidas por los sulfatos (yeso y anhi drita), a continuación la sal común o halita y finalmente las sales de potasio y de magnesio. Por ser estas dos últimos muy solubles, só lo en raros casos se llegan a depositar. Por otro lado, la solubili dad de una sal determinada y su precipitación son función, además de la evaporación, de la temperatura y del tiempo de exposición a dicha evaporación.

Con el agua de mar, que contiene 3.5% de sales en promedio, no se produce ninguna depositación hasta que, por evaporación, el volumen original ha sido concentrado a menos de la mitad, el yeso y la anhi drita se depositan cuando el volumen queda reducido a una quinta par te y la sal común cuando el volumen es sólo una décima parte.

Las sales formadas en la actualidad pueden ser de origen continental o marino, como ya se estableció. De origen continental son las - ampliamente difundidas eflorescencias de los suelos desérticos que de ben su formación a las aguas subterráneas ascendentes que se evaporan al llegar a la superficie, originando costras calcáreas (caliche) de yeso o de sal. También son de origen continental los pantanos sali nos, un ejemplo de ellos son los de las estepas de los kirguíses, lo

calizados entre el Volga y los Urales en la U.R.S.S., así como los depósitos de lagos salados como el gran lago de Utah, E.U.A.

Sin embargo, estos depósitos pequeños no tienen comparación con los importantes yacimientos de evaporitas de origen marino. Las sales contenidas en el mar provienen sobre todo del aporte de las aguas terrestres, a las cuales se les pueden añadir sales procedentes de la disolución de las cuencas oceánicas y del vulcanismo submarino. Es de notarse el hecho de que el océano recibe constantemente de los ríos actuales agua diferente de la suya, pues éstos aportan más carbonatos que cloruros y más calcio que sodio; en consecuencia, su composición debe estar cambiando lentamente.

La depositación de evaporitas se efectúa en masas aisladas de agua de mar, por barreras que dan lugar a la formación de lagunas costeras. Los principales productos obtenidos son halita, sulfato de calcio y sales de potasio.

II.2 ORIGEN Y DESARROLLO DE LOS DOMOS SALINOS

Las teorías modernas sobre el origen de los domos salinos postulan que la sal ha fluido hacia las estructuras por medio de la deformación plástica en respuesta a la diferencia de densidad entre la sal y los sedimentos sobreyacentes.

Este concepto, que en la actualidad ha sido generalmente aceptado por los geólogos de todo el mundo, envuelve cerca de 100 años de especulaciones y controversias interesantes.

La sal del núcleo de los domos se ha determinado de un origen sedimentario, por lo que se ha concluido que los domos salinos son originados en la mayoría de los lugares en donde las condiciones geológicas fueron favorables para la precipitación de evaporitas, principalmente sal, en espesores considerables. Esto se llevó a cabo en cuencas sedimenta

rias de poca profundidad, que sufrían continuos hundimientos y se encontraban inundadas por aguas marinas.

Posterior a la depositación de la sal, hubo un abundante depósito de sedimentos sobre ella. La sobrecarga de dichos sedimentos ejerció presiones que normalmente son fuerzas no uniformes, por lo cual, se forman diferencias de presiones, las que hacen que la sal, por su misma plasticidad, se mueva hacia las zonas de menor presión tratando de equilibrar las fuerzas.

Las zonas de menor presión o zonas de debilidad, se encuentran generalmente donde hay fallas, o lugares donde los sedimentos suprayacentes tienen menor espesor y por lo tanto menor peso.

Al empujar y penetrar la masa de sal en los sedimentos sobreyacentes eleva la superficie de éstos sobre el nivel de su depósito original, ocasionando con ello el adelgazamiento de los estratos sobre la intrusión salina y la formación de zonas de fallamiento provocadas por el deslizamiento y la dislocación que sufren los estratos, al ser rotos por la intrusión. Por último, la circulación de agua subterránea actuando sobre la sal ha producido el material del cap-rock (Feely y -- Kulp, 1957).

Nettleton (1934; en Halbouty, 1979), desarrolló una teoría sobre la mecánica de formación de los domos salinos conocida como "Teoría del Fluido Mecánico", la cual es básicamente la misma teoría que está ampliamente aceptada en la actualidad por los geólogos americanos.

Nettleton (op. cit.), reconoció que la fuerza con la que la sal es intrusionada hacia arriba es motivada por el contraste de densidad entre la sal (gravedad específica 2.2) y los sedimentos (de gravedad específica que varía de 1.7 en la superficie y 2.4 a 2.8 a profundidad). El condujo experimentos con diferentes materiales para simular modelos de domos y concluyó que la forma final de un domo depende en gran parte de los siguientes factores:

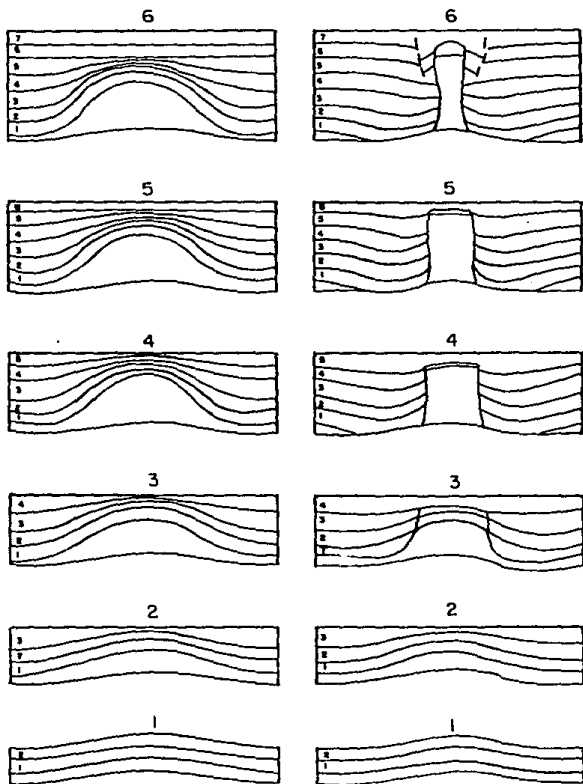
- 1.- La configuración de la cuenca donde se deposita la sal.
- 2.- El espesor de la capa madre de sal.
- 3.- La solidez o viscosidad de las rocas sobreyacentes.
- 4.- La solidez o viscosidad de la sal.

Nettleton (op. cit.), consideró el inicio del crecimiento del domo por alguna clase de movimiento tectónico después de la depositación de la capa madre de sal. Hay que notar aquí que se menciona una influencia orogénica o tectónica en el estado temprano del desarrollo salino. El levantamiento salino no altera el espesor de sal. En la segunda etapa el flujo empieza y los sedimentos continúan acumulándose sobre la intrusión de sal que se levanta. En la tercera etapa, el stock de sal ha atravesado la sobrecarga y acarrea algunas de las rocas que sobreyacen inmediatamente a la sal al frente de él. En la misma etapa de abastecimiento de sal el flujo hacia el domo es cortado por el hundimiento periférico. El crecimiento adicional de la intrusión es a costa del núcleo de sal. En la cuarta etapa, el material original sobre el domo ha sido casi removido por erosión (ver figura No. II.1).

En la quinta etapa, las rocas acarreadas hacia arriba del domo han sido completamente erosionadas y el agua subterránea circulante actúa sobre la sal produciendo el material del cap-rock. En la sexta etapa, etapa final del crecimiento del domo, se presenta el colapso de las capas sobre el hundimiento periférico, formando fragmentos de bloque de falla.

Nettleton (en Halbouty, op. cit.), pensó que la potencia de las rocas podría inhibir el desarrollo del hundimiento periférico de tal manera que el flujo de sal sería cortado por la unión de las rocas de encima y de abajo de la sal.

Posteriormente, Halbouty y Hardin (1956; en Halbouty op. cit.), apoyaron las ideas generales expresadas en la teoría del flujo mecánico de Nettleton pero pusieron mayor énfasis al peso estático de los sedimentos sobreyacentes como fuerza motivante de la intrusión. Ellos reco-



ESTADOS DE DESARROLLO DE UN DOMO SOMERO DIAPÍRICO (DERECHA) Y UN DOMO PROFUNDO NO DIAPÍRICO (IZQUIERDA).

TOHADO DE HALBOUTY (1978).

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. II.1.-DESARROLLO DE LOS DORNOS SALINOS.
	1 9 9 9

nocieron que un impulso tectónico no era prerequisite para la iniciación del crecimiento del domo salino y que, cualquier irregularidad en los sedimentos sobreyacentes o en la sal, o en los sedimentos bajo la sal pueden influenciar a la capa de sal plástica, motivándola en un movimiento inicial hacia arriba. Ellos establecieron que el movimiento inicial de la capa de sal madre no empezó sino hasta que se depositaron sedimentos suficientes sobre ella, para ocasionar una diferencia apreciable en el peso sobre la capa de sal. El espesor y el peso de los sedimentos sobre la capa madre de sal, constituye el factor más importante en el movimiento de la sal, entonces, el empuje que causa este movimiento hacia arriba es el resultado de la diferencia de gravedades específicas de la sal y los sedimentos.

Una vez que el movimiento inicial de la sal hacia arriba comienza, el stock de sal continúa moviéndose en etapas a través del tiempo geológico, dependiendo del espesor y peso resultante de los sedimentos encima y alrededor de la intrusión salina. El movimiento del núcleo de sal llegará a ser más lento, pero no necesariamente, conforme se acerca a la superficie. Generalmente, cuando tal equilibrio se alcanza entre los sedimentos y la sal, una etapa de semiquietud si no de quietud completa prevalece. La erosión entonces predomina sobre el área de la superficie del domo, mientras que el depósito predomina sobre los flancos de la intrusión. Conforme más sedimentos son depositados sobre los flancos del área del núcleo de sal, mayor peso habrá sobre las capas que están siendo sepultadas.

Así, la presión diferencial entre la sal y los sedimentos es incrementada reviviendo las fuerzas ascensionales y ocasionando el movimiento hacia arriba del stock de sal, iniciando otra vez el proceso.

Ciclo tras ciclo ocurren después hasta que los domos salinos gradualmente perforan a través de los sedimentos hasta sus posiciones actuales.

El levantamiento de algunos domos no tuvo el ritmo de la rápida deposi

tación de sedimentos y los núcleos de sal fueron enterrados bajo miles de metros de sedimentos. Estos domos son conocidos como de "asenta---
miento profundo". Otros stocks salinos se desarrollan bajo condicio-
nes que dan por resultado que se mantengan la intrusión salina hasta
cerca de la superficie a través de su historia de crecimiento, de este
modo, se permitió a la sal atravesar los sedimentos poco después de ter-
minar la depositación. Estos domos salinos son comunmente conocidos
como de "tipo diapírico".

II.3 ORIGEN DEL CASQUETE ROCOSO Y DEL AZUFRE

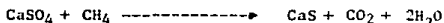
Se ha demostrado que la acumulación residual de la anhídrita contenida
en la sal fue la que motivó la formación del casquete rocoso que cubre
la sal.

Esto sucede cuando el domo se encuentra en etapa de formación, al ascen-
der la masa salina e ir creciendo, atraviesa sedimentos y hace contacto
con acuíferos que disuelven la sal. La anhídrita, en forma de cristali-
les, queda como residuo que posteriormente será compactada y recristali-
zada para formar el casquete de anhídrita que hidrata da origen al
yeso.

En el laboratorio Ralph E. Taylor, Hanna y Goldeman (1958) demostraron
que la anhídrita, en presencia de hidrocarburos, se reduce dando origen
a la caliza y al azufre.

Esta teoría es válida en el caso de la Cuenca Salina del Istmo ya que
en ella se tiene la presencia de hidrocarburos.

El azufre se origina con las reacciones químicas siguientes:

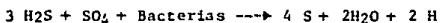




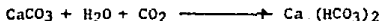
Los experimentos con hidrocarburos más pesados que el metano (C_{11}H_4) han dado resultados positivos.

Las reacciones químicas anteriores se llevan a cabo a temperaturas mayores de los 600°C ., cosa que no puede suceder con los sedimentos. En el año de 1926 fueron descritas las bacterias Anaeróbicas (Sulfato Reductores) en el agua de campos petroleros en Illinois y California E.U.A..

Ralph E. Taylor, Hanna y Goldeman (1958), demostraron que estas bacterias queman hidrocarburos como fuente de energía, pero utilizan azufre en lugar de oxígeno como captador de hidrógeno, esto es:



El aceite levantado a lo largo del domo alimentará a las bacterias. El bióxido de carbono, otro producto de la reacción química, redi--suelve a la calcita (CaCO_3) produciendo cavernas en la formación.



Los casquetes estériles (sin azufre) son debido posiblemente a que el ácido sulfhídrico escapó, y en ocasiones reaccionó con hierro, formando marcasita y pirita.

TEORIAS SOBRE EL ORIGEN DEL AZUFRE

El azufre se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, ya sea en forma combinada en diversos minerales o nativo en depósitos alrededor de las sulfateras así como en capas sedimentarias y en el casquete rocoso de los domos salinos.

Las teorías fundamentales sobre el origen del azufre en el casquete

de los domos salinos se dividen en dos grupos:

A) Teorías Fisicoquímicas.

B) Teorías Bioquímicas y Fisicoquímicas combinadas.

Dentro de las teorías fisicoquímicas, diversos autores opinan que el azufre proviene de la reducción del sulfato de calcio, es decir de la anhidrita, por medio de hidrocarburos circulantes que actuaron como catalizadores, y opinan que esa reducción es posible en un ambiente saturado con hidrógeno sulfurado.

Otro de los razonamientos de las teorías fisicoquímicas del origen del azufre, supone que la reducción del sulfato de calcio se lleva a cabo únicamente por la acción reductora de aguas cargadas con ácido carbónico.

En resumen, se puede observar que existe bastante conformidad en el sentido de que se supone que el azufre proviene de la reducción del sulfato de calcio, es decir, la anhidrita, por medio de diferentes agentes fisicoquímicos.

Las teorías bioquímicas y fisicoquímicas combinadas se pueden considerar como las más actualizadas y las más aceptadas; según investigaciones realizadas por Feely y Kulp (1957), señalan que el azufre proviene de dos tipos de proceso que interactúan mutuamente. Dichos autores señalan que la reducción del sulfato de calcio se llevó a cabo primero, por la acción de bacterias reductoras de sulfatos, bacterias del género *Desulfovibrio*, que reducen el sulfato de calcio formando hidrógeno sulfurado. Posteriormente suponen que se debe haber formado un ambiente con un exceso de hidrógeno sulfurado por la acción bacteriana.

En ese ambiente saturado de hidrógeno sulfurado, puede haber continuado la reducción de sulfato de calcio con el hidrógeno sulfurado como agente reductor que, al reaccionar con más iones de sulfato, se

reoxida para formar azufre elemental. Feely y Kulp (op. cit.) opinan que la reducción inicia por la infiltración de petróleo en las partes marginales de un domo.

Conforme el petróleo entraba al casquete fue oxidado por medio de -- bacterias con la reducción simultánea de sulfato a sulfuro. Una re-oxidación subsecuente del sulfuro, como ya se dijo, dentro del casquete, causó la precipitación del azufre. Se requirió probablemente un estancamiento de los gases de sulfuros en el casquete para permitir la acumulación extensa de azufre, ya que las bacterias reducto--ras de sulfatos tienen una alta tolerancia para el hidrógeno sulfurado, tal estancamiento no impediría de una vez su actividad. Sin embargo, eventualmente una concentración aumentada de sulfuros las envenenaría, entorpecería su actividad y permitiría la acumulación del petróleo. El fracturamiento de la cubierta sedimentaria encima de los domos salinos permite un escape rápido hacia arriba del hidrógeno sulfurado. En tales circunstancias el azufre, previamente formado, se removería probablemente en gran parte en forma de polisulfu--ros. De esta manera un solo domo puede haber pasado por una acumulación de azufre en su casquete durante periodos de fracturamiento y fallamiento de las rocas suprayacentes, causado por un levantamiento de la sal o por un asentamiento del casquete, que sigue a la disolución de la sal a lo largo de la masa salina. Las condiciones pueden variar de lugar a lugar alrededor de las márgenes de un domo y el azufre, puede estar acumulando en un flanco, mientras que se está removiendo del otro.

III G E O G R A F I A

III.1 LOCALIZACION

El área de estudio se encuentra localizada dentro del municipio libre de Texistepec, en la parte sureste del estado de Veracruz (Ver figura III.1). Geográficamente se encuentra comprendida entre los paralelos:

17° 50' _____ 18° 00' Latitud Norte
 94° 45" _____ 94° 55' Longitud Oeste

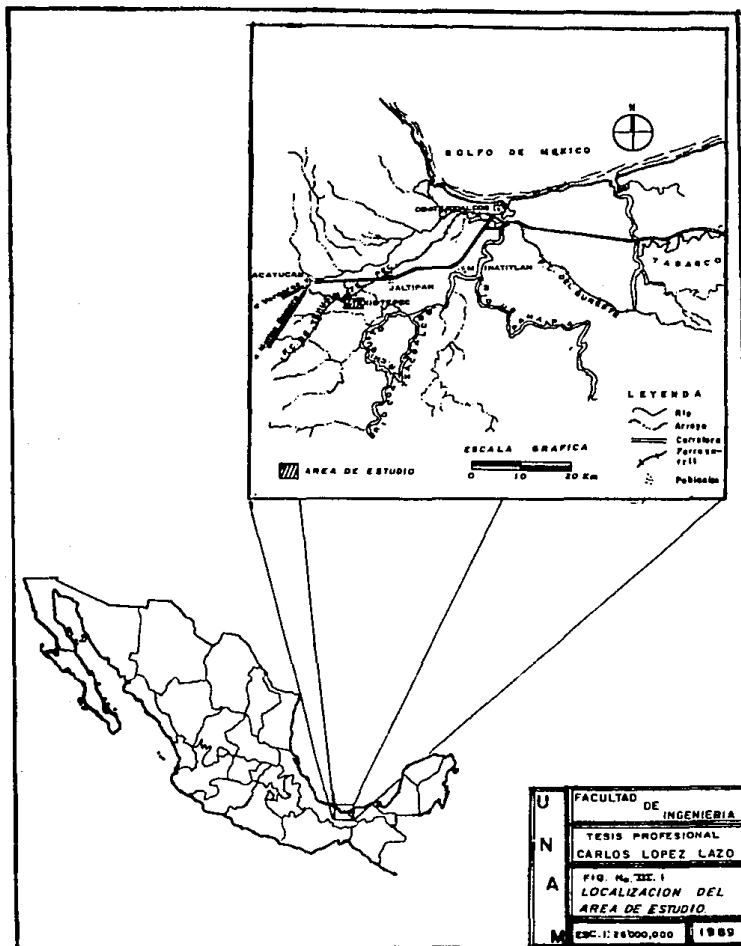
III.2 VIAS DE ACCESO Y COMUNICACION

La principal vía de comunicación es la carretera federal No. 180 (Veracruz-Acayucan-Coatzacoalcos), de la cual aproximadamente a la mitad del tramo Acayucan-Jáltipan (aproximadamente en el Km 241) existe una desviación hacia la población de Texistepec. El camino es de terracería, engravado y transitable todo el tiempo; el recorrido para llegar a las instalaciones es de ocho kilómetros.

El ferrocarril del sureste de Ferrocarriles Nacionales de México, tiene una estación en el municipio de Texistepec, a un lado de las instalaciones de la empresa azufrera.

A escasos 50 kilómetros se encuentra el aeropuerto de Canticas municipio de Cosoleacaque con vuelos diarios a la capital del país.

Para moverse dentro del área se cuenta con varios caminos principales de terracería, engravados y transitables todo el tiempo. Para trabajos específicos se abren caminos secundarios que sólo funcionan en tiempos de secas, siendo únicamente transitables por medio de tractores en tiempo de aguas.



El clima de la zona es tropical húmedo con precipitaciones que varían entre los 1800 y 2500 mm. al año.

Para los meses de calor, que comunmente son los meses de marzo a Septiembre, pueden registrarse temperaturas que varían de 23 a - 42°C a la sombra.

La vegetación es exuberante, en las áreas de terreno sólido es más alta y de tipo selva tropical, encontrándose árboles grandes como la ceiba (Eriodendrom anfractuosum), maderas preciosas como cedro (Thuja plicata) roble (Quercus alba) y caoba (Surietenia mahoany), mientras que en las áreas bajas y pantan osas es de poca altura y por lo general está constituida por pequeños arbustos, siendo habitat muy concurrido por aves meigratorias.

III.4. POBLACION Y CULTURA

El poblado de Texistepec está constituido por 25000 habitantes de acuerdo con el censo levantado en 1980.

Cuenta con Centros educativos como jardines de niños, primarias, secundaria y una preparatoria. Teniéndose centros educativos de nivel superior en las cercanas ciudades de Minatitlán y Coatzacoalcos.

La economía de la región está promovida por diversas industrias - en las que se encuentran :

Materias Primas Monterrey, Electrometalúrgica de Veracruz, Minasa, Maseca, Purina, Azufrera Panamericana, S.A., y, en el municipio - de Texistepec Compañía Exploradora del Istmo, S.A..

La agricultura que tiene la región son cultivos de temporal, principalmente maíz, frijol, chile y arroz. La zona se caracteriza por ser más ganadera que agrícola.

IV. GEOLOGIA GENERAL DE LA CUENCA SALINA

IV.1 FISIOGRAFIA

a) Geomorfología

El estado actual de las formas del relieve que se observan, no es sencilla; está controlada por procesos internos, como son los movimientos propios de la corteza terrestre y movimientos debidos a la tectónica propia de la sal en conjunto con procesos externos; de tal manera que el resultado se ve expresado por medio de tres factores que son: estructura, proceso y etapa.

La estructura está principalmente perturbada por levantamientos ocasionados por la intrusión salina. El relieve topográfico difícilmente sobrepasa los 40 metros sobre el nivel del mar y las formas son muy bajas. Los lomeríos presentados corresponden a estructuras tectónicas.

El proceso que remodela el relieve en la zona de estudio es más acumulativo que denudatorio, esto debido a la topografía baja y a la existencia de varias planicies de inundación, las cuales se manifiestan como zonas pantanosas y que no sobrepasan los 20 metros sobre el nivel del mar.

En esta zona tal parece que existe un equilibrio entre los procesos internos y los procesos externos o, si acaso, existe una ligera predominancia de los procesos externos, reflejándose esto en las escasas zonas de acumulación.

Provincias fisiográficas y geológicas.

Según E. Raisz (1959), el área queda incluida en la provincia fisiográfica "Planicie Costera del Golfo", la cual se describe como una inmensa llanura fluvial que ocupa todo el estado de Tabasco y parte

de Veracruz y Chiapas. (Ver figura No. IV.1).

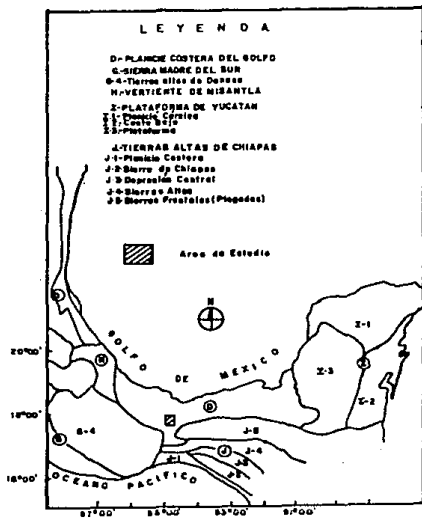
De acuerdo con la nomenclatura de provincias geológicas establecida por Petróleos Mexicanos, corresponde a la provincia de "Cuencas Terciarias del Sureste". (Ver figura No. IV.2).

b) La Red Fluvial

Como consecuencia del colapso de la parte central de los domos salinos, se formaron grandes fallas y fracturas, algunas de las cuales fueron aprovechadas por corrientes de agua dando lugar a la formación de arroyos permanentes.

En el área de estudio el principal río es llamado río Chiquito al cual se ramifican y descargan varios arroyos, principalmente el arroyo Apepecho el cual casi al desembocar al río Chiquito cambia de nombre al arroyo Minzapan, el arroyo Correa, el Tatagapa y el Camahuapan.

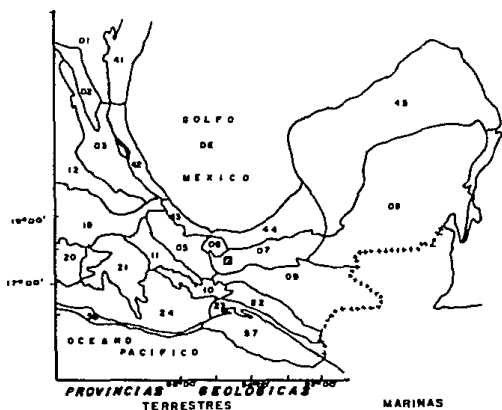
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA



TOMADO DE E. RAISZ CON ADAPTACIONES
DE ENRIQUE ABUILERA M., 1976



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. No. IV.1 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
	ESC. 1: 10'000,000 1988



PROVINCIAS GEOLOGICAS TERRESTRES

- 01 DE PAPALOAPAN
- 02 DE LOS TUXTLAS
- 07 DE LAS CUENCAS TERCIARIAS DEL SURESTE
- 08 DE LA PLATAFORMA DE YUCATAN
- 09 DE LA SIERRA DE CHIAPAS
- 10 DE LA PENINSULA DE OAXACA
- 11 DE ZIMOLUCA
- 22 DEL MACIZO DE CHIAPAS
- 23 DE TENAHUTEPEC
- 24 DE LA SIERRA MADRE DEL SUR
- 01 CUENCA DE BUREDES
- DE SIERRA DE TAMAULIPAS
- 03 CUENCA TAMPUCO-MIANTLA
- 12 SIERRA MADRE ORIENTAL
- 19 EJE NEOVOLCANICO
- 20 CUENCA MORELOS-ARD.
- 21 CUENCA DE TLAXIACO

 **AREA DE ESTUDIO**

MARINAS

- 43 DE VERACRUZ
- 44 DE COATEACALCOA
- 45 DE CAMPECHE
- 46 DEL CARIBE
- 54 DE MANZANILLO
- 57 DE SALINA CRUZ

ESCALA GRAFICA
0 100 300 Km

TOMADO DE SECCION A (1983)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO	
	FIG. No. IV.2 PROVINCIAS GEOLOGICAS	
	ESC.: 1:1000000	1989

IV.3 T E C T O N I C A

Al finalizar el Paleozoico, como consecuencia de la Orogenia Apalachiana, sobrevino una emersión, plegamiento y fallamiento de toda la región. Se supone que esta orogénesis se debió a una colisión entre África-América del Sur y América del Norte durante el Pensilvánico-Pérmico (Graham et. al. 1975; en Coney 1983). Este evento cerró un Proto-Atlántico y el Golfo de México, aunque es debatible como ocurrió exactamente esta clausura (Irving, 1977: En Coney, op. cit.).

Este evento de colisión produjo la acresión de terrenos de aspecto "Flysch", depósitos de mar profundo, depósitos volcano - sedimentarios e intrusiones de aspecto arco contra América del Norte, que se supone ocurrieron por obducción (Graham et. al. 1975; en Coney, op. cit.). Se observa un amplio metamorfismo de bajo grado. Estos terrenos constituyen el basamento de la parte este de México, y son llamados terrenos Coahuila - Maya. (Ver figura IV.4a). En todos estos sitios este basamento está cubierto por un vasto conjunto de traslape, que es la transgresión marina mesozoica del Golfo de México (Coney, op. cit.).

Sobrepuestos a estos rasgos, se observan los resultados de eventos al principio del Mesozoico. En la región entre América del Norte y África - América del Sur, se encuentra una zona de "rift" incipiente, debido a la separación de África, de América del Sur y América del Norte. Esta separación se inició debido a sistemas de fallas en bloques, o sea "Horst y Graben", (Coney, op. cit.).

Como resultado de una mayor separación, entraron hasta México aguas saladas supuestamente desde el noreste (Mar de Tethys), a lo largo de la zona de "rift", con depósito de sal y otras evaporitas mezcladas con materiales detríticos. Esto implicó la generación de condiciones favorables para la depositación de gruesos paquetes de



FIG. 4a. TERRENOS ESTRATOTECTONICOS DE MEXICO. LA FIGURA MUESTRA LOS TERRENOS DE BASAMENTO.

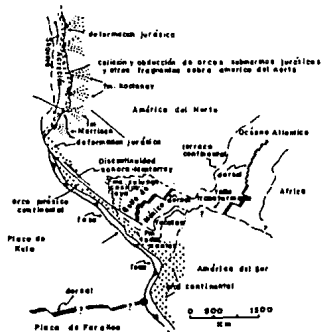


FIG. 4b. - JURASICO TARDIO.

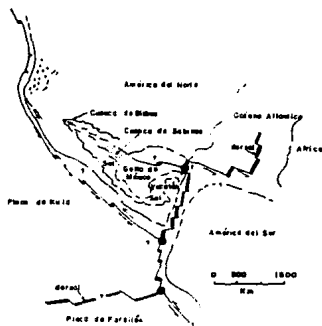


FIG. 4c. - JURASICO TARDIO-CRETACICO TEMPRANO

TOMADO DE CONEY (1983)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. No. IV.4
	TECTONICA REGIONAL
	1989

evaporitas (Cuenca Salina del Istmo), incluyendo la Sal Louann de los estados de Texas y Louisiana.

En el lado Pacífico se formaron arcos magmáticos (Fig. IV.4b). Los del norte fueron submarinos con una supuesta fosa en el lado este, por tanto se considera que formaron parte de la placa Kula. El arco del sur fue continental, sobre América del Norte y América del Sur, con su fosa del lado oeste. Actualmente, la Formación Todos Santos representa con sus depósitos volcánico-sedimentarios tal arco continental Jurásico (Coney, op. cit.).

La interdigitación entre la sal y las capas rojas indica que fueron contemporáneos.

Durante el Jurásico Tardío, debido a la apertura del Golfo de México por alargamiento intra-continental, se permitió la entrada de aguas oceánicas dando las condiciones de depósito de la caliza Chinameca.

Es probable que durante el Jurásico Superior, los sedimentos depositados en la cuenca salina, hayan sido plegados hasta formar una parte relativamente alta en la parte media de la cuenca, y si esto fue cierto, la sal subió junto con los sedimentos y se mantuvo así durante todo el Cretácico Medio, ya que sedimentos de esta edad no existen en esa parte media de la cuenca. Esto queda comprobado por el depósito discordante de los sedimentos Cretácico Superior sobre la Caliza Chinameca en la región de Cerro Pelón. Lo anterior permite la formación de un geosinclinal que favoreció el depósito de los sedimentos cretácicos que ahora afloran en el frente de la Sierra Madre (Formación Sierra Madre, Castillón, Contreras, 1961).

En el Cretácico Tardío, la Revolución Laramídica comenzó a plegar los sedimentos mesozoicos y la masa granítica y metamórfica del sur de la cuenca, debe haberse levantado y movido hacia el norte. Comenzaron a depositarse lutitas y areniscas del Cretácico Superior

(Formación Méndez), profundizándose el geosinclinal y hundiéndose la cuenca salina en su totalidad.

Según estudios de paleoambientes efectuados en la columna estratigráfica terciaria (Salmeron Ureña, 1971-1975; en Senci6n, 1985), se concluye que estas rocas fueron depositadas en un ambiente tect6nico muy inestable, debido a los frecuentes cambios de la profundidad del fondo marino, ocasionando 6sto, erosión y ausencia de dep6sito en varias localidades, siendo estos movimientos una importante fase de la deformación salina. La iniciación de la deformación salina se puede decir que fue a principios del terciario cuando los mares se hicieron más profundos y fue cuando la carga de sedimentos sobre la sal adquirió importancia.

A fines del Eoceno y principios del Oligoceno la cuenca se elevó, se plegó y sufrió fuertes erosiones, y después se inició la época de sumersión del Oligoceno.

Grandes espesores de sedimentos se depositaron en los mares profundos del Oligoceno y fue a fines de esa época cuando los movimientos del anticlinorium de la Sierra Madre, iniciados durante el Cretácico, dieron lugar a la posible intrusión de la sal dentro de los sedimentos del Oligoceno.

En el Mioceno Inferior, los mares comenzaron a retirarse hacia el norte y a hacerse menos profundos y así las Formaciones Encanto, Concepción Inferior y Superior, son de aguas progresivamente menos profundas.

A fines del Mioceno y durante el Plioceno, la Revolución Cascadiana se manifiesta por un empuje del oeste noroeste - este sureste, que orientó las estructuras sobrepuestas en dirección suroeste-noreste al empujarlas sobre el macizo de San Andrés.

Una discordancia entre la Formación Concepción Superior y las for-

maciones sobreyacentes, demuestran que en este tiempo se registró una emergencia de parte de la cuenca. En el Plioceno y Reciente las corrientes fluviales cubrieron parcialmente los sedimentos más antiguos con materiales de aluvión.

IV.2 ESTRATIGRAFIA

Dentro de la Cuenca Salina del Istmo se han identificado sedimentos que van probablemente desde el Pérmico, hasta el Mioceno Superior. Depósitos posteriores al Mioceno existen cubriendo discordantemente a todos los otros sedimentos, pero hasta la fecha no se ha hecho ni siquiera un estudio preliminar de estos depósitos. Cuando en una zona se encuentran espesores grandes de gravas y arenas muy gruesas generalmente se les señala una edad pleistocénica, sin confirmación de ninguna especie, debido a la carencia completa de fósiles (H. Contreras y M. Castillón, 1960). Al resto de los depósitos posteriores a las gravas que se clasifican como Pleistoceno, se han clasificado como aluvión o reciente, dependiendo del caso de que se trate. La tabla de la Figura IV.3 muestra claramente la división estratigráfica de las rocas sedimentarias, aclarando que las divisiones en algunos casos son solamente tentativas, ya sea porque no exista fauna o porque no se ha hecho un estudio detallado, debido a que la mayor parte de las exploraciones hechas en la región, han tenido un aspecto totalmente comercial y no se ha dedicado tiempo suficiente para hacer una revisión seria de la columna a base de macrofauna, exceptuando el caso de los sedimentos cretácicos.

En el presente capítulo se hace una descripción generalizada, para la cual se toma como base una total recopilación a partir de diversos trabajos.

P E R M I C O

En la parte sur de la Cuenca Salina del Istmo, ya dentro de la Sierra Madre, aparece una zona extensa formada por rocas metamórficas. La roca más común es esquisto micáceo (sericita, con cristales de calcita y algunos granates muy pequeños). Estas rocas metamórficas se encuentran completamente plegadas, se estima que tienen un espesor de 800 a 900 metros. Interestratificados, existen cuerpos de

TABLA ESTRATIGRAFICA DEL ISTMO

ERA	SERIE	PISO EUROPA	FORMACION	
CUARTE	RECIENTE		Siemethus Rostolm	
	PLEISTOCENO			
T E R C I A R I O	PLIOCENO	ATLANTICA		
		PLAISANCIANA		
	MIOCENO	SUP	PORTIAND	Cedral
			VINDOBONIAND	Aguaquequita Parajo Solo
			TORTONIAND	Ffiteolo
		INF	HELVETIAND	Concepcion Sup.- inf.
			MURSIGALIAND	Ezeente
	OLIGOCENO	SUP	CRATIAND	Congl. Mansfield
		MEI	RUPELIAND	La Leja
		INF	LATTORPIAND	
	EOCENO	SUP	PRIASONIAND	Lutito Mansfield
		MEI	LUTECIAND	
INF		YPRASSIAND		
PALEOCENO		MORTIAND		
		DANIAND	Uspooop Const.	
CRETACICO	S U P	VALANGINIAND		
		CAMPANIAND	Mendes	
		SANTONIAND		
		COCHICIAND		
		THOMASIAND		
		CENOMANIAND		
	M E D	ALBIAND	Sierro	
		APTIAN	Madra	
		SARRENIAND		
		HAUTERVIAND		
		VALANGIAND		
JURASICO	S U P	TITHONIAND		
		KIMMERIAND		
		SCYTHIAND		
	M E D	CALLOVIAND		
		TOURNAISIAND		
		OXFORDIAND	Luzbas Rojas	
		LIASICO		
			Sucumbato	

ANHIDRIDAS Y SAL AZUFRE

 AUSENTE

TOMADO DE E. LOPEZ RAMOS (1978)

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. No. IV.3 TABLA ESTRATIGRAFICA.
	1 9 8 9

caliza carbonosa y ligeramente arenosa, de la cual se han sacado abundantes muestras, pero no ha sido posible indentificar ningún fósil (H. Contreras y M. Castillón op. cit.). Esta roca es muy semejante a la del Pérmico Medio en el sureste de Chiapas, por lo que tentativamente se le ha venido asignando esta edad.

TRIASICO - JURASICO

Formación Todos Santos.- Esta formación está compuesta de sedimentos clásticos de origen continental (areniscas y conglomerados rojizos), nombrados Capas Todos Santos, también conocidos como "Lechos Rojos", los que fueron estudiados primeramente por Carl Sapper (1894; en Quezada M., 1975), en el departamento de Cuchumatán y posteriormente por Vinson (1962; en Quezada M., 1975), en la localidad de la Ventosa, ambas en la República de Guatemala (Quezada M., 1975).

Quezada M. (op. cit.) propone como sección representativa de esta formación la ubicada 10 Km al noroeste de la ciudad de Matías Romero Oaxaca, distinguiéndose tres "series" con características propias y un espesor total de 1700 metros.

Ninguno de los autores consultados menciona haber encontrado evidencias paleontológicas que confirmen la edad de la unidad. Schlaepfer (Et. Al., 1972) en su estudio del Mesozoico de la Sierra Madre del Sur incluye su límite inferior dentro del Oxfordiano temprano y menciona aún, que en otras áreas su depósito pudo haberse iniciado en épocas más antiguas.

En su parte superior, parece se haya cubierta por calizas y lutitas calcáreas del Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Las calizas más antiguas que se encuentran descansando arriba de estas capas, pertenecen a la parte superior del Kimmeridgiano. De acuerdo con sus relaciones estratigráficas se deduce que las ca-

pas rojas pueden comprender depósitos que se extienden desde la parte superior del Pérmico hasta la parte media del Jurásico Superior (Kimmeridgiano).

JURASICO - CRETACICO

Jurásico Superior - Cretácico Inferior. Formación Chinameca. Fué definida formalmente por Burkarot (1930; en Quezada M. 1975), refiriéndose a ellas como calizas de color pardo crema, que afloran un kilómetro al oriente del poblado de Chinameca, Ver., en las localidades del cerro de la Gravera y cerro de la Cal, además de la conocida como El Piedral, 1 km. al norte de la estación Higueras.

La unidad también aflora en los flancos del anticlinal Cerro Pelón y en el anticlinal Jimbal.

Senciñón A. (1985), midió 701 m de esta unidad sobre el flanco oriental del anticlinal de Cerro Pelón y 523 m en el anticlinal Jimbal.

En cuanto a su edad, en la base no fue posible determinarla (Senciñón *op. cit.*), ya que ésta se encuentra dolomitizada y toda evidencia paleontológica ha sido destruida; sin embargo, se infiere, por relaciones estratigráficas, una edad Kimmeridgiano, pudiendo bajar hasta el Calloviano Medio en tanto que la parte superior llega hasta el Cretácico Temprano (Hauteriviano), con excepción del área de Cerro Pelón en donde los datos paleontológicos indican que la Formación Chinameca continuó su depósito hasta el Albiano.

CRETACICO MEDIO

Formación Sierra Madre.

La Formación Sierra Madre fue estudiada por primera vez por Boose, 1905 (en Quezada, 1975) y más tarde por Thompson y Miller en 1944 (en Quezada op. cit.); siendo definida como dolomías grises y calizas de plataforma con abundancia de miliólidos y algunos rudistas y que tiene amplia distribución en la sierra de Chiapas.

Esta formación está totalmente constituida por calizas y dolomías pardo claro, siendo las calizas de litográficas a microcristalinas, en coloraciones de pardo a gris; y recristalizadas de aspecto sacaroide las dolomías. Contienen microfauna de miliólidos, la estratificación es delgada a media en capas de 20 a 80 centímetros con espesor total de 1485 metros (Chirinos, 1973; en Senciñón op. cit.).

Dentro de la cuenca salina, esta formación sólo se encuentra bordeando la parte sureste, al frente de la sierra con un espesor aparente de 200 a 300 metros solamente (Contreras y Castillón op. cit.).

De acuerdo con fauna determinable se ha considerado que la Formación Sierra Madre fue depositada durante el Albiano y parte del Cenomaniano.

CRETACICO SUPERIOR

Cretácico Superior (no diferenciado)

Sedimentos de esta edad aparecen con un espesor de más de 800 metros principalmente de lutitas y areniscas interestratificadas y cementadas. La macrofauna es escasa por lo general (una excepción es la parte media del estado de Chiapas, donde existen abundantes macrofósiles) pero la microfauna es abundante (Contreras y Castillón op. cit.).

FORMACION MENDEZ

El nombre de Formación Méndez ha sido utilizado por todos los geólogos desde los principios de la exploración petrolera inclusive en la sierra de Chiapas. Este nombre fue dado por Jeffrey (1912, en López R., 1979) refiriéndose a unas margas rojas que descansan sobre la Formación San Felipe, cuyos estratos están expuestos 300 metros al este de la Estación Méndez, S. L. P..

Sedimentos de esta formación afloran en el núcleo del anticlinal cerro Nanchital, anticlinal los Amates y en los anticlinales cerro Pelón y Jimbal.

Senci6n (1985) midi6 703 metros de espesor total en Cerro Pel6n y 635 metros en el anticlinal Jimbal, estos 6ltimos incompletos por la existencia de una falla que corta la unidad. En el anticlinal de Cerro Pel6n, Senci6n (op. cit.) menciona que es predominantemente arcillosa, color gris verdoso y presenta ocasionalmente alternancias con areniscas de grano fino, calc6reas, bien cementadas, con estratificaci6n delgada a media. La Formaci6n Méndez en su contacto inferior es discordante sobre el Cretácico Superior indiferenciado y en su contacto superior en algunas localidades es concordante y en otras discordante debajo de sedimentos terciarios. Debido a la variabilidad de su dep6sito, la edad de la Formaci6n Méndez difiere ligeramente de una localidad a otra; analisis paleontol6gicos realizados en el trabajo de Senci6n A. (op. cit.) reportaron una edad Campaniano - Maestrichtiano para la Formaci6n Méndez.

P A L E O C E N O

Formaci6n Conglomerado Uzpanapa.

El conglomerado al que se le ha asignado el nombre de "Conglomerado Uzpanapa" se localiza en un tramo del curso del r6o Uzpanapa, a unos 3.5 Km al sur de la Numeraci6n y en la brecha Guarumo (Benavides G., 1956). Este mismo autor menciona en sus informes que llega a descansar directamente sobre la Formaci6n Méndez del Cretácico

cico Superior, considerándola del Paleoceno.

La litología consiste de guijarros bien redondeados de 1 a 10 centímetros de diámetro derivados de rocas ígneas de tipo granítico y cuarzo en una matriz arenosa, siendo una característica notable de que carezca casi por completo de cantos de caliza (Benavides G., 1948). Su espesor varía de 130 a 150 metros.

Espinoza L. (1979) coloca al Conglomerado Uzpanapa en la base del Eoceno Inferior. Benavides G. (1956) sólo menciona que son del Eoceno aunque posteriormente (en López R. 1979) declara que pudiera llegar a considerarse del Paleoceno - Eoceno Inferior. En ausencia de más datos se considera valedera esta datación (Ver tabla de la Figura No. 5).

E O C E N O

Formación Lutitas Nanchital.

Con el nombre de Lutitas Nanchital se define la unidad constituida en su mayor parte, por lutitas muy poco arenosas, alteradas en su parte inferior y con intercalaciones de areniscas de grano fino. Aunque es bien conocida en la literatura petrolera, tiene un uso más bien local.

Fue descrita por primera vez de una manera informal por Castillo (1955) como perteneciente al Eoceno Superior y sus características litológicas permiten diferenciarla fácilmente de las demás formaciones supra e infrayacentes. Además su contenido faunístico es característico (Castillo, 1955 en López R. 1979).

O L I G O C E N O

Formación La Laja.

Esta formación aflora generalmente en las márgenes de la Cuenca Salina del Istmo sobre sedimentos del Eoceno; Domínguez (1976), la

describe como sigue: está constituida por lutitas de color gris, ligeramente arenosas, en parte bien estratificadas en capas delgadas con algunas intercalaciones de areniscas. Sobre estos sedimentos, se encuentra localmente, con características sobresalientes, un cuerpo de conglomerados y areniscas que alcanzan un espesor variable entre 500 y 600 metros. Este conglomerado, a diferencia del Conglomerado Uzpanapa, está formado por cantos de caliza y de roca ígnea; la arenisca pasa de grano fino a grueso. Dentro del cuerpo conglomerático se presentan capas delgadas de lutita arenosa con microfauna del Oligoceno; se correlaciona en algunas zonas con el Conglomerado Nanchital. El espesor total de la Formación La Laja varía entre 1,000 y 1,400 metros.

CONGLOMERADO NANCHITAL

Benavides (1956) se refiere al Conglomerado Nanchital como el rasgo geológico sobresaliente dentro del Oligoceno en el área de los domos las Limas y Cascajal y en el curso superior del río Uzpanapa. Sención (1985) describe al Conglomerado Nanchital de la siguiente manera: "Está constituido por cantos de diferentes diámetros de rocas de origen ígneo y sedimentario, muy bien cementados en matriz arcillo - arenosa expuestos en capas delgadas y muy gruesas hasta de 4 metros de espesor conteniendo zonas completamente masivas, separadas por cuerpos lenticulares de lutita de color gris verdoso. Alternan también con capas de areniscas de grano fino a medio, arcillosas, muy compactas. Esporádicamente se encuentran bloques de caliza cretácida de pequeñas y grandes dimensiones, probablemente de la Formación Sierra Madre". En las lutitas se encuentra fauna característica del Oligoceno Temprano por lo que su edad queda satisfactoriamente probada (Hinojosa G., 1961). El espesor medio varía de 500 a 600 metros en la confluencia de los ríos Nanchital y Uzpanapa (Sención, op. cit.); mientras que Benavides (1956) reporta 550 metros aproximadamente para la región del Mirador.

FORMACION DEPOSITO

La porción del Oligoceno conocida localmente con el nombre de Formación Depósito, según Domínguez (1976), está formada por lutitas de color gris a gris azulado, ligeramente arenosas, bien estratificadas, con intercalaciones de ceniza volcánica, cuyos espesores varían entre 30 cm y 5 metros y constituyen un rasgo distintivo de esta formación, además presenta intercaladas algunas capas de areniscas. Estos sedimentos contienen una microfauna característica (Domínguez, op- cit.).

M I O C E N O

Formación Encanto.

Según Domínguez (1976) el paso del Oligoceno a la Formación Encanto del Mioceno no está marcado claramente desde el punto de vista litológico dada la semejanza entre los depósitos del Oligoceno Superior y los del Encanto Basal. Sin embargo, los contactos del Encanto, tanto el inferior como el superior, se determinan con relativa facilidad por su contenido faunal. Consiste principalmente de una secuencia alternada de arenas, 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 otras ocasiones se presenta el Encanto como una secuencia de estratos formados por arenas de grano grueso a fino parcialmente cementadas, ligeramente arcillosas, de color gris azulado o gris claro, que con frecuencia contienen granos y cristales de ortoclasa además de los de cuarzo, a veces la cementación es completa encontrándose entonces capas de arenisca dura de color gris azulado cuando están húmedas, que varían en espesor entre 10 cm y 1 metro. Dentro de la formación y cerca de su cima se encuentra una zona arenosa llamada arena Yucatecalt, formada por areniscas y arenas de grano medio a fino. El espesor de Encanto es variable pero

puede tomarse como promedio de 500 a 800 metros.

FORMACION CONCEPCION INFERIOR

De acuerdo con Domínguez (op. cit.), esta formación descansa sobre la Formación Encanto pudiéndose determinar muy bien su contacto tanto por litología como por micropaleontología. Está formada principalmente de lutitas muy bien consolidadas, mal estratificadas, de color gris claro, azul y azul oscuro, micáceas y generalmente muy fosilíferas conteniendo gasterópodos y pelecípodos junto con una gran variedad de foraminíferos. La parte superior de la formación es muy arenosa y semejante a la Concepción Superior basal, pero su contenido de arena va disminuyendo desde ese contacto hacia la base donde las lutitas son casi puras y muy micáceas. En algunas ocasiones aparecen en las fracturas depósitos de relleno. El espesor de esta formación es muy variable, oscila entre 200 y 400 metros en las diferentes localidades.

FORMACION CONCEPCION SUPERIOR

Litológicamente, esta formación tiene cierta semejanza con la Concepción Inferior y consta de lutitas arenosas de color azul grisáceo, compactas, cuyos planos de estratificación no existen o están muy mal definidos, en ocasiones se presentan concreciones de areniscas de color pardo cementadas con material calcáreo, concreciones que aparecen también en la base de la Formación Filisola, lo cual dificulta fijar el contacto; su espesor es muy variable alcanzando hasta 600 metros (Domínguez, 1976).

FORMACION FILISOLA

Se trata de una formación eminentemente arenosa que sobreyace concordantemente sobre la Formación Concepción Superior, aunque el contacto es difícil de trazar exactamente por la transición gradual que existe entre las dos formaciones (Dominguez, op. cit.).

La parte superior de esta formación está constituida por arcillas arenosas rojas que cuando se intemperizan se vuelven color ladrillo; debajo de estos lechos se encuentra material cuarcífero. Los lechos fosilíferos alternan con areniscas blancas de grano medio ligeramente micáceas de color gris a pardo que no contienen fósiles; más abajo hay areniscas de grano medio a fino, micáceas que varían de color azulado en la parte superior a grisáceo en la parte inferior. Finalmente, la parte basal está formada por lechos lutíticos compactos de color gris pardo y de areniscas pobremente cementadas. En esta parte basal es común encontrar concreciones lenticulares. La estratificación en general es pobre, el espesor varía de 250 a 400 metros.

FORMACION PARAJE SOLO

Esta formación está ampliamente distribuida en la parte norte de la Cuenca Salina del Istmo, cubre gran parte del área entre los ríos Coatzacoalcos, Tonalá y Uzpanapa. Está formada de arenisca de grano grueso a fino de color gris a gris pardusco, con arcillas de color azulado poco carbonosas. La parte inferior tiene las siguientes características: arenisca compacta de grano grueso gris y gris pardo, interestratificadas con arcillas, seguidas de un lecho fosilífero y después por areniscas de grano grueso laminadas por arcilla y material lignítico; los horizontes ligníticos son bastante constantes. La fauna que contiene corresponde a aguas poco profundas; los foraminíferos son escasos y no se conoce ninguna especie característica; el espesor varía de 300 a 600 metros pero ha llegado en algunos lugares a 1,400 metros. Descansa discordantemente so

bre la Formación Filisola y está cubierta algunas veces en discordancia por la Formación Agueguesquite (Domínguez, op. cit.).

FORMACION AGUEGUESQUITE

Normalmente se encuentra sobre la Formación Paraje Solo y el contacto entre las dos formaciones puede marcarse por la primera aparición de fósiles marinos debido a la transgresión; el hábito marino de esta región se manifiesta en su microfauna; los moluscos en buen estado indican condiciones de mar poco profundo, abierto y con pocas variaciones de salinidad y temperatura (Domínguez, 1976).

Su parte superior consiste de arcillas ligníticas de color grisáceo, algunas veces tobáceas y con moldes fósiles; descansan sobre lechos de arcilla arenosa que alternan con areniscas deleznable, fosilíferas y con lechos ligníticos delgados en cantidades subordinadas a las arcillas. La parte media consiste de arenas compactas de grano medio de color gris pardusco y azulado, ligeramente fosilíferas y en ocasiones con concreciones calcáreas. La parte inferior está formada por areniscas amarillentas con bandas de arcillas.

A veces en la parte inferior se encuentra un conglomerado con abundancia de macrofósiles, su espesor varía entre 40 y 500 metros pero sólo se le encuentra en la parte norte de la Cuenca Salina del Istmo (Domínguez, op. cit.).

FORMACION CEDRAL

Esta formación generalmente descansa concordantemente sobre la Formación Agueguesquite y está formada por arenas, arcillas y conglomerados; se le supone de origen deltaico o de sub-ambiente semipalustre (Domínguez, op. cit.). En algunas áreas se distinguen dos partes; una superior formada por cuerpos arcillosos alternando con arenas que algunas veces presentan lechos de gravas de color gris y

verde azulado, con lechos de arcillas abigarradas y otras capas de lignitos de color gris pardo en las que se puede observar la estructura vegetal. La parte inferior formada por una secuencia de arenas con lechos de gravas pobremente estratificadas, carente de fósiles; su espesor es de 500 a 600 metros.

FORMACION SALINA

Este depósito corresponde a una gran masa salina constituida por el mineral halita, de color blanco y transparente, la cual puede presentar hacia su cima un casquete o "cap rock"; éste se compone de su zona inferior a la superficie por: anhidrita, yeso y caliza. Esta última es donde en ocasiones, se encuentra la mineralización de azufre. La edad del depósito salino ha sido referida al Triásico Tardío - Jurásico Temprano de acuerdo con estudios palinológicos, los cuales dataron Polen y Esporas contenidas en la sal (D. E. Flint, 1964).

El depósito salino guarda relación con todos los depósitos superiores ya que se comporta como un cuerpo intrusivo que atraviesa toda la secuencia. La sal tiene relación íntima con los lechos rojos; en diversas partes de la cuenca se han encontrado interestratificados; por tanto se piensa que el depósito de ambos fue contemporáneo.

En el pozo petrolero Sal Somera que se perforó en la ribera del río Chiquito, cerca del poblado "La Lajilla" (Cruz Ambrosio, 1986), se atravesó la sal cortando un espesor de 3 543 metros, encontrando la repetición de sedimentos terciarios que se habían identificado en la cima de la sal (Oligoceno, Eoceno).

DEPOSITOS RECIENTES

Carlos Castillo Tejero (1951), los define como sedimentos muy varia-

bles, presentándose desde clásticos de grano fino hasta gravas con aspecto estratificado. En muchas ocasiones aparece como arcilla de color gris azulado presentando a veces bolsas de arena dentro de los cuerpos arcillosos; otras veces se presentan como arenas de granos gruesos mezcladas con gravas.

Su espesor es muy variable, a veces pasa de 200 metros.

No tiene ninguna estratificación concordante con los sedimentos más antiguos.

Cubre una gran parte del territorio norte de la Cuenca Salina del Sureste de México.

V.1.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Constituyéndose como parte del límite noroccidental de la Cuenca Salina del Istmo, la estructura de Texistepec está bidamente definida en sus bordes norte y occidental, no así en su porción sur y oriental al extenderse ampliamente y a poca profundidad hasta integrarse como parte de la gran masa salina que constituye la porción occidental de la citada Cuenca Salina del Istmo y en la que quedan incluidos los domos Almagres, Medias Aguas, Moralar, Encantada, etc., y cuya superficie se estima en 1 370 kilómetros cuadrados.

Al NE se conecta con el domo de Jáltipan después de un estrechamiento definido por una depresión local que se ha denominado "Sinclinal Hornillas". También se presenta otra depresión de menor amplitud en la porción central, al SW del poblado de Texistepec.

En el plano 1 anexo se presenta la configuración de parte de esta masa salina y en él se pueden observar las dos depresiones que se comentan, así como la posición aproximada del eje de la estructura. Estos rasgos estructurales se destacan puesto que se han considerado como determinantes para la presencia y la limitación de la mineralización; en efecto, el azufre queda confinado entre las dos depresiones o sinclinales locales y aparentemente no se extiende en grado comercial hacia alguna parte del estrecho flanco norte.

La razón por la que se piensa que estos dos sinclinales sean en parte la causa de la presencia de azufre en el área, es que se supone se hayan constituido como trampas estratigráficas de los hidrocarburos requeridos para la formación del casquete calcáreo asociado a las masas salinas.

Cabe señalar que siendo pocos los pozos barrenados por la Compañía Exploradora del Istmo, S.A., que alcanzaron la formación salina, la interpretación es en algunas partes tentativa, pero suficientemente ilustrativa de la morfología sa-

lina, en ocasiones tan irregular que sin ninguna similitud - con los típicos domos salinos.

V.2. PETROLOGIA DEL CASQUETE ROCOSO (Cap-rock).

Dentro del casquete rocoso es sumamente complejo habla re de-estratigrafía trándose de rocas sedimentarias de origen secundario, dado que su comportamiento como estratos es sumamente caprichoso.

De acuerdo con los pozos perforados en el área y que a la fecha son bastantes, se puede hacer una clara diferenciación litológica en tres miembros:

Caliza estéril.- Se le denomina estéril para subrayar la ausencia de azufre en ella, su espesor es muy variable y puede estar ausente en algunas partes. Es una caliza gris claro a oscuro, en general con impregnaciones de chapopote, el cual - en algunas áreas es muy abundante, brechoide, con fracturas - rellenas de calcita.

Caliza con azufre.- Se presenta fracturada, brechoide, de aspecto dolomítico en partes y bandeada. De manera general, -- la caliza brechoide es de color gris claro a gris oscuro, -- el azufre se presenta como matriz o en forma cristalina en -- vesículas y cavidades de de la caliza en colores brillantes.

La caliza bandeada muestra una alternancia entre delgadas capas de caliza gris claro a oscuro, calcítica, con delgadas - capas de azufre.

La permeabilidad de la caliza es variable y se puede decir que la caliza bandeada es más permeable que la caliza brechoide.

Cabe señalar que en la parte oriental del domo se presenta, -- en la base de la caliza mineralizada, un espesor de algunas - veces hasta 3 metros de caliza brechoide con lentes de yeso, - la cual se considera como la transición al yeso franco. Además

esta parte normalmente es de muy baja permeabilidad.

Yeso y/o anhidrita.- Esta unidad en parte es una alternancia de yeso y anhidrita, predominando la anhidrita. Esta se presenta compacta, gris claro a gris oscuro. El yeso es blanco a gris marmolado, en partes fracturado intensamente y en algunas ocasiones se ha encontrado una lutita negra relleno de dichas fracturas.

V.3.- EFFECTOS DE LAS CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS DEL CASQUETE - CALCAREO.

Para efectuar la explotación del azufre por medio del método Frasc influyen de manera muy importante las siguientes características litológicas del paquete calcáreo: porosidad, permeabilidad, espesor, la proporción de tal espesor mineralizado y la profundidad a la que se encuentra emplazado.

Cuando la porosidad es apropiada permite el paso del agua tanto para licuar el azufre como para que fluya fácilmente, después de haber cumplido su cometido, hacia el frente de desfogue. Existen casos en los que la caliza es hasta cavernosa, se detecta porque al estar perforando la barrena cae libremente, con lo cual se tienen fugas del agua caliente hacia otras partes del yacimiento que no son las convenientes. En casos en los que la formación está muy compacta, el proceso de flujo de agua, se ve menguado o hasta impedido totalmente, con lo cual se tienen que tomar medidas tendientes a abrir paso a través de la caliza, ya sea por medio de la inyección de ácido sulfúrico como de la instalación de explosivos; con lo primero se disolverá y con lo segundo se fracturará.

El espesor del paquete calcáreo influye de manera importante -- sobre todo cuando se tienen espesores grandes con sólo una pequeña parte de mineralización. Esto ocasiona que el calor se pierda en el mayor espesor de caliza estéril. Para tratar de resolver este problema, es necesario inyectar lodo de manera continua hacia tal espacio.

Descripción general del casquete calcáreo.

Con una irregularidad mayor a la que normalmente presenta la caliza asociada a los domos salinos, el casquete calcáreo de la estructura salina de Texistepec está constituido erráticamente al sur y SE del eje de la misma estructura, siendo más notoria la irregularidad en su parte somera la que inclusive alcanza a aflorar en las proximidades de los pozos 35 y 40.

Esta irregularidad de la formación calcárea se cree sea debida en su mayor parte a fenómenos de erosión y disolución, puesto que en ocasiones se han logrado definir francos canales rediales o sea siguiendo el echado de la estructura, y otras veces las muestras de caliza recuperadas en los pozos, presentan una porosidad y permeabilidad excesiva, como ya se mencionó. Sin embargo, en otras áreas la caliza se presenta muy compacta, generalmente cuando yace a mayor profundidad.

Como consecuencia de lo anterior el relieve del casquete es también irregular como se aprecia en la configuración del plano No.2, presentándose la porción más somera entre los pozos 35, 40, 42, 54 y 62.

En el plano No.3, en el que se configuran las isopacas de caliza se destaca mejor la irregularidad del casquete calcáreo, presentándose dispersos engrosamientos como verdaderos promontorios, entre los que se localizan áreas irregulares y extensas que no contienen caliza.

Sin embargo, la formación calcárea aunque con muchas irregularidades adelgazamientos y estrangulamientos parece ser que está conectada entre sí en la mayor parte del yacimiento, con excepción de la porción NE, la queda aislada según la información de los pozos H1-56, H1-87, H1-57, H1-43 y H1-58.

Como puede observarse en el mismo plano No.3, múltiples pozos han cortado más de 50 metros de caliza.

VI.- MECANICA DE EXPLOTACION

VI.I METODO FRASCH

La explotación del azufre se efectúa por medio del método Frasch, el cual consiste básicamente en sobrecalentar, en una planta constituida especialmente para eso, grandes volúmenes de agua. Esta es posteriormente introducida por medio de pozos, en la formación que contiene el azufre con el objeto de fundir el metalúrgico que ahí se encuentra, el cual una vez en estado líquido es bombeado a la superficie con ayuda de aire comprimido. El agua que sirvió como vehículo para llevar el calor al subsuelo, es desalojada posteriormente de éste por medio de pozos de desfogue una vez que ha cumplido su objetivo.

El método Frasch es posible aplicarlo en virtud de las propiedades físicas del azufre, como son:

- a) Bajo punto de fusión entre los 112° y 119° C., dependiendo de su sistema de cristalización.
- b) Peso específico que varía entre 1.79 y 1.77 gr/Cm³ entre los rangos de temperatura 135° y 160° C.
- c) Insolubilidad en el agua a cualquier temperatura.
- d) Mala conducción de calor.
- e) Baja viscosidad entre las temperaturas 115° a 158°C. manteniéndose ésta entre valores cercanos a los 10 centipoises.

A. Perforación

Las actividades referentes a la perforación de los pozos azufreros se desarrollan en forma continua y por tanto se laboran las veinticuatro horas del día, desde la iniciación hasta la terminación del pozo.

Las cuadrillas encargadas de la perforación se componen del siguiente personal:

Un perforador
Un ayudante de perforación (chango)
Tres ayudantes de perforación piso

A.1 Fases de la perforación de un pozo en desarrollo.

El sistema utilizado para la perforación es el de rotación. En este trabajo se utilizan equipos de perforación tipo torre (Foto 1) y tipo mastil (Foto 2). Los de tipo torre son fabricados por el departamento de perforación y se acondicionan con malacates marca IDECO, el tipo mastil es un equipo completo marca IDECO. Los malacates son tipo hydrair, mecánicos y con capacidad para perforar hasta 3,000 m de profundidad.

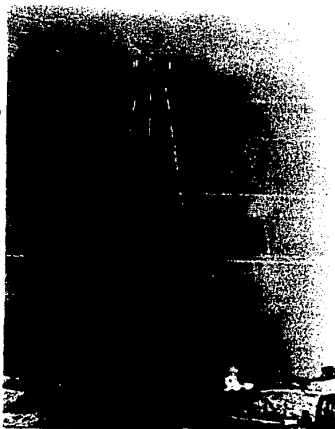
a). Barrenación

Desde el inicio de la perforación y hasta la profundidad donde se detecta la cima de la caliza (cima del casquete), se perfora con barrena de 12 $\frac{1}{4}$ pulgadas (311 mm) de diámetro, tricónica y con especificaciones para perforar en formación blanda.

b). Muestreo

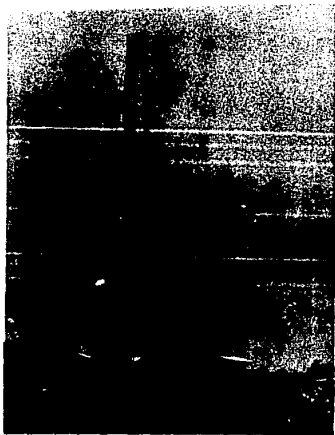
Posteriormente, y previamente detectada la cima casquete por un geólogo, se saca la barrena y es utilizada en su lugar una corona de roles revestida de tungsteno, la cual tiene un diámetro de 7 $\frac{7}{8}$ " (200 mm). Dicha corona va unida a un muestrero reed. Con dichos accesorios se procede a cortar núcleos de cuatro metros en la caliza estéril y de dos metros en la caliza con azufre hasta llegar al yeso o anhídrita donde termina la perforación del pozo. Los núcleos cortados en este proceso son utilizados para evaluar el pozo con base en su contenido porcentual de azufre.

c). Cementación de la tubería de revestimiento



— FOTO No. 1.— TORRE DE PERFORACION.

FOTO No. 2.— MASTIL DE PERFORACION.—



Ya perforado el pozo se procede a cementar la tubería de revestimiento de 8 5/8" (219 mm) la cual tiene como objetivo aislar el pozo de materiales deleznable que al derrumbarse lo pueden azolar. Esto se consigue cementando la tubería buscando un firme apoyo en la caliza compacta. La cementación se efectúa de la siguiente manera:

En la base de la tubería de revestimiento se coloca un tubo conocido como zapata, este tubo es del mismo diámetro. Dicha zapata tiene dos agujeros aproximadamente un metro arriba de su parte inferior. A este tubo se le pone un tapón en su parte inferior. Ya introducida toda la tubería de revestimiento incluida la zapata dentro del pozo, se procede a introducir el cemento previamente mezclado con agua formando una buena lechada dentro de ella. La introducción de la lechada de cemento dentro de la tubería se hace utilizando una bomba de lodo acondicionada con un tanque con pistolas para mezclar el cemento. A dicha bomba se le conoce como bomba cementadora. Ya hecho lo anterior, se desconecta la bomba cementadora de la tubería de revestimiento. Se procede a introducir dentro de la tubería un tapón de hule o de sacos rellenos parcialmente de tierra o de cemento que sirven para separar la lechada de cemento del lodo de perforación, que es inyectado posteriormente a presión (200 libras/pulgadas²) dentro de la misma tubería, misma que fluirá al espacio anular existente entre la tubería y la pared del pozo a través de los dos orificios de la zapata. La inyección del lodo para desplazar el cemento se interrumpirá cuando el tapón de hule o de sacos llegue al fondo de la tubería, y esto se reflejará en un aumento de presión del lodo de perforación que se está inyectando. Dicho aumento de presión se apreciará en el manómetro de la bomba de lodo, el cual aumentará de una lectura de 200 libras/pulg² a 500 libras/pulg² o más. Terminado este proceso se espera a que el cemento tenga un tiempo de fraguado de por lo menos doce horas. Cementada la tubería de revestimiento, se procede a equipar el pozo ya sea a producción o a desfogue según sea lo proyectado.

A.2 Descripción general del equipo y demás operaciones necesarias durante la perforación de pozos.

En el sistema rotatorio (figura No. VI.1) se perfora un agujero haciendo girar una barrena a la cual también se le aplica una fuerza de compresión.

La barrena está conectada y se hace girar por lo que se conoce como sarta de perforación la cual está compuesta de tubería de perforación de alta calidad y de lastra-barrenas, que son tubos de acero de paredes muy gruesas, cuya función es proporcionar la carga de compresión a la barrena, permitiendo que la tubería de perforación más ligera permanezca en tensión.

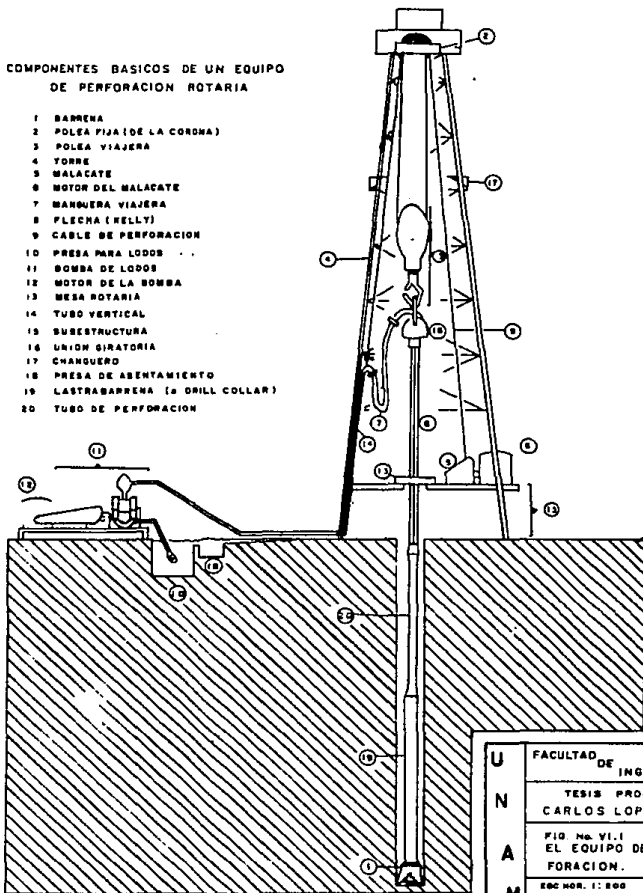
A medida que se profundiza el pozo, se van agregando nuevos tramos de tubería de perforación. Los cortes o pedazos de roca que arranca la barrena son llevados por el fluido de perforación (lodo), que circula hacia abajo por el interior de la tubería de perforación, sale a través de los orificios o toberas de la barrena y regresa a la superficie por el espacio anular, comprendido entre las paredes del pozo y la tubería de perforación. En la superficie, el fluido (lodo) que sale del pozo se hace circular por un canal hacia dos presas, la primera de asentamiento donde se eliminan los fragmentos de roca y la segunda donde succiona el lodo la bomba, y se repite el ciclo bombeando a través del tubo vertical, de la manguera viajera, (ver figura VI.1) y de la unión giratoria, al interior de la tubería de perforación.

Cuando es necesario sacar la barrena, la tubería de perforación se saca en lingadas de dos tubos cada una; éstas son acomodadas en el piso del equipo por los ayudantes de piso y en la parte superior, hace la misma operación el ayudante de perforación (chango).

La torre o el mastil, proporcionan el claro vertical para bajar o subir la sarta de perforación, al meterla o sacarla del pozo durante las operaciones de perforación; debe tener la resistencia y la altura suficientes para efectuar estas operaciones en una forma segura y eficiente. La capacidad de las torres o mastiles son de aprox

COMPONENTES BASICOS DE UN EQUIPO
DE PERFORACION ROTARIA

- 1 BARRERA
- 2 POLEA FIJA (DE LA CORDA)
- 3 POLEA VIAJERA
- 4 TORRE
- 5 MALACATE
- 6 MOTOR DEL MALACATE
- 7 MANUERA VIAJERA
- 8 FLECHA (HELLY)
- 9 CABLE DE PERFORACION
- 10 PRESA PARA Lodos
- 11 BOMBA DE LODOS
- 12 MOTOR DE LA BOMBA
- 13 MESA ROTARIA
- 14 TUBO VERTICAL
- 15 SUBESTRUCTURA
- 16 UNION GIRATORIA
- 17 CHANGUERO
- 18 PRESA DE ABENTAMIENTO
- 19 LASTRABARRERA (o DRILL COLLAR)
- 20 TUBO DE PERFORACION



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO	
	FIG. No. VI.1 EL EQUIPO DE PERFORACION.	
	ECC. HOR. 1: 800	1989

madamente 500 toneladas.

La subestructura es, como su nombre implica, el soporte en el que descansa la torre; debe resistir las cargas previstas, con un factor de seguridad conveniente; ser de altura suficiente para permitir la colocación de las válvulas de los pozos. El malacate, es una de las partes principales del equipo de perforación, tiene las siguientes funciones: es el centro de control desde donde el perforador opera el equipo, contiene los embragues, cadenas, engranes, aceleradores y otros mecanismos que permiten dirigir la potencia del motor a la operación particular que se desarrolla, y contiene un tambor que recoge o alimenta el cable de perforación, para subir o bajar la polea viajera según la operación. La potencia necesaria para las maniobras la proporciona el motor que puede ser de combustión interna o eléctrico de corriente directa.

Las bombas de lodo (ver Foto No.3), empleadas para hacer circular el fluido de perforación, son normalmente de pistones de doble acción, tipo duplex (de dos pistones). Las bombas de pistón tienen las siguientes ventajas:

- i) Capacidad para manejar fluidos que contengan alto por ciento de sólidos, algunos de ellos abrasivos.
- ii) Válvulas con dispositivos para permitir el paso de reactivos para lodo, de tamaño determinado;
- iii) Sencillez de operación y de mantenimiento; las camisas, los pistones y las válvulas pueden ser cambiados por el personal del equipo; y
- iv) Amplia variación de volúmenes y de la presión disponible.

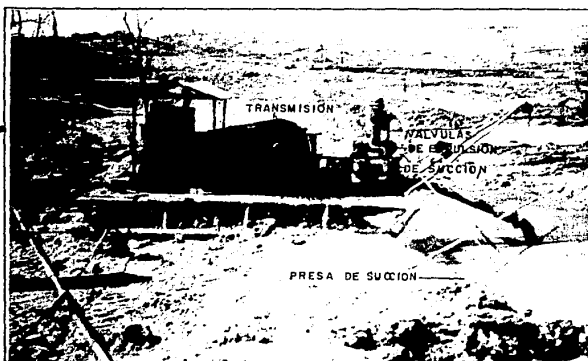


FOTO No. 3.- LA BOMBA DE LODOS.

FOTO No. 4.- PARTES DE UN EQUIPO DE PERFORACION.



La flecha es siempre la conexión superior de la sarta de perforación; comunmente es un tubo de sección cuadrada, pero puede ser exagonal u octagonal; pasa por los bujes ajustados de la mesa rotaria, que permiten que el movimiento giratorio de esta mesa se transmita a toda la sarta de perforación, siendo esta su función primordial (ver Foto No. 4).

B.1 Pozos de producción

Los pozos de producción en la industria del azufre son los que tienen como finalidad extraer el azufre a la superficie.

La finalidad de las actividades de explotación es desarrollar un área de producción, con base en los trabajos de exploración que han proporcionado la seguridad de que existe el azufre a determinada profundidad.

La experiencia ha demostrado que la explotación del azufre se debe efectuar con el concurso de varios pozos alineados, formando lo que se conoce como el frente de producción.

Al iniciar la explotación de una área, siempre se debe proyectar el primer frente de producción en la parte estructural más alta (tomando como referencia la cima de la anhidrita) y que este frente sea lo más paralelo posible a las curvas estructurales que se presentan en el área. Lo anterior con el fin de que el agua, después de haber cedido parte de su calor al fundir el azufre y como consecuencia haya aumentado su peso específico, fluya flanco abajo de la estructura precalentado el azufre que en el futuro se extraerá, ya que el frente de producción, con ese fin, se irá llevando flanco abajo y en forma paralela.

Para determinar la distancia entre los pozos de producción, no existe una relación matemática precisa debido a que el comportamiento del casquete calcáreo como se dijo, es muy variable y las características geológicas cambian de una área a otra; por consiguiente, para determinar la separación de los pozos de producción

se deben de tener en consideraci3n los factores tales como el espesor de azufre neto, la profundidad en que se encuentra emplazado el casquete calc3reo, as3 como su porosidad y permeabilidad.

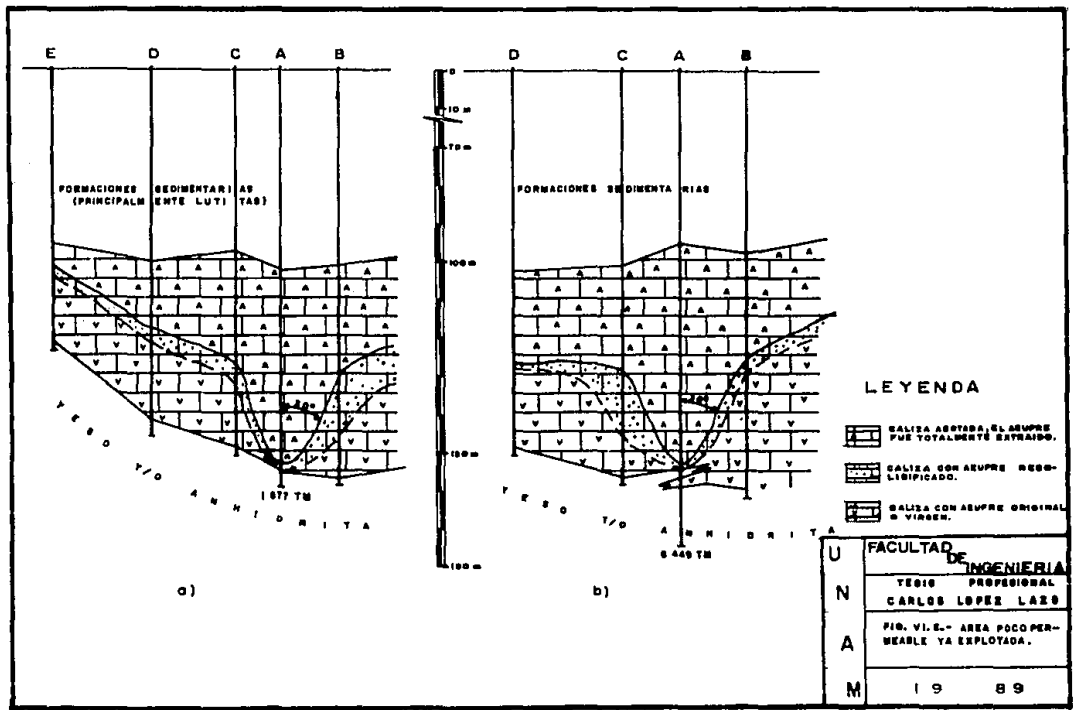
De acuerdo con perforaciones hechas en 3reas ya explotadas (ver figuras VI.2, VI.3 y VI.4), se ha encontrado que en la parte media entre pozos que fueron de producci3n quedan espesores considerables de azufre. Adem3s, se ha encontrado que tal espesor de azufre tiene una relaci3n directa con el espesor original del azufre neto y una relaci3n inversa con la porosidad y permeabilidad de la caliza; es decir, cuanto mayor es el espesor de azufre neto, mayor es el espesor de azufre que queda como residuo y 3ste disminuye cuando aumenta la porosidad y permeabilidad de la caliza. Las figuras VI.2 y VI.3 muestran el resultado de la extracci3n del azufre en una zona con poca permeabilidad; en cambio, la figura VI.4 muestra el resultado de la extracci3n en una zona permeable. El orden de perforaci3n de los pozos est3 dado por la progresi3n de las letras.

Por lo anterior, actualmente se trata de que los pozos queden al m3nimo posible de separaci3n con el fin de que el azufre que quede como residuo se reduzca al m3ximo. Para esto, los factores que se mencionaron se consideran de la manera siguiente:

El espesor neto del azufre se considerar3 en raz3n inversa, o sea, a mayor espesor, menor distancia y a menor espesor, mayor distancia.

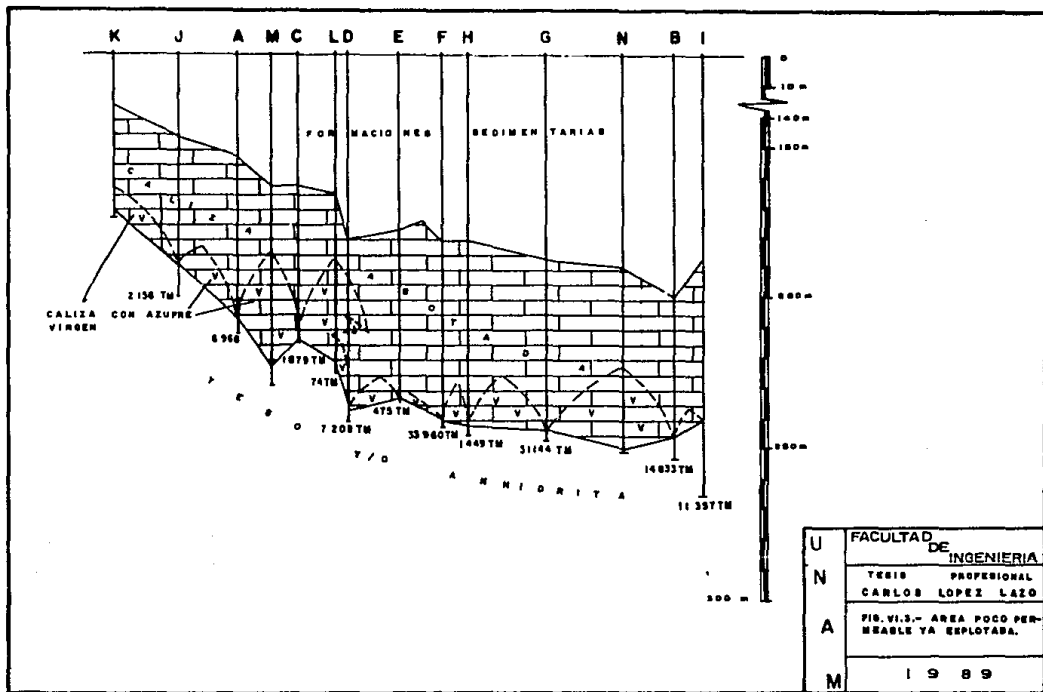
La porosidad y permeabilidad en raz3n inversa, o sea, a mayor porosidad y permeabilidad, menor distancia y a menor porosidad y permeabilidad, mayor distancia.

La profundidad se debe considerar en raz3n inversa, o sea, a mayor profundidad menor distancia y a menor profundidad, mayor distancia. En este caso, cabe se3alar que la relaci3n es debida a que la mayor o menor profundidad indicar3 un mayor o menor espesor de las capas que sobreyacen al paquete calc3reo y, por consecuencia, se va a tener un mayor o menor peso sobre 3l. Por consiguiente, las presio-

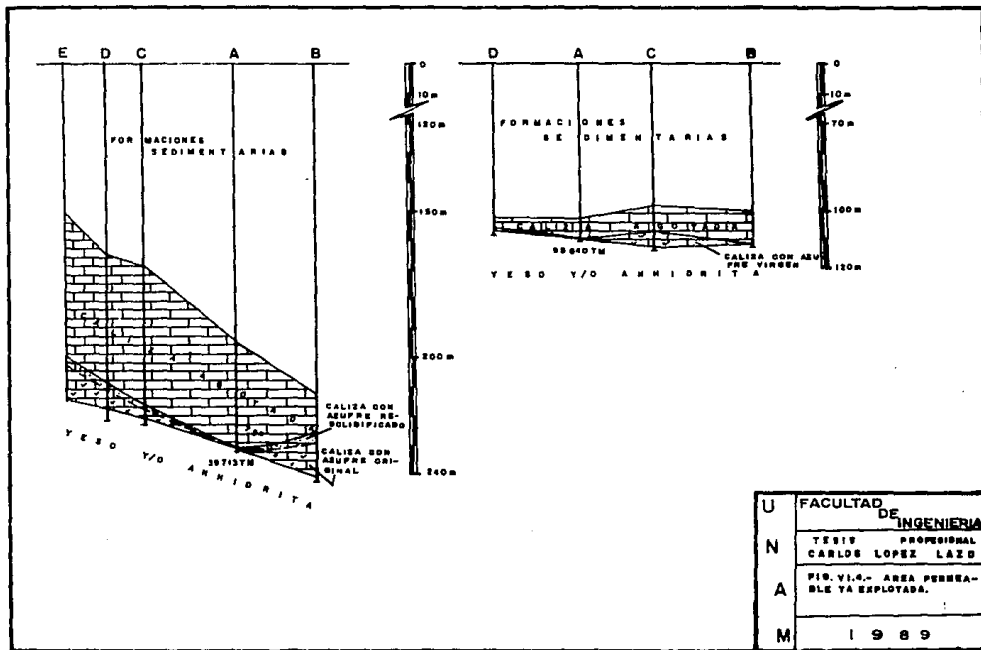


a)

b)



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. VI.3.- AREA POCO PERMEABLE YA EXPLOTADA.
	1989



nes del yacimiento se tienen que controlar de acuerdo al caso que se tenga; con una mayor profundidad se puede tener un mayor margen de presiones sin riesgo de reventones o fugas de agua caliente hacia la superficie, riesgo que aumenta si con un yacimiento de poca profundidad, los pozos se acercan demasiado, ya que el número de pozos sería mayor y, en consecuencia, la cantidad de agua caliente sería grande aumentando también la presión del yacimiento.

De acuerdo con lo anterior, se han perforado pozos a una distancia de cinco metros en áreas en donde se rebasan los diez metros de espesor de azufre neto y con profundidad mayor de trescientos metros. En áreas donde se tienen espesores de azufre neto menores de dos metros, los pozos se han perforado con una separación máxima de treinta y cinco metros a cualquier profundidad del yacimiento. En áreas en donde el yacimiento tiene una profundidad de menos de cincuenta metros, la separación de los pozos se restringe a un mínimo de veinticinco metros.

Proyectado y localizado el pozo, se procede a su perforación y ya perforado y cementada la tubería de 8 5/8, se procede a equiparlo de manera adecuada para que cumpla su función productora.

Para el equipamiento del pozo, se instalan en el pozo tres columnas de tuberías de diferente diámetro colocadas concéntricamente una dentro de la otra. Las tuberías utilizadas son las siguientes:

Tubería de inyección	- 6 5/8" de diámetro
Tubería de producción	- 3 1/2" de diámetro
Tubería de aire	- 1" de diámetro

Como se dijo anteriormente, la tubería de revestimiento es de un diámetro de 8 5/8". Dentro de esta tubería se introduce la tubería de 6 5/8" que lleva conectada en su parte inferior un tubo

con dos secciones de orificios (ver figura VI.5), las cuales se encuentran separadas por un anillo interior que además reduce el diámetro del tubo a tres y media pulgadas. Al tubo con las dos secciones de orificios se le llama "pichancha".

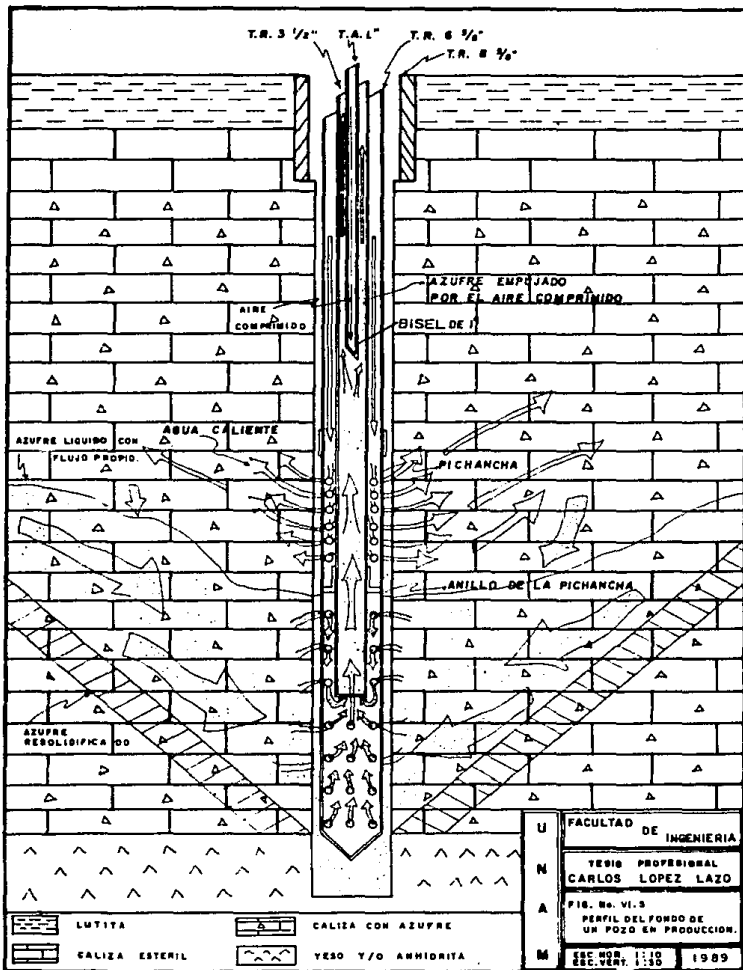
Las perforaciones superiores, normalmente más pequeñas, permiten el escape de agua caliente (160°C) a la formación. Normalmente, la base de la tubería de 6 5/8", o sea la base de la pichancha (figura No. VI.5), se debe ubicar en el contacto de la caliza con azufre y el yeso; tomándose éste a la profundidad a la que se note la transición al yeso y no hasta donde se encuentre el cambio franco a él. Lo anterior, debido, a que, como se vio en el tema V.2, dicha parte transicional presenta muy poca permeabilidad y porosidad.

La tubería de 3 1/2" se introduce casi hasta el fondo del pozo descansando sobre el anillo interior de la pichancha el cual va a cerrar el espacio anular entre las dos tuberías, teniéndose en consecuencia, comunicación entre la tubería de 3 1/2" y la sección inferior de la pichancha.

Por último, dentro de la tubería de producción se introduce la tubería de 1" la cual se coloca normalmente 50 metros arriba de las anteriores.

La tubería de 3 1/2", cuyo objetivo principal es el conducir el azufre hacia la superficie, al iniciar su funcionamiento en la etapa conocida en la industria azufrera como etapa de calentamiento, es por la cual se inicia la inyección de agua caliente de tal manera que empieza a fundir azufre y vaya abriendo a la vez camino para la introducción posterior de mayor flujo de agua caliente.

Después de un tiempo regular de calentamiento, se inicia la introducción de agua caliente por la línea de inyección o sea la de 6 5/8" y se cierra la introducción de agua por la línea de 3 1/2".



En el laboratorio se ha comprobado que conforme transcurre el tiempo, la zona en la que se funde el azufre tiende a tomar la forma de un cono invertido, con su vértice colocado en el fondo del pozo y que debido a que el azufre es mal conductor de calor, fuera de los límites de este cono, la temperatura permanece abajo del punto de fusión del metaloide, dando lugar a que las partes que limitan con el cono hacia el exterior, tiendan a revestirse con un espesor de azufre resolidificado, de modo que, cuando la inyección de agua sólo se hace por la línea de 6 5/8" el azufre fundido escurre en contra corriente con el agua inyectada y se acumula en el fondo del pozo, posteriormente se introduce en la parte inferior de la píchanca hasta acumularse una columna dentro de la tubería de 3 1/2" proporcional al azufre fundido en el área alrededor del pozo (figura No. VI.5) el cual depende, como se mencionó anteriormente, del tiempo y volumen de inyección de agua caliente en la etapa de calentamiento. Después de cerrada la inyección de agua por la línea de 3 1/2" y ya habiéndose acumulado la columna de azufre en la misma línea, se procede a inyectar aire comprimido por la línea de una pulgada para que fluya el azufre por la tubería de producción hasta la superficie (figura No. VI.5).

Cabe señalar que el espesor de azufre resolidificado formará un ángulo de inclinación con respecto a las paredes del pozo (ver figuras Nos. VI.2, VI.3, VI.4 y VI.5), el cual dependerá de la permeabilidad de la caliza contenedora del azufre. En una caliza de buena permeabilidad, el ángulo de inclinación será grande, y en una caliza de poca permeabilidad, el ángulo será pequeño.

En algunos casos, el bombeo de azufre no es posible inyectando agua por la línea de 6 5/8", para la cual será necesario hacerlo por la tubería de 8 5/8".

Esto es necesario cuando en la etapa de prueba de un pozo, éste no "sella" o no deja de tirar agua por la descarga a la atmósfera, por

lo cual, logicamente, no puede haber circulación de azufre a la línea de producción; para esto, se debe cerrar el flujo de agua a la línea de 6 5/8" para ver si de esta manera el pozo deja de tirar agua y si es así, se debe de proceder a prolongar la línea de agua hacia la entrada de la tubería de 8 5/8".

La razón por la cual se origina este problema es porque algún co-
mple o unión de la tubería de 3 1/2" no está bien apretada y, por
tanto, se permite el paso del agua hacia el interior de la tubería.
Otra causa es que se tenga algún tramo de la misma tubería de
3 1/2" con rotura o con un hueco.

Las tuberías de los pozos de producción (6 5/8", 3 1/2" y 1") que-
dan conectadas con el exterior por las respectivas líneas que pro-
vienen de la estación de control desde antes de la iniciación de
la producción del pozo. La manera en que se encuentran conectadas
al exterior es mostrada por la figura No. VI.6, de la cual cabe
mencionar el funcionamiento general.

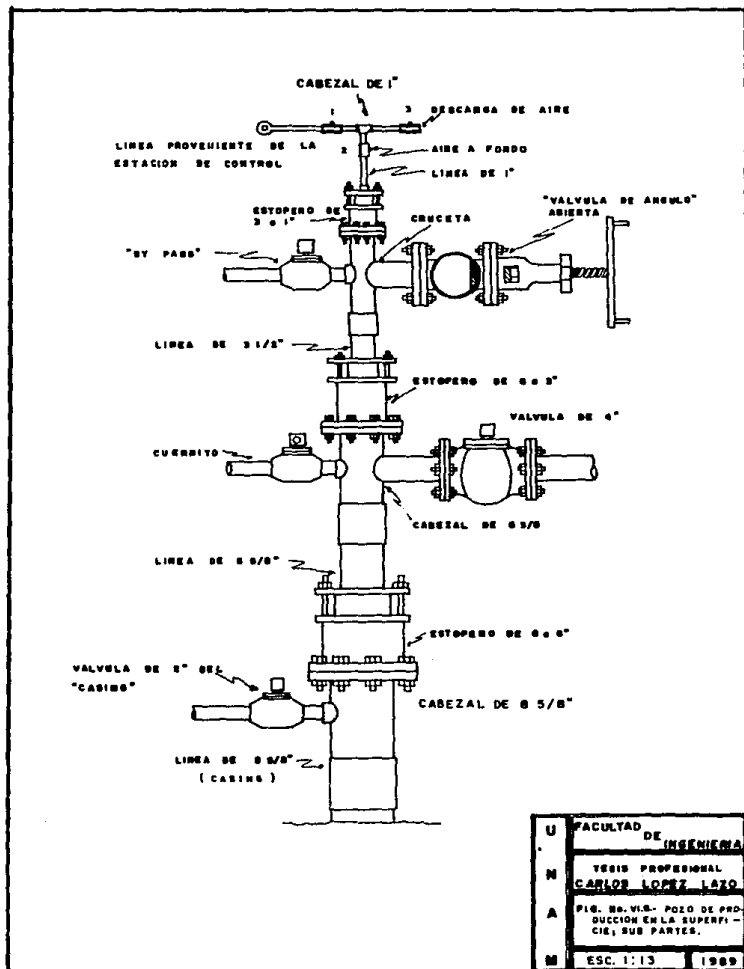
Cabezal de 1" ————— " Arbolito "

Esta es la conexión entre el fondo del pozo y la línea de 1". Como
se aprecia en la figura, consta de tres válvulas.

La válvula con el número uno, tiene como objetivo dar paso al aire
hacia el pozo en el caso de que se encuentre en producción, en di-
cho caso la válvula número dos tendrá que estar también abierta y
la número tres cerrada.

Cuando un pozo va a iniciar a producir, es recomendable verificar
que la línea de aire no se encuentre obstruida, para esto, el proce-
so es el siguiente:

- a) Línea de aire en la superficie. Se abren las vál----



U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	YESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO
A	FIG. NO. VLS- POLO DE PRODUCCION EN LA SUPERFICIE, SUS PARTES.
M	ESC. 1:13 1989

vulas número 1 y número 3 y se cierra la número 2. En caso de estar libre la línea, fluirá el aire, en caso contrario no lo hará.

- b) Línea de aire del fondo. Se abren las válvulas Nos. 2 y 3 y se cierra la No. 1. Si la línea está libre fluirá agua caliente por la descarga, si está obstruida no lo hará.

Cabezal de 3 1/2" o Cruceta

La válvula de ángulo, cuando se encuentra abierta comunica a la línea de 3 1/2" del pozo a la estación de control por medio de una línea superficial de 4" (mejor conocida como línea de 3"). El azufre extraído del pozo por tanto, será transportado por esta línea a la estación de control, en donde lo reciben y posteriormente lo bombean a los depósitos de almacenamiento (tanques y vats según el estado físico en el que se almacena).

Para mantener el azufre en estado líquido durante el transporte, dicha línea superficial tiene dentro tubería de 1 1/4" llamada serpentín o tripa por el cual circula el vapor.

El macho de 2" es un auxiliar conocido por "by pass". El uso de éste es muy frecuente y se abre cuando hay que librar la circulación tanto de agua como de azufre por la línea superficial de 3" para darle mantenimiento a ésta y al serpentín, al cual frecuentemente hay que cambiar.

En este caso, el azufre deja de extraerse del pozo y se aprovecha el tiempo para inyectarle agua caliente a través del mencionado "by pass", el cual da paso al agua hacia el fondo del pozo sin necesidad de utilizar la línea superficial de 3 1/2".

El "by pass" es normalmente usado en la etapa de calentamiento de los

pozos, esto con el fin de que el pozo al que se vaya a substituir siga utilizando la línea de producción hasta que el pozo nuevo tenga un mínimo de 96 horas de inyección de agua caliente. La función del estopero de 3 a 1" es cerrar el espacio, superficial existente entre las tuberías de 3" y 1".

Cabezal de 6 5/8"

Válvula macho de 4". Esta válvula es la que permite el paso del agua caliente que proviene de la estación de control hacia el pozo por la línea de inyección. La válvula macho de 2" es un accesorio con la cual, al inicio del calentamiento de un pozo, se ayuda a lavarlo circulando por ella el agua que se inyecta por la línea de 3 1/2". También, cuando en la estación de control no existe línea de 6 5/8" disponible para el pozo afectado, se puede hacer una prolongación de otro pozo y conectarla al macho de 2". La función del estopero de 6 a 3" es cerrar el espacio superficial entre las tuberías de 6 y 3".

Cabezal de 8 5/8"

Es un accesorio muy útil cuando una área se encuentra muy compresionada, para esto se recomienda abrir la válvula macho del cabezal con cierta frecuencia, la cual dependerá de sus condiciones particulares. En algunos casos los pozos no aceptan bombear con inyección de agua por la línea de 6 5/8", por lo cual se tiene que proceder a instalar una línea de agua a la válvula macho de la tubería de 8 5/8", esto para licuar azufre en forma permanente.

B.2 Pozos de desfogue

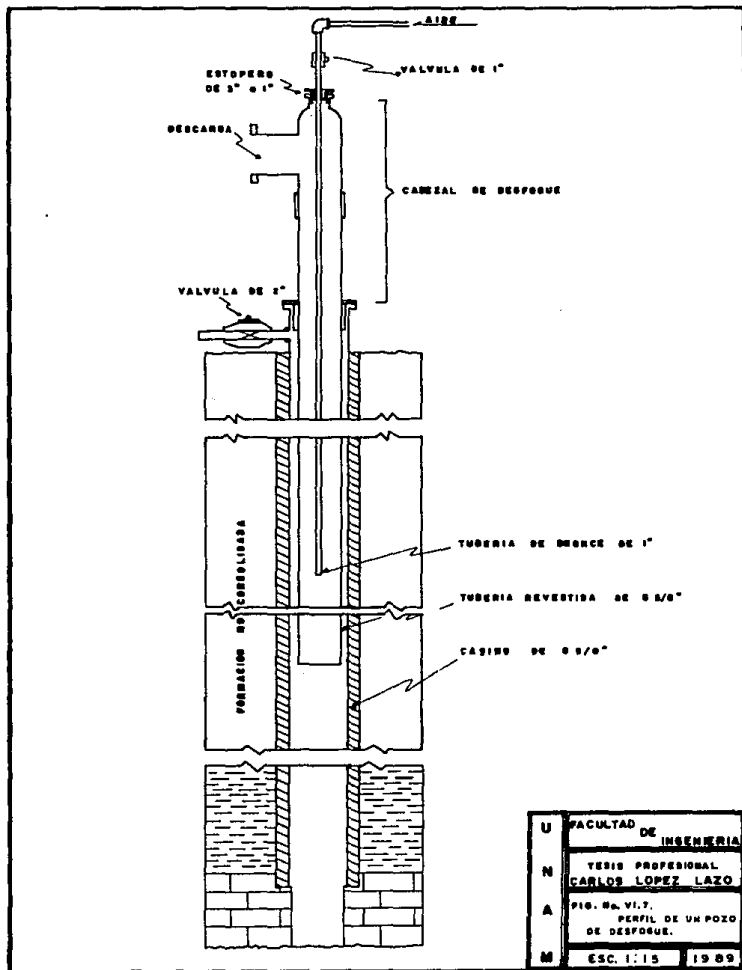
Estos pozos son de gran importancia ya que son el drene y controlan las presiones indeseables dentro del yacimiento al haber una saturación de agua.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 70

Estos pozos se perforan estructuralmente flanco abajo del frente de explotación, donde el agua ha cedido por completo su calor a la formación, y al enfriarse se va hacia la parte estructural más baja ya que aumenta su peso específico.

En muchas ocasiones el drenaje del agua a través de la caliza se dificulta por la existencia de fallas, fracturas, cavernas o un alto grado de compacidad; pero cuando las condiciones geológicas lo permiten, los pozos de desfogue se localizan a la mayor distancia posible del frente de producción a fin de lograr una mayor influencia del calor y que el agua al extraerse a la superficie salga lo más fría posible. La determinación de la distancia a la que se localizan los pozos de desfogue está restringida por el hecho de que éstos, en su momento, son utilizados también como pozos de producción. Además como la perforación es continua, normalmente se tiene un buen número de pozos perforados flanco abajo del frente de producción, por lo cual, se va a tener la posibilidad de tener trabajando los pozos de desfogue que más convengan. En algunos casos los pozos más cercanos, o sea los del frente siguiente al que se encuentre en producción, se mantienen cerrados porque el agua que se extrae tiene una temperatura elevada (más de 90°C); entonces, se deberán de probar los pozos de los siguientes frentes hasta donde se tenga perforado y se probará hasta el frente donde llega a haber un buen nivel de agua para extraerla, considerándose éste bueno cuando está a menos de 70 metros de profundidad.

En algunos casos, en los pozos de desfogue llega a haber un flujo espontáneo de agua, sobre todo cuando el agua se encuentra arriba de los 80° C, esto es por el bajo peso específico del agua a dicha temperatura, pero normalmente es necesario extraer el agua por medio de aire a presión que se inyecta a través de una tubería de 1" la cual se encuentra dentro de una tubería de 6 5/8" (Figura No. VI.7). El agua es extraída por medio de la tubería de 6 5/8". La presión de aire a la que normalmente trabajan los pozos de desfogue



es de 7 Kg/Cm².

El problema principal que se tiene en estos pozos es la excesiva corrosión del agua de drene, por lo cual la tubería de 6 5/8" se re-
viste interiormente y la de 1" es de bronce. No obstante esto, fre-
cuentemente se desgastan y algunas veces hasta se degüellan las tuer-
berías cayéndose al fondo del pozo.

El agua extraída por los pozos de desfogue es transportada por me-
dio de tubería de asbesto y descargada a canales por los cuales es
conducida a través de unos cinco kilómetros a una presa de almacena-
miento (presa de aereación) donde es tratada para que después, de
manera estrictamente controlada, sea descargada al río.

Esta agua tiene el siguiente contenido:

Solución gases	--	H ₂ S
Solución sólidos	--	Ca ⁺⁺ Cl ⁻
	--	Mg ⁺⁺ SO ₄ ⁻
		K ⁺
		Na ⁺

Una parte del ácido sulfhídrico (H₂S), se va a la atmósfera y otra
reacciona oxidándose, según la siguiente ecuación:



La aereación del agua a través de los 5 Km, y la pérdida de veloci-
dad al llegar a la presa originan que el azufre se precipite y se
empiece a depositar.

En el tiempo que dura su etapa operativa, los pozos de desfogue pre-
sentan una serie de problemas que, si no se atienden debidamente no
pueden cumplir su función de extracción de agua. Dichos problemas
son debidos principalmente a la naturaleza corrosiva del agua.

Los problemas que presentan los pozos se mencionan enseguida junto con las reacciones que pueden notarse en cada caso.

- Poca profundidad o poca sumergencia de las tuberías de 1" y de 6 5/8".
- Mucha sumergencia de la tubería de 6 5/8".
- Taponamientos de la línea de 6 5/8".
- Rotura de las líneas de 1" y de 6 5/8".

En el primer caso mencionado, al abrir el paso del aire, éste solamente extraerá una ínfima cantidad de agua y, después de ésto, se notará que en la descarga del pozo "retorna" el aire (esto se ---- comprueba poniendo la mano frente a la descarga y se sentirá el so plo de aire).

Una alternativa que se tiene cuando se presenta este caso de poca profundidad de tubería de 1" es conectar la línea superficial de aire a la tubería de 8 5/8" para tratar de impulsar el agua con el aire a través de dicha tubería y desplazarla a través de la tubería de 6 5/8". Cuando se tiene un buen nivel de agua o una sumergencia de la tubería de 6 5/8" apropiada, esta alternativa resulta efectiva; cuando no se tiene el nivel de agua suficiente, se notará porque no se extraerá agua o sólo se extrae una pequeña cantidad y luego "retorna" el aire. Si ésto último sucede, lo que se tiene que hacer es medir el nivel del agua y agregar la tubería necesaria para alcanzarlo.

El segundo caso, de que se tenga mucha sumergencia de la tubería de 6 5/8" se presenta en algunas ocasiones de manera alternante con el caso de que la tubería de 1" no alcanza un buen nivel de agua. Esto es, en algunas ocasiones el aire por la línea de pulgada llega a

abatir el nivel de agua y ya no se logra la extracción, para esto, como se vió en el caso anterior, la alternativa es meter aire por la línea de 8 5/8" y extraer el agua por la línea de 6 5/8", pero llega a suceder que de un momento a otro aumenta considerablemente el aporte de agua y aumenta como consecuencia tanto el nivel de abajamiento como el volumen de agua a extraer; es por esto que se notará que por la descarga del pozo ya no saldrá agua pero tampoco "retornará" el aire. Entonces, lo que se tiene que hacer es cambiar la entrada de aire a la línea de 1" y, por lo tanto de esta manera podrá extraerse el agua.

El taponamiento de la tubería de 6 5/8" es un caso muy frecuente y se sabrá que se tiene este problema cuando se presente el mismo caso anterior de que el pozo deja de tirar agua sin que retorne aire, sólo que al cambiarle el aire (hablando del caso de que el pozo tenga inyección de aire por la tubería de 8 5/8") a la línea de 1", sucederá lo mismo, no tirará agua ni "retornará" el aire. El hecho de que no fluya ni agua ni aire, es debido a que todo el espacio anular de la tubería de 6 5/8 y de 1" se obstruye, ya sea por chapopote o por carbonatos precipitados.

En caso de que se esté con plena seguridad del taponamiento, ya sólo hay que revisar la tubería superficial (de asbesto) y sus conexiones para ver si son ellas las que se encuentran tapadas, y si no son ellas entonces es la tubería de 6 5/8" del pozo (fondo) la que se encuentra tapada. Para revisar y destapar o cambiar la tubería del fondo de 6 5/8" se tiene que utilizar un equipo de reparación y mantenimiento del departamento de perforación.

La rotura tanto de la línea de 1" como de 6 5/8" origina que un pozo deje de extraer agua y se detecta de las siguientes maneras:

La rotura de la tubería de 1" se nota cuando el pozo tiene aire por dicha línea. Como ya se dijo, el pozo de un momento a otro dejará de

tirar agua y también se notará el retorno del aire.

Como se ve, esto confunde con el caso de una baja de nivel, por lo tanto, para eliminar esta confusión se cierra la válvula que da paso de aire al pozo y unos instantes después se vuelve a abrir y se observa la descarga, y si el problema es una rotura de la línea de 1" se notará que el aire retorna muy rápido.

La rotura de la línea de 6 5/8" se detecta principalmente cuando se tiene la inyección de aire por la tubería de 8 5/8", y se notará como en el caso anterior, retornará el aire muy rápidamente. Cuando se tiene la inyección de aire por la línea de una pulgada, la rotura de la línea de 6 5/8" se reflejará por una disminución considerable del flujo del agua extraída. Cabe señalar que en ambos casos de rotura, el agua no logra salir a la superficie, porque, en donde se tenga la rotura, habrá una fuga de aire, que saldrá de forma horizontal, con lo que impedirá que el agua con ascenso vertical logre pasar.

En ambos casos será necesario meter un equipo de reparación y mantenimiento para cambiar la tubería afectada.

Habiendo explicado lo referente a la perforación y equipamiento tanto de los pozos de producción como de los pozos de desfogue, es conveniente hablar del reequipamiento de los pozos de desfogue a pozos de producción.

Como se dijo, los pozos de desfogue se perforan flanco abajo de los pozos de producción, ya que, como se dijo oportunamente, uno de los objetivos de ellos es el orientar la circulación del agua hacia abajo de la estructura con el fin de precalentar las áreas de futura explotación. Entonces, se puede deducir que tales pozos de desfogue posteriormente serán de producción, por esto, un pozo, cualquiera que sea el propósito para el que se perfora originalmente, ya sea

para producción o para desfogue, debe de tener azufre suficiente para que sea rentable la instalación de tuberías en él. Aunque existe la posibilidad de que en una área haya algún lugar estratégico hacia el cual, según la configuración de la cima de la anhidrida, puede fluir el agua fría, y no haya en él azufre comercial; esto sería la excepción para pensar en que un pozo se perfora y se equipa a desfogue sin tener azufre en cantidad comercial.

Entonces, los pozos equipados a desfogue y que tengan azufre suficiente son, cuando el frente de producción llegue hasta donde se encuentran, equipados a producción.

Para esto, se tiene que instalar uno de los equipos de perforación y llevar a cabo las siguientes actividades:

1.- Sacar las tuberías de desfogue, es decir, la tubería revestida de 6 5/8" y la tubería de bronce de 1".

2.- Limpiar el interior del pozo con una barrera tricónica de 7 7/8", ya que el pozo tiene cementada tubería de 8 5/8", para formación semidura. Esto se hace debido a que el pozo normalmente queda azolvado después de haber estado circulando a través de el agua con alto grado de sólidos en suspensión, gran parte de los cuales se depositan en el fondo.

Con la barrena de 7 7/8" se limpia hasta el fondo del pozo, en donde al llegar se circula lodo el tiempo suficiente hasta que deje de salir lodo negro y comience a salir lodo limpio de color pardo. Cabe mencionar que el lodo con el que se limpia el pozo de desfogue se prepara a base de material químico, a diferencia de cuando se perfora un pozo en donde se aprovecha la arcilla superficial junto con los recortes de las formaciones superiores al casquete, que son arcillosas, formando con ellos un buen lodo de perforación.

El material químico utilizado es bentonita y barita, los cuales se mezclan utilizando las cantidades que convengan de cada uno de ellos de acuerdo al área en donde se encuentre el pozo en el que se está trabajando. Vale la pena decir que el lodo de perforación, al fluir a través del sistema circulatorio, tiene una gran variedad de funciones que desempeñar. Debe arrastrar todos los recortes de la barrena desde el fondo del pozo a la superficie y descargarlos en la presa de asentamiento. La eliminación inmediata y continua del material desprendido de la barrena evita su acumulación en el pozo con la posibilidad de pegar la tubería de perforación. El lodo de perforación debe absorber el calor generado en la tubería de perforación y la barrena por fricción en el contacto con las paredes y el fondo del pozo. Para evitar derrumbes, en la etapa de perforación, debe depositar una capa fina de barro en las paredes del pozo, ayudado por la acción de aplanado de la tubería de perforación. La capa de barro así formada lubrica la tubería de modo que gira con menos fricción y pérdida de potencia. El barro depositado debe cerrar los poros de las formaciones que producen gas a alta presión o agua caliente que podrían ocasionar dificultades o peligros y también sellar las formaciones permeables o grietas a través de las cuales se podría drenar y perder el lodo en cantidad suficiente como para perder la circulación. El lodo de perforación debe de tener suficiente densidad para poder suministrar bastante presión hidrostática para evitar que entren al pozo, gas de alta presión, aceite o agua caliente en cantidades que puedan provocar un reventón destructor.

Para cumplir satisfactoriamente con estos requisitos, el lodo de perforación debe de ser de densidad y visco-

sidad apropiadas. Además, no debe ser tan viscoso como para originar una presión indebida en la bomba; y la viscosidad deberá ser tal, que favorezca el asentamiento de los recortes de la barrena en la presa.

Normalmente, en la perforación rutinaria, un fluido que pesa unos 1120 Kg/m^3 (1.12 Kg/l) con una viscosidad de 10 a 15 centipoises, será el indicado para circular los recortes a la superficie y conservar las paredes del pozo en buenas condiciones.

- 3.- Instalación de las tuberías de producción de $6 \frac{5}{8}$ " de $3 \frac{1}{2}$ " y de 1". Es recomendable que no se deje pasar mucho tiempo después de que se haga la limpieza del pozo para iniciar a meter la tubería de $6 \frac{5}{8}$ ", ya que el lodo puede asentarse en el fondo evitando que tal tubería pueda bajar a su lugar correspondiente, cosa que de suceder se tendría que volver a meter la barrena de $7 \frac{7}{8}$ " y volver a circular hasta el fondo del pozo. Ya equipado completamente el pozo con sus tuberías y válvulas, tiene que lavarse por "todas sus líneas" con agua limpia. Lo anterior se hace introduciendo agua mediante la bomba de lodo por la línea de $3 \frac{1}{2}$ " y se va circulando hacia el exterior abriendo primero la válvula de la línea de $8 \frac{5}{8}$ ", luego la de $6 \frac{5}{8}$ " y al final de la de 1"; el lavado de cada una de las líneas terminará cuando por ellas deje de salir lodo de perforación y en su lugar salga agua limpia que se está introduciendo.

Con el fin de saber si le entra agua a la formación, después de terminar de lavar todas las líneas del pozo se continúa introduciendo agua con la misma bomba pero con todas las válvulas de las otras líneas cerradas y se verifica en el manómetro la presión a la cual le entra el agua al pozo (presión a la que "toma agua"), la

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

cual no debe rebasar las 400 libras porque de lo contrario debe volverse a repetir la operación de lavado e inyección de agua hasta que se reduzca al máximo dicha presión.

Después de haber lavado el pozo y haberle inyectado agua a presión durante un tiempo mínimo de 60 minutos, éste ya se encuentra en condiciones de que se le instalen las líneas superficiales hacia la estación de control e inicie su etapa de producción, lo cual puede ser inmediatamente, si hay lugar o hasta que alguno de los pozos que se encuentren en producción se agote.

En ocasiones, el reequipamiento de los pozos se dificulta debido a que no salen todos los tramos o tubos con los que originalmente se equipó el pozo a desfogue, esto debido a que el agua corrosiva desgasta la tubería principalmente los coples, o sea las conexiones con las que se unen los tubos, adelgazándolos a tal grado de que se caen los tubos al fondo del pozo.

Cuando la tubería de 1" es la que se cae, el problema se resuelve fácilmente sustituyendo la barrena tricónica de 7 7/8" por un tipo de barrena conocida como rima o molino, la cual tiene una capa de carburo de tungsteno y con la cual se muele o fragmenta el bronce para poder desalojarlo con el lodo de perforación. Después de haber molido el bronce y haber llegado hasta el fondo con la rima, ésta se saca y se mete en su lugar la barrena tricónica para volver a limpiar hasta el fondo del pozo como normalmente se hace.

En caso de que la tubería que quede caída en el fondo - sea la de 6 5/8", el problema es mayor, ya que se tiene que intentar extraerla o recuperarla y en caso de que no se logre, entonces lo último que se tiene que hacer para salvar el pozo es ver si queda espacio suficiente

para desviar el pozo y en caso de que no, se tendrá que abandonar y perforar otro a un lado de él.

Para recuperar o "pescar" la tubería de 6 5/8" caída en el fondo, primero se tiene que introducir una barra na tricónica de 7 7/8" con el fin de limpiar hasta la profundidad donde haya quedado la parte superior de la tubería ("boca de pescado").

Después, se utiliza la herramienta de pesca apropiada para poder extraer o pescar la tubería; es recomendable utilizar la herramienta conocida "pescante" tipo machuelo, el cual es de forma cónica, alargado (de 2.5 metros) y ranurado sobre la mayor parte de su cuerpo (figura VI.8).

El objetivo de este "pescante", es introducirse en el interior de la tubería a pescar, con ayuda de rotación hasta quedar conectado con ella (figura No. VI.9).

Hay ocasiones en las que la "pesca" se logra en los primeros intentos, pero en otras ocasiones se deben hacer muchos intentos con la paciencia necesaria hasta tener éxito.

Puede suceder que durante los intentos de "pesca" se note que el pescante no baja o no entra en la tubería que se trata de recuperar, por lo cual los intentos que se hagan serán infructuosos. El hecho de que el machuelo no entre, es debido a que en el interior de la tubería, y muy posiblemente el exterior también, se encuentren azolvados; por lo cual es recomendable introducir una barrera tricónica de diámetro menor a 6 5/8" con el fin de limpiar el interior de la tubería, no sólo una parte si no a todo lo largo de ella con el fin de que en caso de que también se encuentre pegada con las paredes del pozo, se logre despegar o por lo menos aflojar con las vibraciones de la barra.

Ya habiendo limpiado el interior de la tubería caída,

*) "MACHUELO" PARA TUBERIA
DE 6 3/8".



CUERPO GENERAL
DE UN MACHUELO



CORTE LONGITUDINAL

*) DESVIADOR



FRENTE



PERFIL

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO	
	FIG. No. VI.8 EL MACHUELO Y EL DES- VIADOR.	
	ESC. 1:25	1 9 8 9

*) "MACHUELO" PARA TUBERIA
DE 6 5/8".



CUERPO GENERAL
DE UN MACHUELO

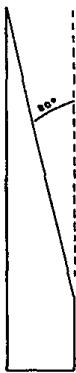


CORTE LONGITUDINAL

*) DESVIADOR



FRENTE



PERFIL

U	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
N	CARLOS LOPEZ LAZO	
A	FIG. No. VI.º EL MACHUELO Y EL DESVIADOR.	
M	REC. 1:85	1 9 8 9

1 ABUJERO ORIGINAL DE 1 1/4"
 2 TUBERIA DE 8 3/8" CEMENTADA
 3 TUBERIA DE PERFORACION
 4 "MACHUELO"

5 PARTE SUPERIOR DE LA
 TUBERIA CAIDA

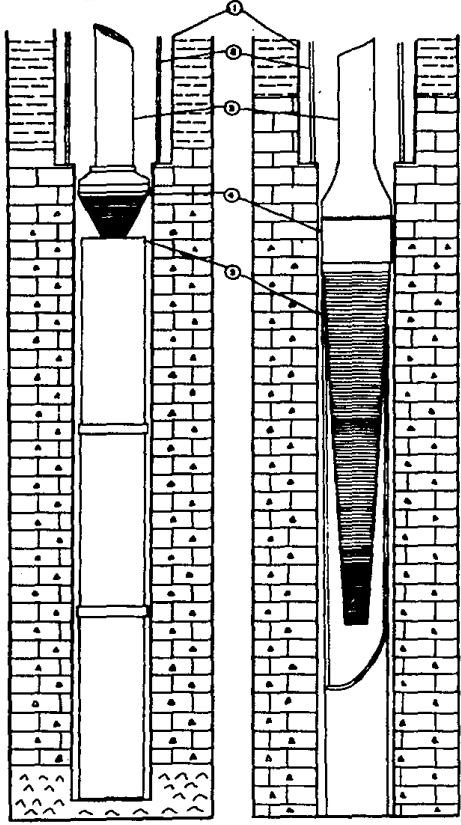


FIG. a.- MACHUELO A PUNTO DE INTRODUCIRSE EN LA TUBERIA CAIDA.

FIG. b.- MACHUELO ENCHUFADO O CONECTADO CON LA TUBERIA "TUBERIA PESCADA".

LEYENDA





-  LUTITA
-  CALIZA ESTERIL
-  CALIZA CON ABUPRE
-  YESO Y/O ANHIDRITA

FIG. a. ESC. HOR. 1:10
 ESC. VERT. 1:200

FIG. b. ESC. HOR. 1:10
 ESC. VERT. 1:25

U N A M	FACULTAD DE	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL	CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. No. VI. 9	RECUPERACION O "PESCA" DE TUBERIA.
	1 9 8 9	

se procede a intentar de nueva cuenta "pescarla" las veces que se consideren pertinentes para lograrlo.

En caso de que se hayan perdido muchos días en los intentos de pesca, se tiene que ver a la profundidad a la que se encuentra cementada la parte inferior de la tubería de 8 5/8" y la profundidad a la que se encuentra la "boca de pescado", esto con el fin de que si hay espacio mayor a dos metros, que es lo que mide el desviador, se puede meter éste con el fin de desviar el pozo (fig. VI.10).

Habrán casos en los que no exista el espacio suficiente para desviar el pozo y pasar a un lado de la tubería caída, por lo cual el pozo ya no sirve para ser equipado a producción entonces se tiene que abandonar y proceder a perforar un pozo vecino a una distancia de 4m o menos si libera la subestructura del equipo de perforación.

C. Secuencia para iniciar la producción de un pozo.

En la industria azufrera, tanto al iniciar a extraer el azufre de un pozo como después de haberse interrumpido tal cosa, se sigue una serie de pasos para que un pozo inicie a dar azufre. Este proceso se conoce como "sacar a prueba el pozo" y consiste en los siguientes pasos:

- a) Se cierra la válvula reguladora (fig. VII.1) que da paso al agua hacia la línea de 3 1/2" del pozo. Se abre la válvula macho que comunica al pozo con la atmósfera.
- b) Se abre la válvula de aguja que permite el paso del aire hacia el pozo por la línea de 1".

Con el primer paso, además de cortar el flujo del agua, se está dando

1 ABUJERO ORIGINAL DE 12 1/4
 2 TUBERIA DE 6 1/8" CEMENTADA
 3 TUBERIA DE PERFORACION
 4 BARRERA
 5 DESVIADOR

6 PARTE SUPERIOR DE LA
 TUBERIA CAIDA
 7 BARRERA DESVIANDO EL
 POZO

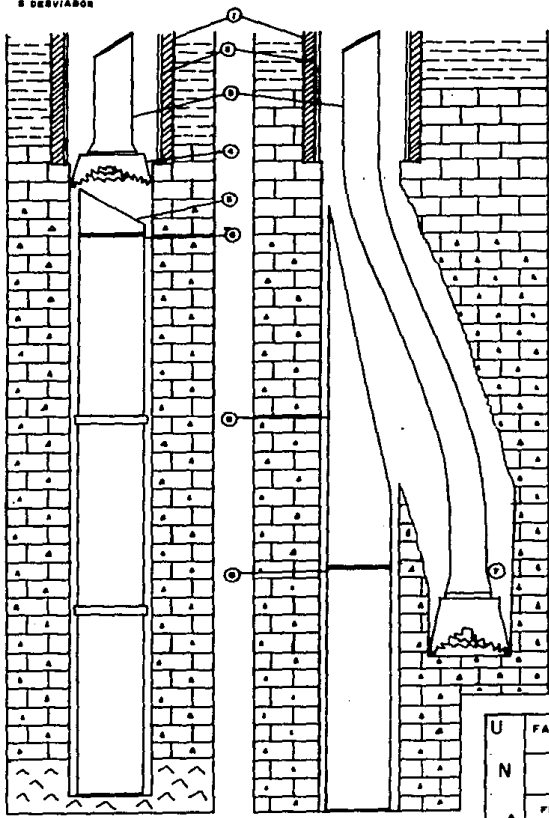



FIG. a.- Barrera a punto de entrar en contacto con el desviador.

FIG. b.- Desviandose el pozo.

LEYENDA

-  LUTITA
-  CALIZA EXTERNA
-  CALIZA CON AZUQUE
-  YESO Y/O ANHIDRITA

ESC. HOR. 1:10
 ESC. VERT. 1:200

FIG. a

ESC. HOR. 1:10
 ESC. VERT. 1:25

FIG. b

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	CARLOS LOPEZ LAZO
	FIG. No. VI.10 DESVIACION DE UN POZO
	1 9 8 9

lugar a que el agua que se encuentra en la línea sea descargada en la atmósfera.

Con el segundo paso, se va a crear una compresión, la cual va a originarse debido a que, al interrumpir la inyección de agua por la línea de 3 1/2", se está dejando espacio para que el azufre fundido con una presión determinada busque su liberación, pero a ésta se le opone la presión del aire. Al fin de todo, ambas van a liberarse en la atmósfera con ruidosas explosiones. Esto se conoce como "retorno" del pozo. El objetivo de dar paso al aire es el de desalojar todos los residuos de agua que se encuentren en la línea de 3 1/2".

- c) Estando "retornando" el pozo, se cierra la válvula de -
aguja del aire comprimido y se espera a que la descarga a la atmósfera de la línea deje de tirar agua y vapor (se espera a que "selle el pozo").
- d) Habiendo sellado el pozo, se procede a comunicarlo con el tanque recolector de azufre. Esto se consigue cambiando de posición la válvula de dos pasos (fig. VII.1). Se verifica el manómetro de la línea de aire y se observará que a pesar de estar cerrado el aporte de aire comprimido, está marcando una determinada cantidad que es - la medida de la presión existente en el interior del pozo.

Esta presión está originada principalmente por el azufre líquido existente en el interior del pozo por arriba de la base de la tubería de 1". Este azufre, como se puede deducir, es el que se encuentra disponible para ser extraído y por tanto, si se conoce la presión que ejerce, automáticamente se sabe que si se aplica una presión de aire comprimido igual en un medio sin rozamiento, se podrá desplazar. Como en la tubería en la --

cual se transporta el azufre hacia la superficie ejerce una fricción, será necesaria una presión un poco mayor que la que marca el manómetro (retrocarga) con la cual el azufre logre ser extraído.

- e) Se da paso al aire comprimido por medio de la válvula -- respectiva. La "presión de bombeo" o sea la presión de aire comprimido con la cual el pozo bombeará de manera más eficiente, se determina prácticamente por medio de - aproximaciones; se aumenta y disminuye la presión a la - vez que se observa el bombeo del pozo. Esto es, si el - pozo bombea con mucha fuerza, predominando el retorno de aire comprimido, se tiene que disminuir el flujo de aire y, si por lo contrario, el pozo tarda mucho en extraer - azufre o se nota que la cantidad extraída es muy poca, - se tendrá que aumentar el flujo de aire.
- Para que la presión de aire sea la presión ideal o presión de bombeo, se tiene que notar un muy buen flujo de azufre hacia el tanque recolector.

VII. INSTALACIONES DE LA MINA

Una vez que se ha determinado la potencialidad de un yacimiento, la capacidad de la planta que se usará para su explotación está supeditada a dos factores fundamentales, a saber: la cantidad de azufre que hay en él y el tiempo en el que se proyectó extraerlo.

Una industria azufrera está constituida operativamente de las siguientes instalaciones: planta de fuerza, estación de control, planta de filtros e instalaciones apropiadas para el almacenamiento del azufre.

VII.1 PLANTA DE FUERZA

Los elementos fundamentales para el funcionamiento de los servicios de una planta son: agua, aire y combustible (gas). Los servicios de mina son proporcionados por la planta de fuerza la cual tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Producir agua sobrecalentada a 160°C de temperatura capacidad máxima de $26\ 116\ \text{m}^3$ diarios. Con esta cantidad se puede satisfacer el consumo de los pozos necesarios para mantener buenos niveles de producción. Desahogadamente se abastece a un promedio de 40 pozos.
- 2.- Producir aire comprimido a una presión de $42\ \text{Kg}/\text{Cm}^2$. Esta presión es necesaria para satisfacer las necesidades actuales ya que cada pozo de producción consume un promedio de $26\ \text{Kg}/\text{Cm}^2$, y solamente con una producción de aire tal, se puede mantener a todos los pozos produciendo eficientemente.
- 3.- Producir $31.2\ \text{Ton}/\text{Hora}$ de vapor, a $9.0\ \text{Kg}/\text{Cm}^2$ de presión. Con esta cantidad y presión se satisfacen las necesidades de vapor tanto en los serpentines de los

pozos como en las líneas generales de transporte de azufre, tanques recolectores y tanques de almacenamiento.

- 4.- Abastecer agua de servicio a 14 Kg./Cm². Con esta presión se logra llevar el agua tanto a los equipos de perforación como a las diferentes instalaciones de la mina.

El proceso que se lleva a cabo en la planta de fuerza es el siguiente: el agua es bombeada del río Chiquito a una presa de almacenamiento. El agua se recibe con una dureza promedio de 123 p.p.m. y los métodos que se utilizan para su tratamiento son:

Tratamiento en frío.- El proceso consiste en que el agua asentada en la presa pasa a un tanque de floculación en el que se utiliza sulfato de aluminio para acelerar el asentamiento de las partículas en suspensión, de aquí el agua pasa a unos filtros de antracita, en donde se termina de quitarle las citadas partículas, posteriormente se lleva a los suavizadores en donde por medio de una zeolita artificial ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{6H}_2\text{O}$) se absorben los iones de calcio y magnesio principalmente, y finalmente se lleva a un aerador, en donde por calentamiento se desprende el oxígeno y bióxido de carbono, la zeolita es regenerable por circulación de una solución de cloruro de sodio cada 24 horas.

Tratamiento en caliente.- Los reactivos químicos utilizados en este tratamiento son carbonato de sodio (NaCO_3) y Cal (CaO) que se añaden al agua traída de la presa de almacenamiento. La reacción se efectúa en caliente (100°C) dentro de los suavizadores de donde el agua es mandada a los filtros de antracita para quitarles los sólidos en suspensión.

El agua tratada seguirá dos caminos: uno que alimentará a las calde

ras para generar vapor y el otro llevará el agua a los calentadores en donde por contacto directo con el vapor de las calderas se eleva su temperatura a 170° C, temperatura a la que se manda al campo.

VII.2 ESTACION DE CONTROL

Los elementos necesarios para la extracción del azufre mediante el método Frasch y que son generados por la planta de fuerza, son llevados a las cercanías de las áreas en explotación por medio de tuberías y son concentrados en un departamento denominado Estación de Control.

El agua caliente se transporta en tuberías de 6 a 8 pulgadas de diámetro las cuales se aíslan para evitar pérdidas de calor. El material aislante consiste en fibra de vidrio primero y luego lámina de aluminio. En tuberías semejantes pero de menor diámetro (de 4 a 6 pulgadas) es transportado el vapor.

El agua fría y el aire se transportan en tuberías de 4 pulgadas de diámetro sin aislar. El diámetro de tuberías conductoras, dependerá del volumen de los elementos a transportar (agua sobrecalentada, vapor, aire y agua fría) y sobre todo de la distancia a la que van a ser transportados.

Las características físicas de los elementos al llegar a la estación de control son las siguientes:

- a) Agua sobrecalentada: 160° C y 10-14 Kg/Cm² de presión.
- b) Vapor: 163° y 7 Kg/Cm² de presión.
- c) Aire: 42 Kg/Cm² de presión.

Estos elementos son recibidos en la estación de control con el fin de distribuirlos a cada uno de los pozos en forma conveniente y de

acuerdo a las necesidades existentes en el área de producción. Las necesidades están regidas principalmente por el número de pozos que se tengan en producción y por el consumo individual de cada uno de ellos.

Las líneas de tubería que unen los pozos de producción con la estación de control son las siguientes:

- Línea de 3 (línea de producción).

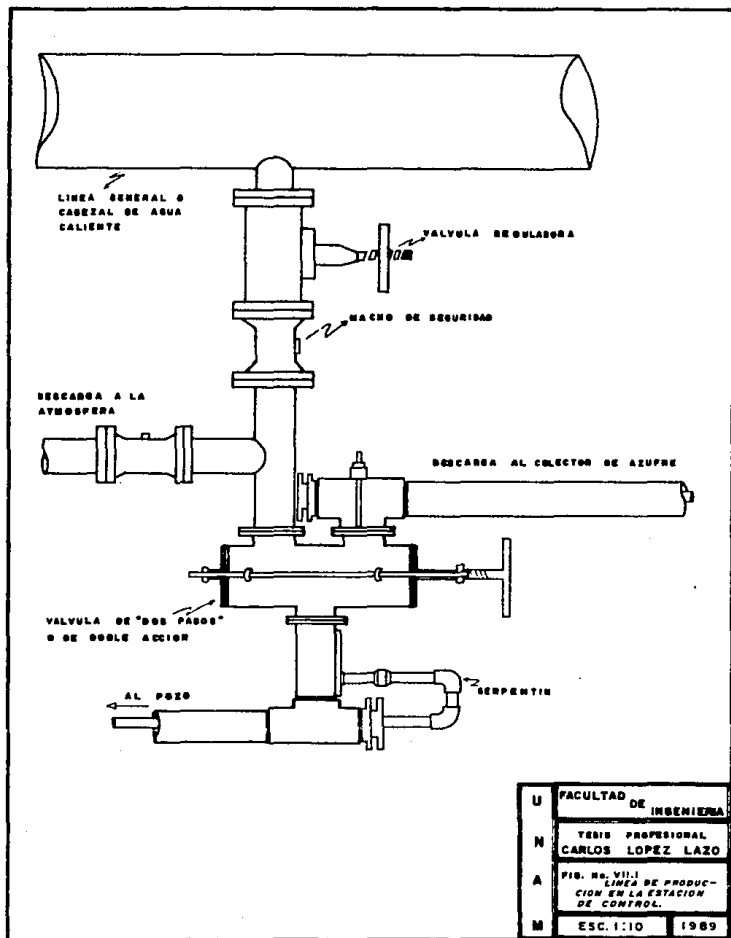
Esta línea de tubería comunica a la línea de 3 $\frac{1}{2}$ pulgadas del pozo con la estación de control. Esta tubería aunque en la práctica se le conoce como de 3 pulgadas realmente es una tubería de 4 pulgadas que internamente tiene una tubería de 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas llamada serpiente, en esta línea de 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas se hace circular vapor. La línea de 3 pulgadas en la estación de control se encuentra unida a la línea que trae el agua desde la planta de fuerza. (Ver figura No. VII.1).

En la estación de control y antes de unirse la línea de 3 con la línea general de agua, se encuentra una válvula que se le conoce como válvula de doble acción o de doble paso (Ver figura No. VII.1).

Como se puede entender, la línea de 3 se encarga de comunicar el fondo del pozo con tres partes en la superficie: El tanque de recolección de azufre (tanque colector), el cabezal de agua caliente o línea general de agua caliente y la atmósfera. Por consecuencia dicha línea tiene tres funciones, a saber:

- 1.- Inyección de agua caliente.
- 2.- Descargar la presión del pozo a la atmósfera.
- 3.- Extraer y transportar el azufre.

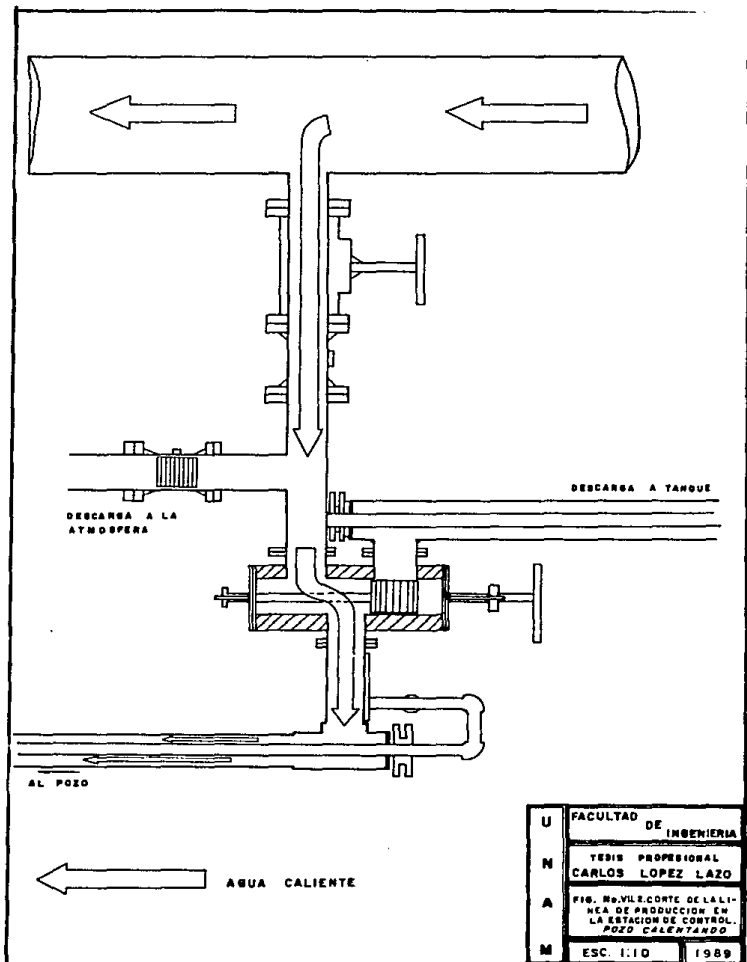
1.- Inyección de agua caliente.



Como se puede apreciar en la figura No. VII.2, para llevar a cabo la inyección de agua caliente por esta línea se comunica el pozo con el cabezal de agua caliente. La cantidad de agua que se inyecta es regulada por medio de una válvula de compuerta y cuantificada por medio de manómetros especiales. Mediante la inyección de agua sobrecalentada por esta línea, se licúa o funde el azufre que se encuentra en los alrededores del fondo del pozo. La inyección por esta línea se lleva a cabo durante un tiempo determinado, el cual depende de la etapa en la que se encuentre el pozo; siempre se debe buscar tener un buen volumen de azufre fundido. En este aspecto, la referencia que se toma para saber cuando se ha fundido un volumen conveniente, es el tiempo de inyección de agua caliente al que son sometidos los pozos de producción. Esto se ha deducido con base en la observación práctica; a mayor tiempo y mayor cantidad de agua caliente inyectada se tendrá mayor volumen de azufre fundido. El tiempo de inyección varía de acuerdo a la etapa en la que se encuentre el pozo; en la etapa inicial o de calentamiento se requiere de un mínimo de 96 horas de inyección con un mínimo de 80 galones por minuto. En la etapa de producción de los pozos, cuando un pozo demuestra de no tener azufre fundido en cantidad extraíble, se necesitará un mínimo de ocho horas de inyección con un mínimo de 150 galones por minuto. "Un pozo en producción necesitará inyección de agua caliente cuando con su presión de bombeo disminuya considerablemente el azufre extraído y predomine el retorno de aire comprimido".

2.- Descargar la presión del pozo a la atmósfera.

Cuando se considera que ha sido fundido un buen volumen de azufre mediante la inyección de agua caliente por la línea de tres, se tiene que proceder a utilizar la función productora de esta línea y extraer el azufre a través de ella. Para poder cumplir con dicho cometido, primero hay que interrumpir el flujo de agua caliente a través de ella y después desalojar toda el agua que quede en su inte-

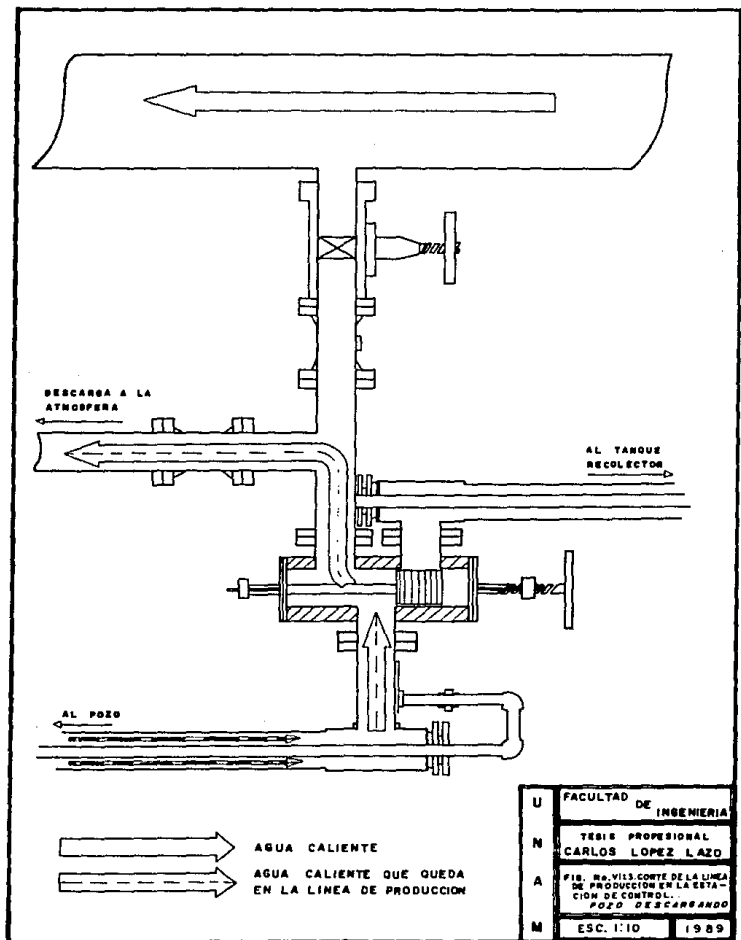


rior, primero se cierra completamente la válvula reguladora de la línea, con esto se corta la entrada del agua caliente del cabezal general a la línea. Posteriormente, se abre la válvula macho que comunica el fondo del pozo con la atmósfera (Ver figura No. VII.3), así, el agua que queda dentro de la línea es desalojada. Cabe señalar que cuando se hace lo anterior, en la estación de control se pone aire comprimido al pozo por la línea de 1".

Lo que sucede en esta etapa es que, al no haber inyección de agua caliente a presión en el pozo, el azufre que se ha fundido tiende a ir hacia el fondo del pozo ejerciendo una presión hacia el interior de la línea de 3 ¼ pulgadas, dentro de la cual posteriormente se introduce hasta donde la misma presión del azufre fundido y la presión del yacimiento lo permitan. Cuando se pone aire comprimido al pozo se le opone esta presión a la ejercida por el azufre fundido y por el yacimiento, y como normalmente la presión interna es superior a la del aire comprimido va a haber una liberación de presiones hacia la atmósfera. Debido a que las presiones con las que se trabaja son grandes (el aire en esta etapa se introduce a una presión promedio de 26 Kg/Cm²), la liberación de presiones se presentará en ruidosas explosiones. Cabe señalar que esta liberación, en la industria azufrera se conoce como "retorno" del pozo. El hecho de poner aire al pozo en esta etapa tiene como principal objetivo el sopletar la línea y limpiarla de residuos de agua y vapor. Una vez habiendo "retornado" el pozo se corta el flujo de aire comprimido y sólo se espera a que deje de salir agua y vapor de agua por la descarga, lo cual estará indicando que dentro del interior de la tubería de 3 ¼ pulgadas ya se ha introducido el azufre.

3.- El extraer y transportar el azufre.

Como se dijo, el azufre se introducirá dentro de la tubería de 3 ¼



U	FACULTAD DE INGENIERIA	
N	TESIS PROFESIONAL	
A	CARLOS LOPEZ LAZO	
M	FIG. No. VILL CONTE DE LA LINEA DE PRODUCCION EN LA SECCION DE CONTROL. POZO DESCARGANDO	
	ESC. 1:10	1989

pulgadas y alcanzará un nivel por arriba de la base de la tubería de 1 pulgada de aire comprimido. Ya habiendo sucedido esto, en la estación de control se procederá a cambiar de posición la válvula de dos pasos, de tal manera que quede comunicado el fondo del pozo con el tanque donde se va a recoger el azufre (Ver figura No. -- VII.4).

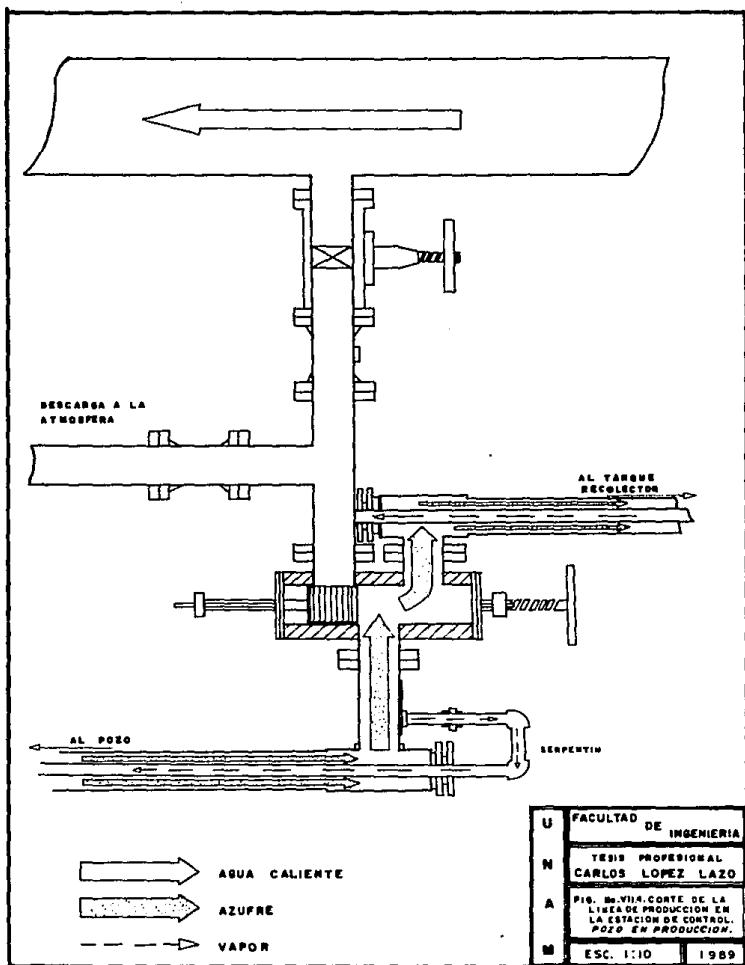
Ya hecho lo anterior, se abre la válvula que permite la entrada al flujo del aire comprimido por la línea de 1 pulgada con lo cual por el fenómeno de aereación se impulsará el azufre hacia el exterior y será transportado a través de la línea superficial de 3 hasta la Estación de Control donde es recolectado como ya se dijo, en un tanque conocido como tanque colector y al cual llegan las "líneas de 3" de todos los pozos controlados por la estación de control.

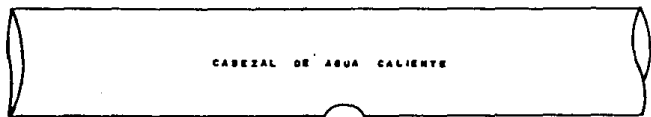
El transporte del azufre a través de la línea superficial de 3 es logrado gracias a que el azufre se mantiene líquido por la acción del vapor que se hace circular por la línea de tubería de 1 1/2 pulgada, conocida como serpiente y que se encuentra en el interior de la línea de 3".

- Línea de 6 (Línea de Inyección de Agua).

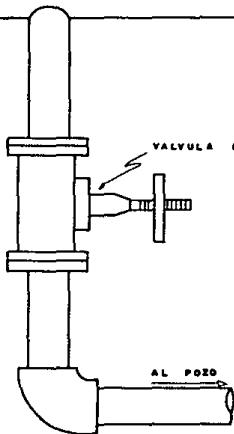
La línea de 6 5/8" del pozo de producción se encuentra conectada con la estación de control por medio de una línea de 4", esta línea en la vida diaria se conoce como línea de 6 y se encuentra unida en la estación de control al cabezal general de agua caliente. El flujo de agua caliente en esta línea se controla mediante una válvula de compuerta que se conoce como válvula reguladora (Ver figura No. VII.5).

Normalmente, un pozo de producción debe de tener flujo de agua caliente por esta línea durante toda su vida productiva, con el fin





CABEZAL DE AGUA CALIENTE



VALVULA REGULADORA

AL POZO

U	FACULTAD DE INGENIERIA	
N	TESIS PROFESIONAL	
A	CARLOS LOPEZ LAZO	
M	FIG. No. VII.5	LINEA DE "AGUA" EN LA ESTACION DE CONTROL
	ESC. 1:10	1985

de estar fundiendo azufre en forma continua de tal manera que siempre exista azufre fundido en disponibilidad de ser extraído (Ver figura No. VI.5) Esta línea tiene una prolongación de tubería de 2" conocida como "by pass" que llega a una de las dos entradas que tiene el cabezal de $3\frac{1}{2}$ ". Esta línea se utiliza cuando existe alguna rotura ya sea en la tubería de la línea superficial de 3" o en la del serpentín, por lo cual se tiene que dejar vacía tanto de agua como de azufre la línea de producción, y su función es la de inyectar agua caliente directamente a la línea de $3\frac{1}{2}$ pulgadas durante el tiempo que dure la sustitución de la tubería dañada. Cabe señalar que la rotura del serpentín es un problema muy frecuente.

- Línea de una pulgada (línea de aire).

La línea de una pulgada del pozo de producción se comunica con la estación de control mediante una línea superficial de una pulgada también. Esta línea se encuentra unida a la línea general de aire de alta presión que viene de la planta de fuerza. El flujo de aire hacia el pozo es controlado y regulado mediante una válvula de precisión o válvula de aguja. La presión con la que se trabaja es registrada y controlada mediante manómetros.

Este departamento de estación de control, se encarga directamente del control de los pozos de producción. Como se dijo, controla y dispone del agua caliente, el vapor y el aire comprimido para distribuirlos de manera conveniente a cada uno de los pozos.

Técnicamente, la manera ideal en la que un pozo debe ser explotado es teniendo al mismo tiempo de la extracción del azufre, inyección de agua caliente por la línea de $6\frac{5}{8}$ ". Esto porque, como ya se dijo se funde azufre continuamente para abastecerlo a la línea de producción y además porque de esa manera la línea de $3\frac{1}{2}$ se mantiene caliente por la influencia del agua desde el anillo de la "pi--

chancha" hasta la parte superior del pozo, y con esto el azufre que se encuentra en el interior de dicha línea no corre el riesgo de solidificarse.

Cabe señalar que cada pozo va a extraer el azufre a la superficie utilizando una determinada presión de aire comprimido, que como ya se dijo se llama presión de bombeo, con poco menos de dicha cantidad el azufre no logra subir y poco más de esa cantidad el aire retornará con una mínima cantidad de azufre (cuando sucede esto último se dice que el pozo "falla" o "sopla"). La mayoría de las veces el pozo sopla como consecuencia de no tener azufre fundido para ser extraído y por tanto se debe proceder a inyectar agua al pozo por medio de la línea de 3½" con el fin de que nuevamente sea fundido un volumen grande de azufre.

El objetivo principal por tanto, es mantener a los pozos de producción en bombeo constante bajo las mejores condiciones de inyección de agua caliente y aire comprimido.

En el desarrollo de las actividades de producción, la estación de control se enfrenta a los siguientes problemas:

- 1.- Congelamiento (término empleado en la industria para señalar la solidificación del azufre) tanto del fondo del pozo como en la línea superficial de producción.
- 2.- Rotura de la línea de aire del fondo del pozo.
- 3.- Serpentin roto.

1.- Tanto en el congelamiento del fondo como en el superficial, su efecto se refleja de manera particular en la estación de control. El congelamiento del fondo es el problema mayor que se presenta por lo complicado que es para resolverse, por lo cual siempre se tiene que hacer lo máximo para evitarse. Las causas de que suceda

este problema son:

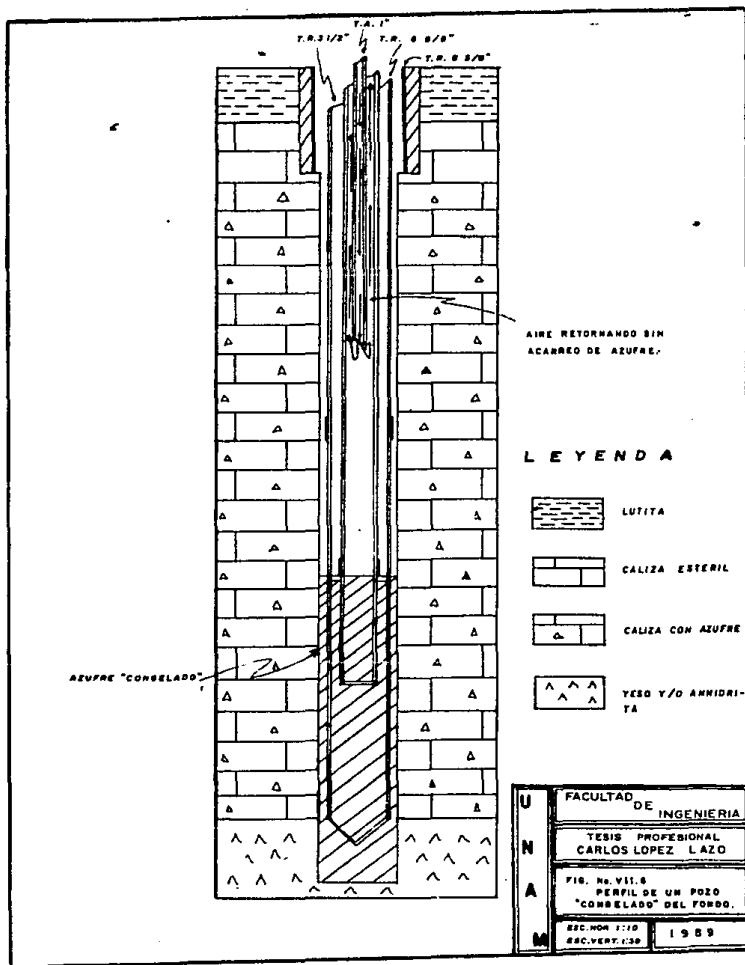
- Mantener un pozo sin inyectarle agua caliente ni extraerle el azufre, caso que se presenta cuando la planta de fuerza detiene sus funciones (paro de planta) de abastecimiento de agua caliente y aire comprimido, ya sea por problemas momentáneos o por programación anticipada para darle mantenimiento a sus instalaciones. Cabe señalar que dichos paros de planta sólo en casos extremos rebasan las ocho horas, por lo cual cuando hay un paro de planta no necesariamente habrá pozos congelados.

- Mantener bombeando por mucho tiempo un pozo sin inyección de agua caliente (en seco o sin agua).

- Mantener bombeando por mucho tiempo (varios días) un pozo que al hacerlo tiene inyección de agua por el casing.





Cabe señalar que en caso de que vaya a ver un paro de planta, en la estación de control deben tomarse las siguientes medidas:

- 1.- Inyectar agua caliente por la línea de 3½" a todos los pozos de producción. Esto con el fin de que cuando se corta el abastecimiento de agua, todas las líneas superficiales de producción queden sin residuos de azufre que puedan solidificarse y taponar dichas líneas. Por tanto, cuando se corta el flujo de agua, se tendrá en el fondo de cada pozo una determinada cantidad de azufre líquido el cual lógicamente se introducirá en el interior de la tubería de 3½" y es el que, en caso de que el paro de planta sea muy largo o se enfríe muy rápido se solidificará y formará un tapon (Ver figura No. VII.6).



AIRE RETORNANDO SIN ACARREO DE AZUFRE.

LEYENDA

-  LUTITA
-  CALIZA ESTERIL
-  CALIZA CON AZUFRE
-  YESO Y/O ANHIDRITA

AZUFRE "CONGELADO"

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO	
	FIG. No. VII. 6 PERFIL DE UN POZO "CONGELADO" DEL FONDO.	
	SEC. NOR. 1:10 SEC. VERT. 1:50	1969

- 2.- Ya cuando se corta el abastecimiento desde la planta de fuerza, se deben cerrar todas las válvulas reguladoras de las líneas a fin de mantener caliente y con algo de presión la línea general, con ésto cuando vuelva a fluir agua caliente no se tendrán reacciones bruscas por cambio de temperatura. Las válvulas serán abiertas cuando se reinicie el abastecimiento de agua caliente, y cuando la presión en el cabezal general ha alcanzado unos 7 Kg /Cm².

Es de mencionarse que, cuando se corta el flujo de agua por el paro de planta, dentro de la línea superficial de producción quedará estancada agua caliente que con el tiempo que dure el paro se enfriará, y si se comete el error de meter directamente agua caliente después de reestablecido el flujo, el agua caliente desplazará al agua fría acumulada en la línea y la llevará al fondo del pozo con lo cual al instante se solidificará el azufre y formará un tapón. Por tanto, se recomienda que después de haberse cortado el flujo de agua caliente a la hora de iniciarse el paro de planta, se cierre la válvula de ángulo de todos los pozos, esto con el fin de que cuando se reestablezca el flujo de agua caliente a las líneas de producción pueda ser desplazada el agua fría hacia afuera de ellas a través del orificio de la válvula de ángulo, el cual se abre cuando se cierra la válvula. Ya desplazada el agua fría se procede a abrir la válvula de ángulo de cada pozo para que así se introduzca el agua caliente hasta el fondo del pozo. En caso de que el manómetro no registre flujo en algún pozo, ésto indicará que el pozo está congelado, o sea que, el azufre del fondo se solidificó. Pero si el pozo registra un flujo de agua normal, sólo basta tener a los pozos una hora con agua en la línea de 3 ½ para poder hacerlos bombear.

En los casos en los que el congelamiento suceda por las otras causas mencionadas, dicho congelamiento se originará en pleno bombeo del pozo, y por tanto en la estación de control se notará tanto una

disminución considerable de la presión utilizada, como una disminución del azufre acarreado por dicho aire. Esto es debido a que en el fondo del pozo el azufre que fue fundido y que se encuentra dentro de la tubería de 3½" por falta de calor se empieza a solidificar formando un tapón que impide el abastecimiento de más azufre para ser extraído. Al acabarse el azufre arriba del tapón formado, el aire retornará con menor trabajo por el no acarreo de azufre, cosa que se reflejará en el manómetro de la línea de aire, donde bajará la cantidad registrada hasta en unos 5 Kg/Cm².

Por lo antes expuesto, es muy recomendable estar observando frecuentemente tanto el manómetro como la descarga al tanque colector. En la descarga se notará que el aire retorna trayendo solamente pequeñas cantidades de azufre y cae el tanque en forma de lluvia. En el caso de que se noten los síntomas antes descritos, debe procederse a meter inmediatamente agua caliente con alta presión a la línea de 3½. y si no tenía, también en la de 6 5/8". Si el pozo se encuentra congelado, el flujo en la línea de 3½" se cortará y el manómetro marcará cero. Sucediendo lo anterior, ya sólo hay que dejar cargada la línea de 3½" con agua caliente e ir al pozo a abrir las válvulas de la línea de aire de tal manera que a través de ella se circule el agua que tiene la línea de 3½" con el fin de que ni se enfríe el agua ni se llegue a taponar también la línea de aire.

Se han presentado casos en los que todas las líneas principales se han taponado (la de 3 ½", la de 6 5/8" y la de 1"), esto en los pozos que bombean tanto sin agua como con agua en la línea de 8 5/8". Por lo anterior y como se dijo al principio, lo técnicamente ideal es que los pozos bombeen con agua por la línea de 6 5/8" ya que de no ser así se corre el riesgo hasta de perder un pozo.

Un pozo congelado pasa a manos del departamento de perforación, el cual se encarga de descongelarlo, o sea, de fundir y desalojar el azufre que está tapando la línea de 3½". Esto se logra mediante la

utilización de un equipo chico de perforación especial para el mantenimiento de los pozos. Con dicho equipo lo que se hace es agregar los tramos necesarios de 1" para llegar a la parte superior del tapón de azufre. Ya conseguido ésto, se mete agua caliente a alta presión por la línea de 3 1/2" y por medio de la línea de 1" se extrae (circula) del fondo a la atmósfera, con éso, en un momento determinado empezará a ir fundiendo el azufre y por lo tanto el agua misma lo acarreará a través de la línea de 1" hacia afuera. Esto es ayudado por el escarbamiento que se irá haciendo con la parte inferior de la tubería de 1", la cual en todos los pozos tiene un corte diagonal para darle una forma de punta de lanza (el tramo de 1" con ese corte se conoce como bisel).

Así, conforme se vaya fundiendo el azufre que forma el tapón y se vaya desalojando, se va a tener que ir agregando más tubos de 1" hasta que la línea llegue al fondo de la pichancha, con lo cual el pozo quedará descongelado.

En la mayor parte de los casos de congelamiento del fondo las líneas de 3 1/2" y de 6 5/8" se pegan. Hay algunos casos en los que el azufre no llega a pegar dichas tuberías, por lo cual otra opción para descongelar sería la de levantar la tubería de 3 1/2", de tal forma que se pueda meter agua a alta presión a la línea de 6 5/8" y extraerla por la de 3 1/2", hacia la atmósfera, de tal forma que llegará el momento en el que el azufre se fundirá y será desalojado del pozo hacia la atmósfera. Con este último recurso, los pozos son rápidamente descongelados (hasta en dos horas se han descongelado pozos), cosa que con la primera manera algunas veces se tardan varios días o a veces hasta se pierden los pozos. Por tanto, cuando suceda un congelamiento del fondo, lo primero que tiene que tratar de hacerse es levantar la tubería de 3 1/2" y en caso de no poder levantarse entonces se debe tratar de descongelar de otra forma.

El congelamiento de la línea superficial de la línea de producción no es otra cosa sino la solidificación del azufre en dicha línea.

Este congelamiento se origina por las siguientes causas:

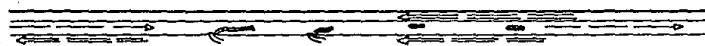
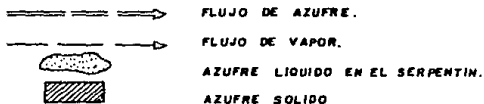
- a) Rotura de serpentín.
- b) Enfriamiento del vapor del serpentín.
- c) Enfriamiento del cabezal de 3 $\frac{1}{4}$ o "cruceta".

Cualquiera que sea la causa del congelamiento en la superficie, en la estación de control se notarán dos cosas: el pozo dejará de tirar azufre en la descarga (se "corta" el bombco del pozo) y en el manómetro se registrará un aumento considerable de la presión del aire. Estas reacciones son debidas a que se ha formado un "tapón" de azufre sólido en alguna parte de la línea, por lo cual el azufre que viene acarreado por el aire ya no puede pasar y se va acumulando para así originar también una compresión del aire, lo cual se notará en el manómetro (Ver figura No. VII.7).

Si la causa del congelamiento ha sido por una rotura de serpentín, el enfriamiento y por tanto la solidificación del azufre es debido a que éste penetra dentro de la línea de 1 $\frac{1}{4}$ " (serpentín) a través de la rotura ocasionando que el vapor ya no circule a través de ella. Como consecuencia, el vapor se irá condensando en toda la línea afectada, originando que el azufre que circule por ella se solidifique y se forme el tapón. En algunos casos se rotura de serpentín, si ésta es pequeña, el azufre que logre penetrar en el serpentín será acarreado por la misma presión del vapor hacia la descarga de la trampa correspondiente y por tanto será notado y se debe entonces proceder a meter agua por la línea de producción al pozo para así evitar que se siga abriendo más la rotura y correr el riesgo de que se congele el pozo. (Ver figura No. VII.7).

También, cuando el serpentín tiene una rotura grande no sólo se corre el riesgo de tapar en una parte la línea del serpentín sino, por el mayor flujo de azufre dentro de ella, se puede ir en dirección contraria al flujo del vapor y hasta penetrar en la línea ge-

SIMBOLOGIA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	CARLOS LOPEZ LAZO	
	FIG. No. VIII. CORTE DE UN TRAZADO DE UNA LINEA SUPERFICIAL DE PRODUCCION "CONSELAMIENTO"	
ESC. 1:10		1989

neral que distribuye el vapor e incluso el serpentín de otros pozos. Por ésto, después de la válvula que da vapor a cada uno de los serpentines se instala una válvula conocida como "check" que permite el flujo en una sola dirección, y si hay flujo contrario dicha válvula se cierra. El caso de congelamiento superficial originado por rotura de serpentín es el más peligroso ya que ocasiona que largos tramos de línea de producción sean perdidos.

Una medida con la que se ha disminuido bastante el riesgo de congelamiento por rotura de serpentín, es la de revisarlo antes de que un pozo sea sacado a bombear. La manera en la que es revisado el serpentín va a ser explicado cuando se hable de la rotura de serpentín.

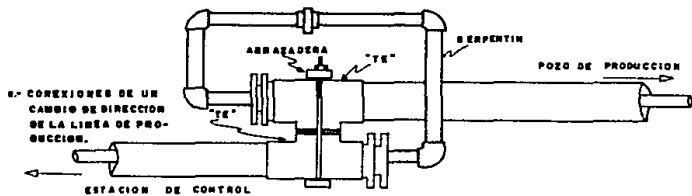
El congelamiento ocasionado por el solo enfriamiento del vapor que circula dentro del serpentín se origina porque dicha circulación no se está llevando a cabo por el mal funcionamiento de la "trampa" correspondiente, la cual de manera automática debe ir desechando el vapor condensado. El mal funcionamiento es debido ya sea porque dicha trampa está descompuesta o sólo mal regulada. Por tanto, es recomendable que, cuando se haya detectado el congelamiento, se haga una revisión a todas las trampas de que esté constituida la línea de producción. Dichas trampas se encontrarán normales si al rayarlas con azufre lo funden. Si se encuentra alguna trampa fría, se deduce que no ha estado funcionando normalmente y por tanto el serpentín debe de haberse llenado de agua fría o sea de vapor condensado. Por consecuencia, en el tramo de la línea de producción en el que se encuentra dicho serpentín con agua fría es en el que se ha formado el tapón de azufre sólido. Para ésto, se tiene que proceder a abrir la válvula de la descarga del serpentín que se encuentra adelante de la trampa, con el fin de desplazar el agua fría y llenar la línea con vapor con lo cual toda la línea se calentará y por lo tanto fundirá el azufre. Después de hecho ésto, la trampa se habrá calentado y entonces habrá que cerrar la válvula de descar

ga del serpentín hasta una posición en la que la trampa trabaje normalmente, o sea cuando la trampa tire automáticamente agua por su descarga.

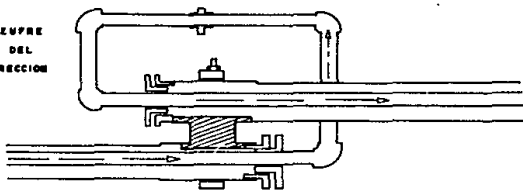
Como se dijo, con el proceso anterior se fundirá el azufre y por consiguiente el azufre que se encuentre rodeando el serpentín será fundido. Solamente que, como se puede apreciar en la Figura VII.8, hay una parte de la línea de producción, en los cambios de dirección de la línea, que queda sin la influencia del vapor y por tanto todavía habrá que revisar si alguno de esos cambios de dirección (en términos usados en la industria se habla de "tes" por ser éstas las que se utilizan para tales cambios) se encuentra frío lo que indicará que ahí se encuentra un tapón de azufre sólido.

Cuando ya se detectó el congelamiento de alguna "Te" se debe proceder a descongelar o sea fundir el tapón de azufre, lo cual se lo—gra de dos maneras (Ver figura No. VII.8).

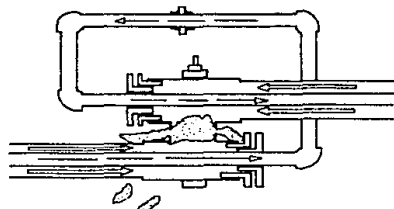
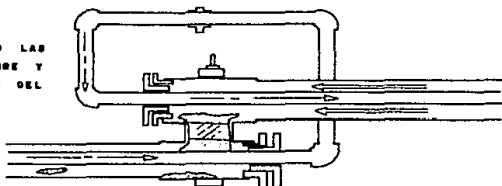
La primera, consiste en meterle agua al pozo por su línea de 3½" pero por medio del "by pass", con esto se está asegurando el pozo ya que va a tener agua caliente en el fondo y además se dejará pasar agua del pozo hacia la estación de control al dejar sin cerrar la válvula de ángulo. Sólo que el agua no llegará hasta la estación de control sino solamente hasta donde se encuentre el tapón de azufre. Teniendo el agua ya en estas condiciones, se tiene que prender lumbre en el exterior de las "Tes" donde se encuentra el tapón; la lumbre normalmente se hace con yute, mojado con diesel, que se compra especialmente para tal cosa, o también con una flama alimentada con gas. Con ésto el azufre que forma el tapón se fundirá y será fácilmente acarreado hacia el Relay por lo que se debe de comunicar la línea de 3½" con la atmósfera para que sea descargado en ella el azufre que estaba obstruyendo la línea. No se debe pensar en poner agua caliente en la línea de 3½" de la estación de control hacia el pozo porque en la mayor parte de los



2.- TAPON DE AZUFRE EN LAS "YES" DEL CAMBIO DE DIRECCION







3.- DESCONGELANDO LAS "YES" CON LUMBRE Y AGUA CALIENTE DEL "BY PASS"



4.- DESCONGELANDO CON LUMBRE Y CON AGUA DE LA LINEA DE PRODUCCION Y DEL "BY PASS" CON LA ABRAZADERA FLOJA.

SIMBOLOGIA

-  TAPON DE AZUFRE SOLIDO
-  AZUFRE FUNDIENDOSE
-  SENTIDO DEL FLUJO DE AGUA CALIENTE
-  SENTIDO DEL FLUJO DE VAPOR

U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL CARLOS LOPEZ LAZO
A	FIG. N.º VII. S. CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO DE LAS "YES" DE LA LINEA DE PRODUCCION.
M	ESC. 1:10 1989

casos el azufre es desplazado cuando todavía no es completamente fundido, o sea cuando todavía existe un pedazo de tapón sólido, el cual al ser desplazado hacia el pozo puede llegar a tapar la cruceta que es de menor diámetro.

La segunda manera de resolver el problema de descongelar las "Tes" de la línea consiste en meter agua tanto en la línea de $3\frac{1}{2}$ " de la estación de control como a la misma línea por medio del "by pass", con ésto estará llegando agua por ambos lados del tapón de azufre, luego, hay que aflojar la abrazadera que mantiene unidas las dos "Tes" en el cambio de dirección, y por último prenderle lumbre. De este modo, al empezar a fundirse el azufre por el calor de la lumbre, será desplazado hacia afuera de las "Tes" entre la unión de ellas ayudado por la presión existente a ambos lados del tapón. Cuando ya no sale azufre y en su lugar sale agua caliente, quiere decir que el tapón se ha desplazado y por lo tanto se tiene que apretar la abrazadera de las "Tes". Se tiene que cerrar el paso del agua por el "by pass" y así asegurarse que la línea de producción está descongelada, cosa que se deducirá al ver en su manómetro correspondiente el registro de flujo a través de ella.

Cuando se da el caso de congelamiento superficial por enfriamiento de la cruceta, se formará en ésta un tapón de azufre. Los síntomas del pozo son los mismos antes descritos y por tanto, cuando se hayan notado, no solamente se tienen que checar las trampas sino que también hay que verificar si no está fría la cruceta. Esto se hace rayándola con un pedazo de azufre, si está normalmente caliente fundirá el azufre, y si no lo funde, entonces está fría y como consecuencia en esa partes es donde está congelada la línea.

Una vez detectado el congelamiento, se tiene que meter agua caliente a alta presión a la línea y quemar la cruceta para fundir el azufre y que sea desplazado.

El congelamiento de la cruceta es frecuente sobre todo en la etapa de prueba de un pozo ya que en dicha etapa no pasa ni agua ni azufre líquido que es lo que la mantiene caliente ya que en ella no existe influencia de vapor. También es más frecuente cuando el clima es frío.

2.- Rotura de la línea de aire en el fondo. Un pozo con este problema mostrará una disminución considerable de su bombeo; predominará el regreso de aire con una ínfima cantidad de azufre. Por consiguiente, cuando se note un decaimiento brusco en el bombeo de un pozo, lo que se tiene que hacer es observar si no existe una rotura en la línea de 1". Para revisar la línea no es necesario hacerlo físicamente sino solamente en la estación de control de la siguiente manera:

Teniendo agua caliente el pozo a revisar en la línea de producción se abre la válvula de aire hasta que el manómetro marque una presión mayor de la que tenga el manómetro del cabezal general de agua caliente.

En caso de que exista la rotura, el flujo de agua por la línea de 3½" se cortará, o sea, el manómetro correspondiente a dicha línea registrará una disminución ya sea hasta cero o un poco menos, dependiendo del tamaño de la rotura. Una rotura grande originará que el manómetro registre un flujo nulo. Con más frecuencia se presenta la rotura en el primer tramo de la línea.

El hecho de que suceda el corte del flujo de agua en la línea de 3½" cuando existe rotura es debido a que al pasar el aire comprimido por la rotura, saldrá a través de ella en forma perpendicular al flujo del agua, impidiéndole así el paso. Recuérdese además que la presión del aire es mayor que la del agua.

En caso de que el flujo no se corte con el aire comprimido, indica

que el pozo no tiene rotura de la línea de aire, con lo que se puede pensar que el pozo pueda tener una rotura en el serpentín o sólo le falta calentamiento al pozo.

Cabe mencionar que en caso de que exista rotura de la línea de 1", el departamento de perforación será el encargado, por medio de sus equipos chicos de mantenimiento, de cambiar el tramo o los tramos de rotura.

3.- Serpentín roto. Como ya se mencionó anteriormente, una rotura de serpentín puede originar un congelamiento superficial y como consecuencia la pérdida de líneas de producción.

El problema de rotura de serpentín es muy frecuente, sobre todo en los pozos en los que es más constante la alternancia de circulación de agua y azufre a través de la línea de producción, ésto por la alta corrosión de tal combinación.

A manera de disminuir al máximo el riesgo de congelamiento originado por rotura del serpentín, se tienen a personas específicamente encargadas de la revisión de los serpentines antes de que salgan a bombear. La forma en que prueban el serpentín es la siguiente:

Teniendo agua caliente el pozo a través de la línea de producción, se cierra la válvula que da paso al vapor, después se abre toda la válvula de descarga del serpentín que se va a probar con el fin de sacar todo el vapor que se encuentre en la línea. En caso de que el serpentín se encuentre en buenas condiciones, va a llegar el momento en el que ya no saldrá absolutamente nada de vapor (sellará) pero en el caso en el que el serpentín se encuentra con rotura, después de fluir el vapor, fluirá agua caliente que se introduce al serpentín por medio de la rotura.

En caso de que exista rotura en el serpentín, debe de informarse al

departamento de reparación de tuberías para que efectúe el trabajo de cambiar el tramo o los tramos de serpentín rotos.

Para poderse efectuar la reparación, se tiene que dejar vacía la línea de producción. Como el pozo no debe quedarse sin inyección de agua caliente al fondo de él, y como tal inyección no es posible a través de la línea superficial de producción, se utiliza la conexión conocida como "by pass" para hacer tal cosa. (Ver figura No. VII.9).

El azufre que es recolectado en la estación de control, es pasado por gravedad a un tanque de capacidad conocida que sirve para contabilizar las toneladas de azufre extraídas.

De dicho tanque medidor, el azufre es enviado por medio de bombas centrífugas ya sea a la planta de filtración o directamente a los depósitos de almacenamiento, según sea el caso.

VII.3 PLANTA DE FILTROS

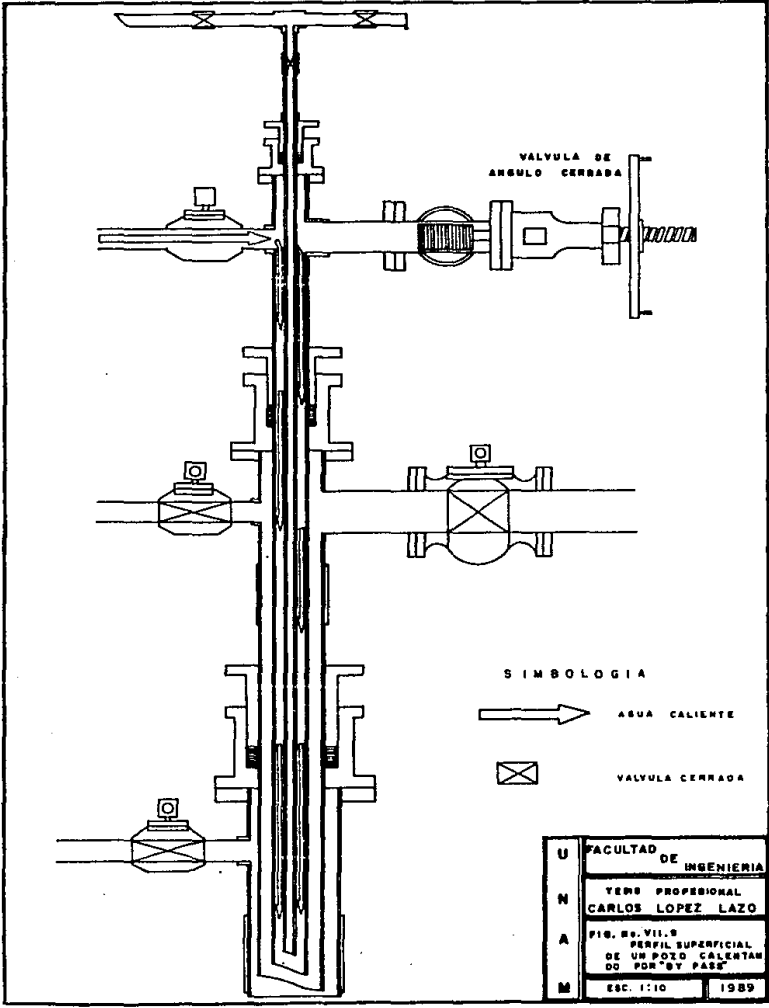
El azufre que es extraído por medio de los pozos, de acuerdo al área que correspondan viene contaminando de una manera mayor o menor con hidrocarburos; por ésto, el índice de calidad del azufre lo da el contenido porcentual de impurezas de carbón.

El promedio general en el azufre de la planta de Texistepec es de 0.25% de carbón que en la industria azufrera es mayor que 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 0.08% de carbón.

Calidad "C" - con 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, resumiéndose 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 siendo estas cantidades constantes.

Calidad del azufre requerido	Litros de ácido por ton. de S.
"A" (0.18% C.)	5.453
"B" (0.08% C.)	13.630
"C" (0.05% C.)	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 re_{actores}, 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 (azufre sólido) o tanques de almacenamiento (azufre líquido) según lo requiera el caso.

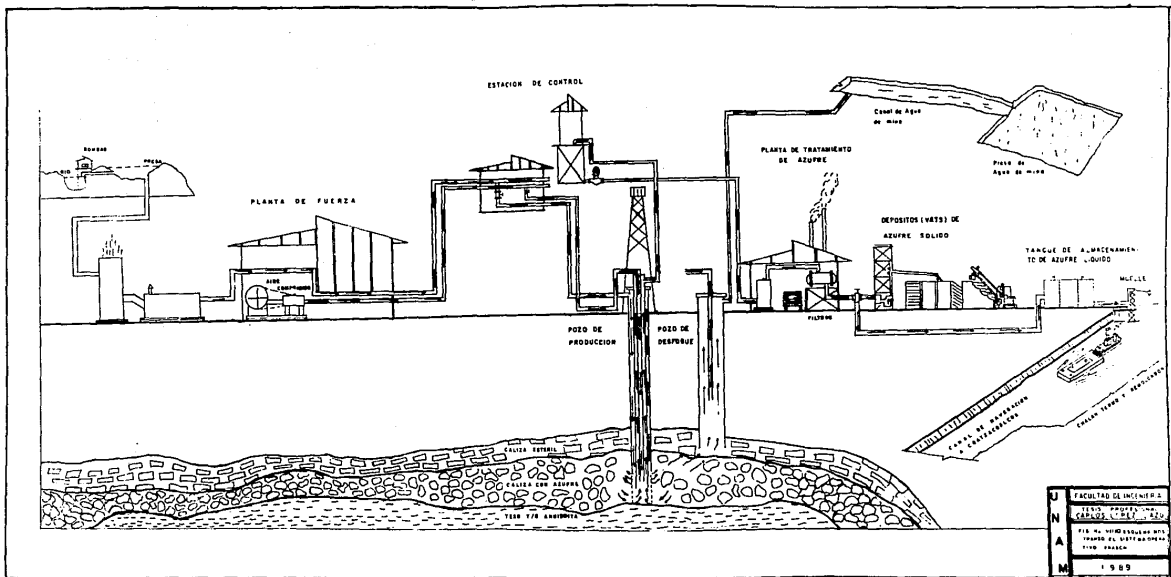
Como resultado del proceso de filtración del azufre quedan retenidos en las mallas residuos de carbón, los cuales se acumulan en las cercanías de la planta de filtrado. En ocasiones, este carbón se utiliza para revestir caminos de acceso a las áreas de producción.

VII.4 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El azufre que sale de los filtros se envía como ya se dijo, a los patios de almacén o depósitos de enfriamiento y otra parte se almacena en forma líquida en tanques de almacenamiento. (Ver figura No. VII.10).

Los depósitos de azufre sólido se hacen de un área determinada, de preferencia rectangular, se rodea de lámina de asbesto o de aluminio y se busca que al ir en aumento el almacenamiento, se vaya formando una figura cuyo volumen sea fácilmente calculado. La figura que se trata de formar es un prisma rectangular. De acuerdo con esto diariamente se mide el volumen del depósito y por diferencia con el volumen obtenido el día anterior se obtiene el volumen que aumentó el depósito durante el día. Esto dará el azufre producido en el día que interesa y que fue almacenado en dicho depósito.

Los depósitos de azufre líquido son cilíndricos, lo cual también



J	FACULTAD DE INGENIERIA
N	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALZAS, CALTEPEC, OAXACA
A	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AZUFRE LIQUIDO
M	1989

permite calcular diariamente el azufre almacenado. La producción de azufre en un día determinado es la suma del azufre almacenado en ambos depósitos.

El acarreo del mineral para su venta se efectúa por tierra a través de carros tanque (pipas) y góndolas de ferrocarril, y por río por medio de unas embarcaciones acondicionadas con tanques para almacenamiento de azufre líquido, a dichas embarcaciones se les conoce como chalanes.

VIII. CONCLUSIONES

A. Generales

Se puede pensar que el origen de la Cuenca Salina del Istmo fue el mismo y contemporáneo de las demás cuencas del golfo de México: la separación por alargamiento intracontinental debida a la separación de Africa de América del Sur y América del Norte.

Las fallas y fracturas en las rocas sobreyacentes al domo se formaron por la disminución del volumen de la sal al disolverse por la acción de las aguas subterráneas y concentrarse los residuos insolubles, y también por el diapirismo de la sal.

Para explicar el origen del casquete calcáreo y del azufre se tiene la idea comun tanto de las teorías bioquímicas y fisicoquímicas de que provienen de la reducción del sulfato de calcio por medio de diverentes agentes fisicoquímicos.

B. Locales

La mayor parte del depósito yace a poca profundidad, presentándose culminaciones peligrosamente someras para la explotación. Al no tenerse la cubierta lo suficientemente gruesa, debe tenerse un extremo cuidado con la "presión del domo", para prevenir posibles fugas de agua caliente a la superficie.

El casquete calcáreo es sumamente irregular, principalmente en la parte más somera del depósito, presentando repetidos adelgazamientos o estrangulamientos que dificultan la libre circulación del agua durante la explotación, independientemente de las comprobadas variaciones de su porosidad y permeabilidad.

La formación con azufre se encuentra por lo general constituyendo la parte inferior del casquete calcáreo, el cual es estéril en la

superior y cuyo espesor en ocasiones es demasiado grueso, por lo que se tiene que inyectar lodo para aislarlo.

El casquete de yeso y/o anhidrita se presenta, en la mayor parte, franco, sin zonas transicionales, con un espesor bastante regular y suficiente para servir de "sello" inferior al flujo de agua.

La saturación o presencia de hidrocarburos es irregular, existiendo áreas con azufre limpio.

PLANOS E ILUSTRACIONES

Figura No. II.1	Etapas de desarrollo de los domos salinos.
Figura No. III.1	Localización del Area de Estudio.
Figura No. IV.1	Provincias Fisiográficas.
Figura No. IV.2	Provincias Geológicas.
Figura No. IV.3	Tabla Estratigráfica.
Figura No. IV.4	Tectónica Regional.
Figura No. VI.1	El equipo de perforación.
Figura No. VI.2	Area poco permeable, ya explotada.
Figura No. VI.3	Area poco permeable, ya explotada.
Figura No. VI.4	Area permeable, ya explotada.
Figura No. VI.5	Perfil del fondo de un pozo en producción.
Figura No. VI.6	Pozo de producción en la superficie, sus partes.
Figura No. VI.7	Perfil de un pozo de desfogue.
Figura No. VI.8	Machuelo y desviador.
Figura No. VI.9	Recuperación o pesca de tubería.
Figura No. VI.10	Desviación de un pozo.
Figura No. VII.1	Línea de producción en la Estación de Control.
Figura No. VII.2	Corte de línea de producción en la Estación de Control; Pozo calentando.
Figura No. VII.3	Corte de la línea de producción en la Estación de Control; Pozo descargando.
Figura No. VII.4	Corte de la línea de producción en la Estación de Control; Pozo de producción.
Figura No. VII.5	Línea de agua en la Estación de Control.
Figura No. VII.6	Perfil de un pozo congelado del fondo.
Figura No. VII.7	Congelamiento superficial de la línea de producción.
Figura No. VII.8	Congelamiento y descongelamiento de las "tes" de la línea superficial de producción.
Figura No. VII.9	Perfil superficial de un pozo calentando por "by pass".

P L A N O S

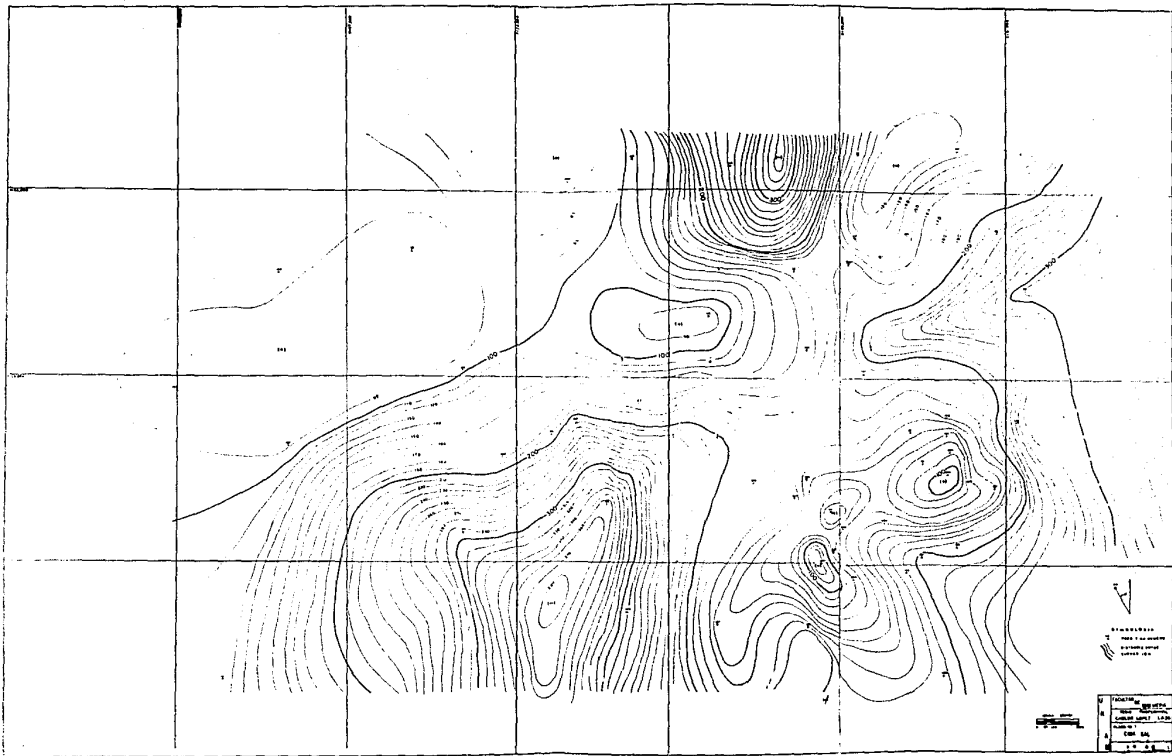
- Plano No. 1 Configuración de la Cima Sal.
Plano No. 2 Configuración de la Cima del Casquete Calcáreo.
Plano No. 3 Configuración de las isopacas de caliza.
Plano No. 4 Plano geológico.

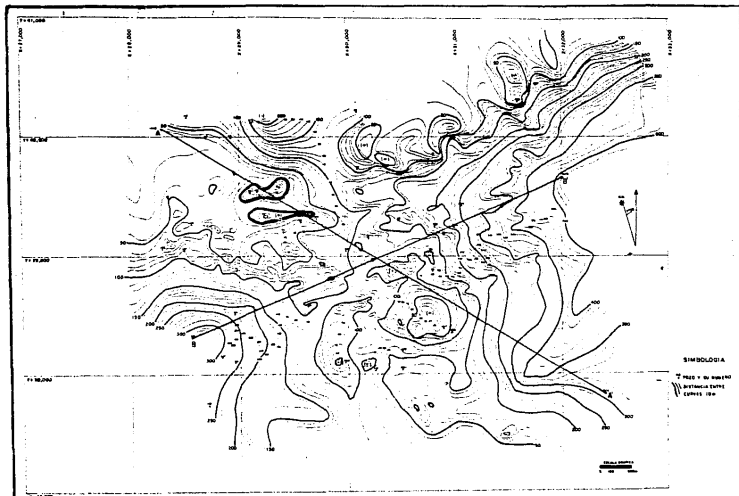
B I B L I O G R A F I A

- Benavides G. L. 1948 El anticlinal de Cerro Pelón, Municipio de Minatitlán, Ver., Bol. Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros, Vol. II (10) Pág. 10-155.
- Benavides G. L. 1956 Notas sobre la Geología Petrolera de México. XX Congreso Geológico Internacional. Simposium sobre Yacimientos de Petróleo y Gas. Tomo III.
- Castillo, T. C. 1955 Bosquejo Estratigráfico de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec Bol. A.M.G.P. Vol. VII (5-6) PP 175-212
- Coney, P. J. 1983 Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Revista del I.M.P., Vol. XV, número 1
- Cruz Ambrosio A. 1986 Estudio Geológico de la parte Suroeste del Domo de Jáltipan.- Tesis profesional U.N.A.M.
- Domínguez Portilla Gabriel 1976 Estudio Geológico del Domo de Jáltipan, Archivos de Azufrera Panamericana, S. A. México.
- D. E. Flint 1964 Origin of Salt Dome Sulphur Deposits Freeport Sulphur Company. New York, N. Y.
- Feely, H. W. y Kulp, J.L. 1957 Origin of Gulf Salt Dome Sulphur Deposits. A. A. P. G. Vol. 41, No.8
- González Reyna Genaro 1945 El azufre.- Comité Directivo para la investigación de los Recursos Minerales en México.
- Hinojosa G. 1961 Informe del área de los anticlinales Cerro Nanchital, Colonial y Chiquito, municipio de Minatitlán, Ver. Pemex Zona Sur.
- H. Contreras y M. Castillón 1960 Morfología y Origen de los domos salinos del Istmo de Tehuantepec. Boletín Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros. Vol. XII. Nos. 7 y 8.

B I B L I O G R A F I A

- López Ramos, E. 1979 Geología de México.- Tomo III.-
2a. Edición escolar México, D. F.
- Michel T. Halbouty 1979 Salt Domes Gulf Region, United
States and Mexico. Gulf Publishing
Company.
- Quezada Muñetón, J. M. 1975 Notas sobre el Mesozoico del Esta-
do de Chiapas.- Inédito, Pemex.
Zona Sur.
- Ralph E. Taylor, Hanna y 1958 Origin of the rock of Louisiana
Goldeman Salt Domes. - Louisiana Geol. Serv.
Bol. No. 11 - Nueva Orleans.
- Sención A. R. 1985 Estudio Paleogeográfico de una par-
te del frente de la sierra de
Chiapas. Tesis Profesional -
U.N.A.M.
- Schlaepfer, C., Castro Mora 1975 Estratigrafía y Litofacies del
J. T. y Martínez Rodríguez Mesozoico de la Sierra Madre del
Sur, Chiapas.- Instituto Mexicano
del Petróleo.- Bo. Asoc. Mex. de
Geólogos Petroleros.- Vol. XXVII
Nos. 1 - 3. Páginas 1 - 3, 103.

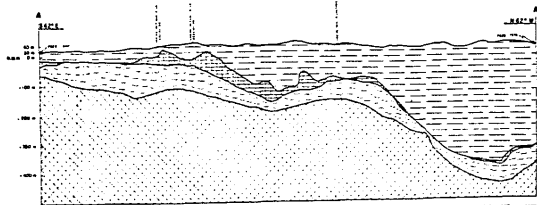




SIMBOLOGIA

T RASO Y SU MARCA
 \ BARRERA ENTE
 \ CERRO ISO

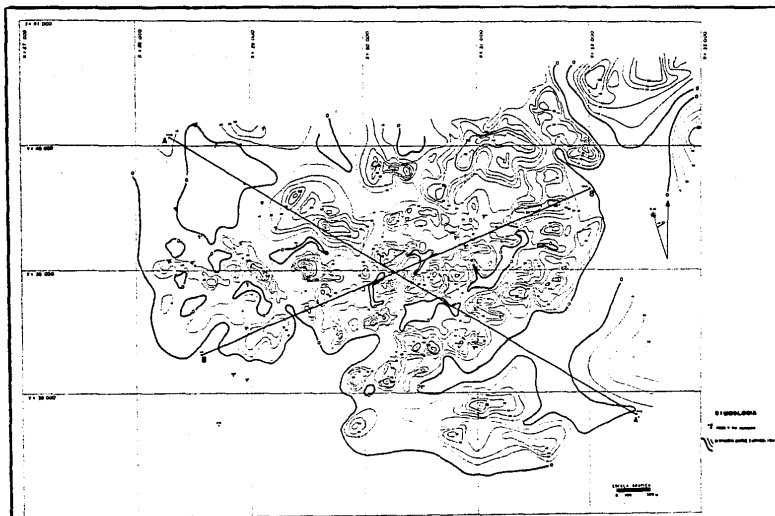
SECCION A-A'



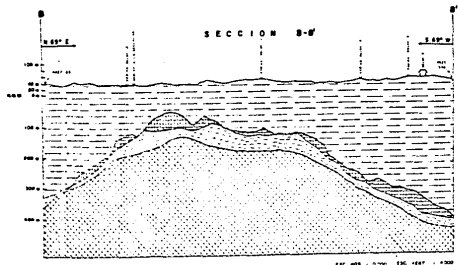
LEYENDA

- TERMINACIONES TERRAZAS
- VALLES HUNDIDOS POR EROSION
- TIPO DE SUELO
- SEA

U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	SENA PROFESIONAL
	CARLOS LÓPEZ LÓPEZ
	DOMO TEXISTEPÉC
A	CIMA CASQUETE
	SECCION A-A'
M	PLANO 2 1983



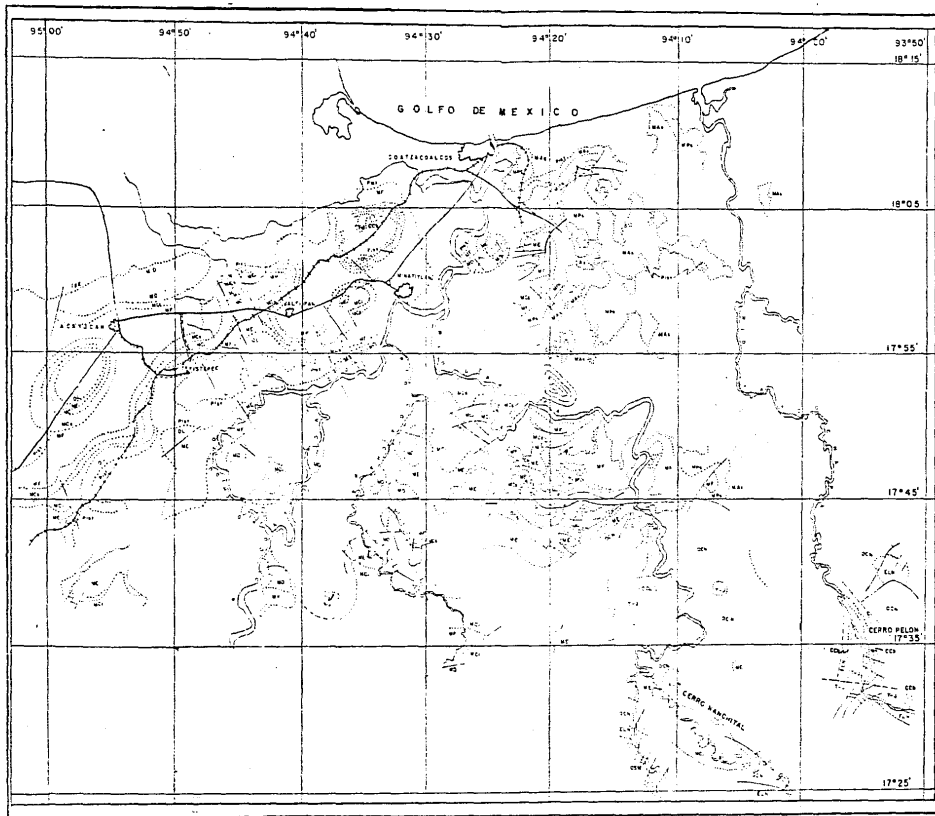
ESCALA GRÁFICA
 1 cm = 100 m
 1:100,000



LEYENDA

- FORMACIONES TERCARIAS
- CALIZA MINERALIZADA TO EXTERIA
- AREN Y/O ANTRACITA
- SAL

U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	CARLOS LOPEZ LA AZO
M	DOMO TEXISTEPEC
	ISOMFACAS DE CALIZA
	SECCION B-W
	PLANO 1
	1955



LEYENDA

ACUÍFOS	Depositos Aluviales	PA1
PLACERES		
MIGRADO SUPERIOR	Gravas	M1
	arenas y gravas	M2
	arenas	M3
	arenas y gravas	M4
	arenas y gravas	M5
	arenas	M6
	arenas	M7
	arenas	M8
	arenas	M9
	arenas	M10
	arenas	M11
	arenas	M12
	arenas	M13
	arenas	M14
	arenas	M15
	arenas	M16
	arenas	M17
	arenas	M18
	arenas	M19
	arenas	M20
	arenas	M21
	arenas	M22
	arenas	M23
	arenas	M24
	arenas	M25
	arenas	M26
	arenas	M27
	arenas	M28
	arenas	M29
	arenas	M30
	arenas	M31
	arenas	M32
	arenas	M33
	arenas	M34
	arenas	M35
	arenas	M36
	arenas	M37
	arenas	M38
	arenas	M39
	arenas	M40
	arenas	M41
	arenas	M42
	arenas	M43
	arenas	M44
	arenas	M45
	arenas	M46
	arenas	M47
	arenas	M48
	arenas	M49
	arenas	M50
	arenas	M51
	arenas	M52
	arenas	M53
	arenas	M54
	arenas	M55
	arenas	M56
	arenas	M57
	arenas	M58
	arenas	M59
	arenas	M60
	arenas	M61
	arenas	M62
	arenas	M63
	arenas	M64
	arenas	M65
	arenas	M66
	arenas	M67
	arenas	M68
	arenas	M69
	arenas	M70
	arenas	M71
	arenas	M72
	arenas	M73
	arenas	M74
	arenas	M75
	arenas	M76
	arenas	M77
	arenas	M78
	arenas	M79
	arenas	M80
	arenas	M81
	arenas	M82
	arenas	M83
	arenas	M84
	arenas	M85
	arenas	M86
	arenas	M87
	arenas	M88
	arenas	M89
	arenas	M90
	arenas	M91
	arenas	M92
	arenas	M93
	arenas	M94
	arenas	M95
	arenas	M96
	arenas	M97
	arenas	M98
	arenas	M99
	arenas	M100

SIMBOLOGIA

- LIMITE FORMACIONAL
- FRACTURA
- FRACTURA SUPERIOR
- POBLACION
- CANCHALES
- CANAL ENSEBADO
- PERFORACION
- RIO
- ARROYO



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	CARLOS LOPEZ LUCAS
	PLANO GEOLOGICO
	1989