



9  
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ INYECCION ANTICIPADA DE  
AGUA AL CAMPO ABKATUN ”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A :  
MERCEDES ANTUNEZ SOLIS**



**MEXICO, D. F.**

**MAYO DE 1986.**



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.

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección  
60-1-267

Señorita ANTUNEZ SOLIS MERCEDES.  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. Ing.- Néstor Martínez Romero, para que lo desarrolle como tesis para - su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO PETROLERO.

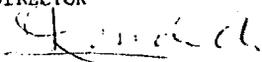
"INYECCION ANTICIPADA DE AGUA AL CAMPO ARKATUN"

- INDICE.
- I INTRODUCCION.
- II ANTECEDENTES.
- III PROPIEDADES DEL SISTEMA ROCA-FLUIDO.
- IV DISEÑO DE LA PLANTA DE INYECCION.
- V FILOSOFIA DE OPERACION.
- VI CALIDAD DEL AGUA DE INYECCION.
- VII CUOTAS DE PRODUCCION DE INYECCION.
- VIII EVALUACION DE RESULTADOS.
- IX INFORMACION AL INICIO Y DURANTE LA INYECCION.
- X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- TABLAS.
- FIGURAS.
- BIBLIOGRAFIA.

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

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., Diciembre 10 de 1985.  
EL DIRECTOR



Dr. Octavio A. Rascón Chávez

Di.  
OARCH'MRV.gtg

# I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO .....	8
- ESTRATIGRAFIA .....	9
3. PROPIEDADES DEL SISTEMA ROCA-FLUIDO .....	11
4. DISEÑO DE LA PLANTA DE INYECCION .....	12
4.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PRESION CAMPO ABKTUN, SONDA DE CAMPECHE .....	12
4.2 ALCANCE DEL PROYECTO .....	19
4.3 BASES DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE INYECCION DE AGUA .....	20
4.4 SERVICIOS AUXILIARES .....	26
4.5 INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO PARA ESTE PROYECTO .....	28
4.6 CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES A LA PLANTA .....	29
4.7 CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS DE LA PLANTA	30
4.8 SISTEMAS DE INYECCION .....	34
5. FILOSOFIA DE OPERACION .....	41
5.1 SECCION DE CANTACION .....	41
5.2 SECCION DE FILTRACION .....	42
5.3 SECCION DE BOMBEO .....	42
5.4 SECCION DE QUIMICOS .....	43
5.5 POLIMEROS .....	44

6.	CALIDAD DEL AGUA DE INYECCION .....	48
6.1	PRUEBAS ANALITICAS Y PROPOSITO DE LAS MISMAS .....	49
7.	CUOTAS DE PRODUCCION E INYECCION .....	59
8.	INFORMACION PREVIA Y DURANTE LA INYECCION .....	60
8.1	ANTES DE INICIAR LA INYECCION .....	60
8.2	AL INICIAR LA INYECCION .....	60
8.3	EN EL TRANCURSO DE LA INYECCION .....	61
8.4	COMENTARIOS DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR .....	62
9.	INICIO DE LA INYECCION .....	69
10.	EVALUACION DE RESULTADOS .....	70
10.1	POZOS INYECTORES .....	70
10.2	POZOS INYECTORES .....	74
10.3	POZOS PRODUCTORES .....	77
11.	CONCLUSIONES .....	80
12.	NOMENCLATURA .....	81
13.	BIBLIOGRAFIA .....	82

## I N D I C E D E T A B L A S

TABLA I.	ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS PARA TRATAR AGUA DE MAR
TABLA II.	PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD
TABLA III.	ESTADO ACTUAL DE POZOS INYECTORES
TABLA IV.	PRESION Y TEMPERATURA DE POZOS INYECTORES
TABLA V.	AFOROS EFECTUADOS ANTES Y DESPUES DE LA INYECCION

## I N D I C E D E F I G U R A S

FIGURA 1.	LOCALIZACION CAMPO ABKAT'UN
FIGURA 2.	HISTORIAS DE PRESION
FIGURA 2A.	PROFUNDIDAD Vs PRESION
FIGURA 3.	PROCESOS DE RECUPERACION MEJORADA
FIGURA 4.	LOCALIZACION DE POZOS INYECTORES
FIGURA 5.	PLANTA DE INYECCION ABK-J
FIGURA 6.	SISTEMA CERRADO
FIGURA 7.	SISTEMA ABIERTO
FIGURA 8.	SISTEMA SEMI-CERRADO
FIGURA 9.	ESTIMACION DEL VALOR DE K
FIGURA 10.	FACTOR CORRESPONDIENTE AL Ca
FIGURA 11.	CALCULO DEL ESFUERZO IONICO
FIGURA 12.	ACTIVIDADES HA DESARROLLAR
FIGURA 13.	RITMO DE INYECCION
FIGURA 14.	PRESION Vs $N_p$
FIGURA 15.	PRESION Vs TIEMPO
FIGURA 16.	RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-5
FIGURA 17.	RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-11A

- FIGURA 18. RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-12
- FIGURA 19. RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-20
- FIGURA 20. RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-21
- FIGURA 21. RESPUESTA DEL TRAZADOR ABK-43
- FIGURA 22. REGISTROS DE TEMPERATURA ABK-61
- FIGURA 23. REGISTROS DE TEMPERATURA ABK-62
- FIGURA 24. REGISTROS DE TEMPERATURA ABK-64

## 1.- I N T R O D U C C I O N .

Cuando se descubre un yacimiento petrolero y se inicia la explotación, la presión natural impulsa al gas y fluidos hacia la superficie. El proceso de aprovechamiento disminuye esa presión que permite a los hidrocarburos alcanzar el exterior y al agotarse la energía natural de los yacimientos, la producción disminuye en forma considerable hasta convertir los campos en incosteables ó poco atractivos, y no precisamente porque ya no tenga petróleo, sino por el problema que significaría extraerlo.

Para lograr el mejor rendimiento de estos campos, técnicos petroleros de todo el mundo han diseñado diversos sistemas de recuperación secundaria. El más empleado de estos consiste en inyectar agua para reponer la presión que ejercían los hidrocarburos extraídos; es este procedimiento, la inyección de agua, el más utilizado a nivel industrial en México.

El proceso de base de inyección de agua permite recuperar la presión perdida por la salida de gas y crudo, consiste precisamente en vertir agua presurizada a los yacimientos utilizando los pozos que han sido agotados. Con esto se mantiene en el subsuelo una presión tal que permite a los productos llegar a la superficie.

Se dice que implantar un sistema de recuperación secundaria por inyección de agua en el yacimiento, equivale a incorporar a la explotación otro yacimiento de características iguales, pero a menor costo, en virtud de que ya se -- dispone de una infraestructura para su explotación.

Prueba de esto es el hecho de que en el 1er semestre de -- 1985 se recuperó, mediante la inyección de agua, el 26% - de la producción nacional de hidrocarburos.

Teniendo en cuenta la gran importancia que representa para México, la explotación de los yacimientos petrolíferos en la Sonda de Campeche, actualmente se desarrolla un programa de mantenimiento de presión en el campo Abkatún, por me dio de la inyección de agua de mar tratada, y viendo la re percusión que podría tener en el yacimiento dicho proyecto; se hacen las actividades necesarias para la instala- - ción y operación de una planta de inyección a 30 000 BPD - de agua de mar tratada en la plataforma de perforación Ab- katún I.

## 2.- ANTECEDENTES

### 2.1.- Descripción del Campo Abkatún.

El campo Abk. es una de las estructuras más importantes por su magnitud y productividad de aceite ligero (28° API).

Se localiza aproximadamente a 80 Km. al NW de Cd. del Carmen, Campeche; en la plataforma continental del Golfo de México (Fig.1) fué descubierto en abril de 1979, siendo el primer pozo el Abkatún "1A", perforado con una plataforma autoelevable hasta la profundidad de 3600 m. en cuya prueba de producción dió 4200 bls/día.

El desarrollo del Campo se inició con la plataforma fija Abkatún "A", la cual perforó el pozo gemelo, 1B; a la fecha el campo se encuentra en pleno desarrollo cuenta con 7 plataformas de perforación y 51 pozos productores.

En el transcurso de su desarrollo se ha venido obteniendo información acerca de las formaciones que han sido atravesadas (Brecha Paleoceno, Cretácico y Jurásico) y durante su explotación se ha seguido el comportamiento de las mismas.

Con esta información se han logrado estudios de comportamiento primario y secundario con inyección de agua, mediante la simulación numérica del yacimiento, los que han podi-

do predecir los volúmenes de hidrocarburos, factibles a producir en las diferentes alternativas de explotación.

La concepción del yacimiento ha tenido variaciones notables respecto a la originalmente aceptada, tanto arealmente como en su espesor, ya que en principio se consideraba un contacto agua-aceite cercano, alrededor de los 3600 mvbnm de profundidad para la porción Sur, modificandose ésta área notablemente con la perforación de los pozos Abkatún 5, 26 y -108, estimandose un contacto agua-aceite a 3800 mvbnm.

También en el espesor del yacimiento sufre alteraciones hacia la parte NW de la estructura, reduciendo considerablemente en la formación Cretácico por compactación y arcillosidad.

En la fig. 2 se tiene el comportamiento de la presión vs. tiempo y es la respuesta típica de un yacimiento inicialmente bajo saturado cuya productividad promedio en los primeros 12 meses de 1.2 millones de barriles de crudo por cada Kg/cm<sup>2</sup> de caída de presión. Esta productividad ha venido incrementandose hasta valores superiores a los 7.5 millones de barriles cada Kg/cm<sup>2</sup> de caída a medida que se ha desarrollado el campo.

En la fig.2-A se observa el depresionamiento uniforme que ha tenido el yacimiento, independiente de la profundidad ó ubi

cación de los pozos, lo cual significa la gran transmisibilidad que tiene la estructura en la zona dolomitizada tanto en el sentido vertical como horizontal, observándose también que el campo se encuentra muy por arriba de la presión de saturación ( $178 \text{ Kg/cm}^2$ ).

Es evidente entonces, que con el propósito de conservar las altas productividades de los pozos y mejorar su recuperación final, es necesario someter al campo Abkatún a un proceso de mantenimiento de presión, mediante la inyección de un fluido adecuado a sus características tanto estructurales como del sistema roca-fluido.

Como alternativas tecnológicas para satisfacer la necesidad antes mencionada, existen básicamente los procesos convencionales de mantenimiento de presión y las técnicas de Recuperación mejorada (Fig. 3). Entre estas últimas destacan los métodos químicos, miscibles y térmicos que involucran la inyección de polímeros, surfactantes, gases no hidrocarburos, combustión in situ y vapor.

A excepción de la inyección de vapor, que ha sido probada con éxito económico a gran escala en varios países del mundo, el resto de las técnicas de recuperación mejorada, están en una etapa de experimentación y su aplicación a casos específicos está asociada a altos riesgos técnicos-económicos, razón por la cual no fueron consideradas para ser

utilizadas en el caso del campo Abkatún.

No obstante la probada efectividad del método de inyección de vapor en otras áreas, en el caso del yacimiento en cuestión, no es aplicable, dadas sus características de espesor, profundidad, densidad y viscosidad del aceite.

Los procesos convencionales incluyen la inyección de agua y gas de formación. De estos dos se consideró como más ventajoso el primero de ellos dado que en los yacimientos de naturaleza fracturada se aprovechan mejor los efectos gravitacionales y capilares en el proceso de expulsión del aceite almacenado en la matriz, y que, por otra parte, el gas natural ha alcanzado un alto valor comercial.

Como ventajas adicionales del agua, pueden citarse su disponibilidad y su relativamente bajo costo para adecuarla para estos propósitos.

Dada la ubicación geográfica del campo, y las características de los fluidos que contiene, se decidió usar agua de mar tratada como fluido desplazante la cual es compatible con el agua congénita de la formación.

El proyecto de inyección anticipada de agua en el campo Abkatún se contempló en la plataforma Abk-I con los pozos --

61, 62 y 64 como inyectores y como receptores los pozos --  
Abk-12 y 20 de la "E" y 5, 21 y 43 de la "F". (Fig. No.4).

Objetivos de la inyección anticipada de agua en el campo -  
Abkatún.

Conocer anticipadamente el comportamiento del yacimiento -  
al ser sometido a un proceso de inyección de agua mediante  
la definición de:

- I.       - Tendencias preferenciales
- Rítmos de inyección y producción por pozo
- Respuesta de la presión del yacimiento
- Eficiencia de barrido del pozo

II. Confirmar el número de pozos inyectores y su distribución.

III. Adquirir experiencia en la instalación y operación del --  
equipo de captación, de bombeo y servicios para su aplica-  
ción en el proyecto integral.

## GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

El campo Abkatún, adopta la forma de un anticlinal alargado, cuyo eje principal tiene la dirección, NW - SE, - afectado por 3 fallas normales, una de ellas, casi en la parte media del campo, otra en la parte norte y la tercera en la porción oriente, las dos últimas están limitando parte de la estructura en sus respectivos flancos.

Los cuerpos más importantes son:

La Brecha del Paleoceno en la totalidad del campo; Cretácico (Superior, medio e inferior).

Hacia la porción SE de la estructura a partir de los pozos Abk-245A, 51 y 43, se considera buena impregnación de aceite en zona dolomitizada con algunas intercalaciones compactas registradas en los pozos Abk-5, 108 y 176A; hacia la parte NW del campo, esta formación se encuentra no dolomitizada ligeramente arcillosa, esta evidencia se encuentra en los pozos Abk-212A, 74, 91 y 216.

Por pruebas de producción en el Abk-77 se comprobó que no tiene gran productividad la formación Jurásico.

## ESTRATIGRAFIA

Jurásico Kimmeridgiano.- (Espesor penetrado 111 m. pozo Abk-5) En esta estructura solo 2 pozos han alcanzado sedimentos de esta edad y son el Abk-5 y 77. En general son representados en su parte superior por dolomías de color crema a café claro, microcristalina y de aspecto sacaroides; en la base predomina lutita de color gris verdoso.

Jurásico Tithoniano.- (Espesor 85 m. pozo Abk-5). Estan representados por mudstone arcilloso o café oscuro, lutita gris oscuro bituminosa.

Cretácico inferior.- (Espesor 470 m. pozo Abk-5).

Dentro de esta estructura, existen 2 partes, la primera, donde se localizan los pozos Abk-72, 74, 92, 211, 216 y KANNAB-1A, están representados por carbonatos de mar abierto no dolomitizado (mudstone) en partes arcillosos, compactos y poco permeable y la otra zona con excepción del pozo Abk-176A, predominan dolomías de color crema y café claro por impregnación de HDCS. Microcristalina, en partes compactas y de aspecto sacaroides.

Cretácico Medio.- (Espesor 55 m. pozo Abk-5).

Se constituyen por mudstone a wackstone de color crema claro ligeramente arcilloso, compacto, poco permeable.

Brecha Paleoceno Inferior.- (Espesor 112 m. pozo Abk-5)

Está constituida por alatos angulosos a subredondeados - de mudstone a wackstone café claro que gradúa a dolomía café claro microcristalina, cavernosa y fracturada, con impregnación de hidrocarburos.

### 3 .- PROPIEDADES DEL SISTEMA ROCA - FLUIDO.

Las propiedades promedio del sistema roca-fluido fueron determinadas a partir de métodos estadísticos utilizando los datos a partir de núcleos, registros geofísicos, análisis PVT\* y pruebas de presión.

A continuación se presentan los valores de los parámetros más relevantes de la formación Brecha Paleoceno del campo Abkatún, que es el horizonte donde se va a inyectar el agua.

PARAMETRO	VALOR
Porosidad $\phi$ (%)	6-7
Saturación de Agua $S_w$ (%)	20.2
Factor de volumen de Aceite $B_{oi}$ ( $m^3/m^3$ )	1.55
Relación de solubilidad $R_{si}$ ( $m^3/m^3$ )	130.0
Permeabilidad $K$ (Darcy)	2-3
Presión de Saturación $P_b$ ( $Kg/cm^2$ )	178.0
Viscosidad del Aceite $\mu_o$ (Cp)	0.55
Temperatura de Yacimiento $T$ ( $^{\circ}C$ )	140.0
Compresibilidad del Aceite bajo Saturación $C_o$ ( $Cm^2/Kg$ )	$22 \times 10^{-5}$
Contacto agua - aceite original (C/w-o) $\pm$	3750 MVBNM

\* Análisis de presión - volumen - temperatura.

#### 4.- DISEÑO DE LA PLANTA DE INYECCION

##### 4.1.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PRESION CAMPO ABKATUN, SONDA DE CAMPECHE.

Considerando la importancia que representa para el país la explotación de los yacimientos petroleros, en la Sonda de Campeche, en la actualidad se está desarrollando un programa de mantenimiento de presión en el campo - Abkatún, por medio de la inyección de agua de mar tratada, y tomando en cuenta la repercusión que podrá tener - en el yacimiento dicho proyecto, Pemex através de la Subdirección de Producción Primaria solicitó al Instituto - Mexicano del Petróleo, llevar a cabo las actividades necesarias para la instalación y operación de una planta - de inyección de 30000 BPD de agua de mar tratada en la - plataforma de perforación Abk-1.

##### 4.1.1.- ALCANCE.-

Para la instalación de la planta de inyección de agua de 30 MBPD, el alcance del proyecto involucra, por -- parte del Instituto Mexicano del Petróleo, en el desarrollo de la ingeniería básica de detalle, la emisión de documentos para adquisición y/o acondicionamiento del equipo, asistencia en la instalación, prueba y arranque del proyecto.

Se considera la utilización al máximo del equipo disponible - por Pemex, con el fin de iniciar la inyección en el menor tiempo disponible y con el consecuente ahorro económico - en la intervención.

#### 4.1.2.- INSTALACIONES.-

La planta estará localizada en la sonda de campeche, instalada en la plataforma de perforación Abk-I, en el área libre disponible en la cubierta inferior.

Se contará con el equipo necesario para llevar a cabo operaciones tales como: Captación del agua de mar, remoción de sólidos suspendidos, tratamiento y bombeo de alta presión, para lo cual se instalará:

- 2 Bombas de toma, acondicionadas para manejar agua de mar.
- Una unidad de filtración integrada por 3 filtros de cama de grava y arena.
- Un turbo - paquete de inyección integrado por una turbina de gas modificada a diesel y bomba de alta presión.
- Un paquete de inyección de químicos, el cual contará con un tanque de almacenamiento y bombas dosificadoras para inyectar biocida orgánico, polímero, secuestrante de oxígeno, inhibidor de co-

rosión, inhibidor de incrustación, ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio.

Así mismo se contará con el equipo necesario para cubrir las necesidades de servicios auxiliares del equipo que integrará la planta, el cual suministrará:

- Generación de energía eléctrica.
- Aire de planta e instrumentos.
- Combustible diesel limpio.
- Agua potable (para dilución de químicos).

Se analizará la posibilidad que las instalaciones de la plataforma puedan proporcionar algunos de los servicios auxiliares antes mencionados.

#### 4.1.3.- ACTIVIDADES A DESARROLLAR.- INGENIERIA.

- a).- Ingeniería de proceso.- Estudios y Elaboración del Diagrama de flujo de proceso, información complementaria, hojas de datos y requisiciones de acondicionamiento de equipo.
- b).- Ingeniería de Sistemas.-
  - Elaboración de hojas de datos de válvulas de control y equipos.
  - Plano de localización general de equipo.
  - Diagramas de tuberías e instrumentación del proceso y servicios auxiliares.
  - Elaboración de requisiciones de equipo.

- c).- Operación.-
- Diagrama secuencial de arranque.
  - Diagrama de integración del sistema y servicios auxiliares.
  - Matriz de paro.
  - Asistencia técnica durante el arranque de la planta.
- d).- Ingeniería Mecánica.-
- Complementación de las hojas de datos de bombas.
  - Elaboración de requisiciones de equipo para adquisiciones y acondicionamiento.
- e).- Ingeniería de Recipientes.-
- Diseño mecánico.
  - Requisiciones y recipientes.
- f).- Ingeniería Eléctrica.-
- Clasificación de áreas.
  - Diagrama unifilar.
  - Diseño y elaboración de planos de los sistemas de distribución de fuerza.
  - Diagrama de control para motores y equipo, y cédula de control de motores y relevadores.
  - Requisiciones de equipo y material eléctrico.
- g).- Ingeniería de Tuberías.

- Estudios, plantas y elevaciones de tuberías.
- Isométricos de tuberías.
- Requisiciones de materiales de tuberías, válvulas, bridas, conexiones, junta y tornillería.

h).- Ingeniería de Control.-

- Elaboración de hojas de especificaciones para instrumentos.
- Dibujos típicos de instalación de flujo, nivel y presión.
- Diagramas lógicos de control e instrumentación.
- Plano de localización de instrumentos.
- Servicios de paros y alarmas.
- Requisiciones de válvulas, instrumentos y materiales de instalación.
- Índice de instrumentos.
- Diagramas de control eléctrico.

i).- Asistencia en el Campo.-

- Supervisión acondicionamiento de equipo disponible.
- Asistencia en la instalación, pruebas y arranques.

j).- Ingeniería Civil (DIISA).-

- Análisis estructural pilotes, sub y superestructura, de acuerdo a la localización propuestas de equipo a instalarse.

- Elaboración de planos estructurales sub y super-estructura, con las modificaciones necesarias para la instalación del equipo de la planta de inyección.
- Elaboración de lista de materiales.

4.1.4.- ADQUISICIONES (SPCO PEMEX).-

- Adquisiciones de equipo.
- Adquisiciones de materiales.

4.1.5.- TRANSPORTE E INSTALACION (SPP, PEMEX)

- Desmontaje de equipo disponible.
- Transporte de equipo disponible a sitio de acondicionamiento.
- Transporte de equipo a plataforma.
- Prueba y arranque.

4.1.6.- ACONDICIONAMIENTO DE EQUIPO (SPP PEMEX-PROVEEDOR)

- Modificaciones y acondicionamiento de equipo.

4.1.7.- MODIFICACIONES A LA PLATAFORMA ABKATUN-I.-

- Modificaciones estructurales (SPCO-PEMEX).
- Modificaciones al equipo en plataforma para sus interconexiones a la planta de inyección (SPP-PEMEX).

ALCANCE DEL PROYECTO EN ETAPAS

	INGENIERIA	ACOND. DE EQUIPO	ADQUIS. DE EQUIPO	CONSTRUC- CIONES.	INSTALA- CIONES.	ARRANQUE
	I M P	PROVEEDOR	PEMEX	PEMEX	PEMEX	PEMEX
RESPONSABLE	OIISA		SPP	SPP	SPP	SPP
				SPCO	PROVEEDOR	PROVEEDOR
PARTICIPACION	PEMEX SSP	I M P	I M P	I M P	I M P	I M P

#### 4.2.- ALCANCE DEL PROYECTO.-

EQUIPO	ACTIVIDAD
Turbobomba (Bomba)	Desmontaje (Cactus) Transporte a fábrica Acondicionamiento.
Turbina	Desmontaje (Plataforma Re bombeo) Transporte a fábrica Acondicionamiento.
Filtros de Cama	Desmontaje (Cactus) Acondicionamiento a Plata forma (Cactus) Instalación.
Bombas de Toma	Transporte a Fábrica Acondicionamiento Transporte a Plataforma Instalación
Paquete inyección de químicos, tanques, bombas y materiales.	Localización y Transporte Localización y Adquisicio nes Integración del paquete. Transporte a Plataforma- Instalación.

4.3.- BASES DE DISEÑO DE LA PLANTA DE INYECCION DE AGUA DE 30 000 BPD.

ABKATUN - I

4.3.1.- FUNCION DE LA PLANTA.

La planta se instalará para llevar a cabo el tratamiento e inyección de 30 000 BPD de agua de mar con el objeto de confirmar el comportamiento del yacimiento del campo Abkatún, bajo las mismas condiciones de operación que imperarán en el proyecto definitivo de 750 MBPD. (Fig. 5).

4.3.2.- TIPO DE PROCESO.

Las operaciones principales del proceso que se -- llevará a cabo en la planta son:

- a).- Captación de agua de mar.
- b).- Remoción de sólidos suspendidos.
- c).- Tratamiento químico.
- d).- Bombeo de alta presión.

La captación de agua de mar se hará por medio de bombas verticales accionadas con motor diesel. La remoción de sólidos suspendidos se llevará a cabo

por medio de filtros de cama con flujo descendentes. El tratamiento químico comprenderá el control de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, coagulación, secuestro del oxígeno disuelto, inhibición de corrosión e incrustaciones y control del PH. El bombeo de alta presión se efectuará con una bomba horizontal accionada con turbina de diesel.

4.3.3.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES Y LOCALIZACION.  
LA PLANTA ESTARA INTEGRADA PRINCIPALMENTE POR EL  
SIGUIENTE EQUIPO:

- a).- 2 Bombas accionadas con motor diesel.
- b).- 3 Filtros de cama con grava y arena.
- c).- 1 Paquete de inyección de químicos con bombas dosificadoras y tanques de almacenamiento, respectivos para el biocida orgánico, coagulante, inhibidor de corrosión, inhibidor de incrustaciones, secuestrante de oxígeno y ácido sulfúrico.
- d).- 1 Bomba de inyección accionada en turbina de diesel. La planta será instalada en la plataforma de perforación Abkatún-I, aprovechando el área disponible con que se cuenta con el primer nivel en dicha plataforma, desde la cual se llevará a cabo la inyección al yacimiento.

#### 4.3.4.- CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.-

##### 4.3.4.1. Factor de Servicio.

Se requiere el máximo dentro de lo razonable económico.

##### 4.3.4.2. CAPACIDAD.-

a).- Diseño: 30 000 BPD

b).- Normal: 30 000 BPD

c).- Mínima: 5 000 BPD se tiene contemplado iniciar la inyección con este flujo.

d).- Capacidad de pozo: 15 000 BPD. Esta capacidad puede ser mayor o menor, dependiendo del pozo mismo.

##### 4.3.4.3. PAROS.-

La planta no podrá operar a falta de suministro de combustible diesel ni a falta de energía eléctrica.

#### 4.3.5.- ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES DE PROCESO.

##### 4.3.5.1. AGUA DE MAR.

a).- Temperatura °C                      35 Máximo

26 Normal

15.5 Mínima

b).- PH 7-8.3

c).- Oxígeno disuelto, ppm. 7.9-8.9

4.3.6.- AGENTES QUIMICOS.-

a).- Biocida Orgánico.-

Este reactivo se inyecta en la entrada de la bomba de alta presión, se usa con el fin de evitar la formación de bacterias que podrían ocasionar taponamientos en los poros del yacimiento. Un tanque para 34 días de operación normal.

b).- Secuestrante de Oxígeno.-

Se utiliza en la descarga de los filtros con el objeto de eliminar el oxígeno disuelto en el agua a un valor máximo de 0.02 ppm.

c).- Inhibidor de Incrustación.-

La inyección se efectúa en la succión de la bomba de alta presión con el fin de evitar incrustaciones que ocasionen taponamientos en equipo, tuberías y pozos de inyección.

Un tanque cada 7 días.

d).- Inhibidor de corrosión.-

La inyección de este agente se realiza en la succión

ción de la bomba de inyección a alta presión, --  
con el fin de evitar la corrosión en el equipo y  
tubería. Un tanque cada 5 días.

e).- Polímero Coagulante.- (Policlectrolito).-

El uso de este agente químico es con el objeto -  
de aglomerar las partículas sólidas del agua, pa  
ra así aumentar la eficiencia de filtración. Es  
inyectando en la línea de entrada a los filtros.

REQUERIMIENTOS:

- Tanque
- Agitador mecánico
- Solución al 10% en peso.

f).- Acido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).-

Este producto químico tiene como objetivo princi  
pal el de controlar el PH del agua de inyección  
en un rango de 6.5-7 la función de este reactivo  
es evitar posibles taponamientos en los poros de  
la roca del yacimiento y aparejos de inyección,  
ocasionados por la tendencia a la incrustación -  
que presenta el agua de mar. Un tanque cada 5 --  
días.

g).- Hipoclorito de Sodio.-

La inyección de este reactivo se efectuará en la  
succión de las bombas de toma, este producto quí  
mico tiene como objetivo fundamental inhibir la

formación de colonias orgánicas, para evitar ta  
ponamientos y corrosión en el equipo de bombeo,  
así mismo impide la proliferación de bacterias  
en los filtros de cama.

Para valores de densidad y dosificación requeri-  
da de los reactivos anteriores ver apéndice de -  
tablas. (Tabla No. I).

Se requiere contar con aire seco y limpio para instrumentos; por lo que contará con un compresor de aire con tanque acumulador para 5 minutos de retención y sistema de secado.

4.4- SERVICIOS AUXILIARES

a).- Agua potable

Se utilizará agua potable para la dilución de

químicos, misma que será proporcionada por el sistema actual de la plataforma.

b).- Agua de contraincendio

Se utilizará la red contraincendio de la plataforma.

c).- Aire de instrumentos y aire de planta.

Se requerirá contar con aire seco y limpio; si el consumo requerido es muy alto se instalará un sistema de compresor de aire accionado con motor eléctrico, si resulta el consumo muy bajo se estudiará la posibilidad de que este servicio sea proporcionado por el sistema de la plataforma.

d).- Combustible

Diesel será utilizado para los motores de las bombas de toma, bomba de inyección y el moto-generador de energía eléctrica.

Se contará con un sistema de tanques de almacenamiento, centrifugación y distribución de diesel; - para poder operar continuamente la turbina y las bombas dosificadoras de los reactivos químicos. Actualmente se cuenta con un sistema de almacenamiento de diesel y un sistema de centrifugación; el almacenamiento es insuficiente para los requerimientos de esta planta, por lo cual, se instalarán dos

tanques limpios, utilizandose el mismo sistema de centrifugación.

e).- Alimentación de energía Eléctrica.

Debido a que la capacidad actual de generación en la plataforma no es suficiente para dar servicio a esta planta, será necesario instalar un generador eléctrico accionado por motor diesel, con las siguientes características.

Capacidad: 100 Kw

Tensión: 480 V

Fases : 3

Frecuencia: 60 Hz

4.5.- INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO PARA ESTE PROYECTO.

a).- Alimentaciones.

- 1) Diesel: 2 tanques de almacenamiento de diesel limpio con capacidad de 60 m<sup>3</sup> cada uno. El diesel será proporcionado limpio por las instalaciones de la plataforma, contando con capacidad para 6 días.
- 2) Agua de proceso.- Se cuenta con almacenamiento de agua potable en la plataforma y se requerirá para la planta de inyección únicamente para la dilución de los químicos.

2) Químicos.- Se instalarán los siguientes sistemas -- que incluyen los tanques y bombas correspondientes y los siguientes productos se almacenaran en tambores, sacos y bidones de plástico.

- Hipoclorito de sodio.
- Biocida
- Secuestrador de oxígeno
- Inhibidor de corrosión
- Inhibidor de incrustación
- Coagulante
- Acido sulfúrico

#### 4.6.- CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES A LA PLANTA.

##### 4.6.1.- Condiciones a la llegada

###### a) Agua de mar

Se succionará el agua de mar por medio de bombas.  
El punto de toma estará aproximadamente de 15 a 20 metros bajo el nivel del mar.

Temperatura: °C : 35 máx./26 normal./15 minutos.

###### b) Combustible diesel.-

Se distribuirá el diesel limpio almacenado a los - puntos de consumo.

###### c) Químicos.-

Se recibieron en tambores y sacos.

#### 4.7.- CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS DE LA PLANTA.

##### 4.7.1.- Agua tratada.

Será inyectada al pozo por tubería de alta presión, con una presión manométrica de 210.8 kg/cm<sup>2</sup> (3000 bls/pg<sup>2</sup>) en la cabeza del pozo.

Temperatura °C: 35 máx/26 normal/15 mín.

##### 4.7.2.- SISTEMA DE SEGURIDAD.

La planta cuenta con un anillo de agua de contra-incendio, el cual dará servicio igualmente a la - planta de inyección.

##### 4.7.3.- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS.

Temperatura máxima externa: 39°C

Temperatura mínima externa: 12°C

Humedad relativa: 70-100 %

Precipitación pluvial: 86 cm

Dirección de los vientos fuertes: Norte a Sur

Dirección de los vientos predominantes: Noreste a

Suroeste.

Sureste a

Noroeste.

##### 4.7.4.- BASES DE DISEÑO ELÉCTRICO.

Para la clasificación de áreas se utilizará el - artículo 500 del NF PA - 70.

El generador eléctrico solo proporcionará servicio para cubrir las necesidades de los equipos -- que integran la planta de inyección.

La plataforma de perforación no brindará ningún apoyo de energía eléctrica, por lo que la planta parará en caso de falla eléctrica. Se contará con arrancadores locales para todas las bombas.

#### 4.7.5.- BASES DE DISEÑO PARA TUBERIAS.

La tubería que se requiere instalar, y que no está comprendida dentro de los paquetes de equipo con los que actualmente cuenta PEMEX para ser utilizados en esta planta, será de acuerdo con las especificaciones del proyecto de inyección de -- agua en Abkatún de 750 MBPD, y que es tubería de fibra de vidrio para la succión y tubería de acero al carbón para la descarga hacia el pozo.

#### 4.7.6.- BASES PARA DISEÑO DE EQUIPO.

a) Accionadores.- Los accionadores de las bombas de toma y del generador eléctrico serán motores diesel.

El accionador de la bomba de inyección será una turbina de gas modificada para consumo de diesel. El resto de los accionadores serán motores eléctricos.

4.7.7.- ACONDICIONAMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

- a) Bomba de captación, accesorios, fundas y flechas; se consiguió en la bodega de la gerencia de proyectos y construcción de Cárdenas, Tab.
  
- b) Cama de conjunto de filtros (3), se consiguió en la planta de inyección de agua de Cactus-Nispero Distrito de Villahermosa, Tab., Zona Sureste.
  
- c) Turbina Ruston y bomba Guinar, se consiguió en Villahermosa, Tab., Zona Sureste.
  
- d) Compresor de aire, también se trajo de Villahermosa, Tab., Zona Sureste.
  
- e) Paquete de medición para pozos inyectoros, brida - porta orificio, carretes y estranguladores. Se adquirió en el Campo Cactus, de pozos inyectoros, de Villahermosa, Tab., Zona Sureste.
  
- f) Motor cummins, para bombas de captación, y cabezales de engranes para bomba, se localizaron en el Distrito de Plan, Ver., correspondiente a Coatzacoalcos, Ver., Zona Sureste.

- g) Dos generadores de 100 Kw., 60 hertz, se trajeron del Distrito de Ebano, S.L.P., perteneciente a Tampico, Tamps. Zona Norte. .
- h) Tablero sincronizador para los generadores electricos se trajeron del Campo Cactus, distrito de Villahermosa, Tab. Zona Sureste.
- i) Paquetes de reactivos quimicos, se consiguieron en la bodega de la gerencia de proyectos y construccion en Cardenas, Tab.
- j) Tuberia de fibra de vidrio para la succion del equipo, se adquirio en una Compania particular en Coatzacoalcos, Ver.
- k) Tuberia de acero al carbon, para la descarga de alta presion del equipo, se adquirio en la bodegas del Km. 4.5 de Cd. del Carmen, Camp. Zona Marina.
- Se pretende utilizar el maximo de equipo que PEMEX tenga disponible, siempre y cuando cumplan con las caracteristicas requeridas para el adecuado funcionamiento de la planta de inyeccion.

#### 4.7.8.- BASES DE DISEÑO DE MATERIALES.

Se consideró inicialmente la utilización de las especificaciones de materiales seleccionados para el proyecto principal de inyección de agua en Abkatún (750 MBPD). Debido al corto tiempo de implementación de la planta de inyección de 30 MBPD y a la utilización de equipo disponible actualmente en PEMEX, los materiales de los equipos no se ajustaron estrictamente a las especificaciones mencionadas, por lo que el tiempo de vida del equipo se podrá haber reducido.

#### 4.8.- SISTEMAS DE INYECCION.

Un sistema de inyección de agua, es un conjunto de instalaciones para proporcionar al agua las características necesarias para su inyección a un yacimiento.

La primera consideración en la construcción de un sistema de tratamiento de agua, es contar con una fuente de abastecedora lo suficiente grande y lo más próxima posible a los puntos de inyección. Es conveniente que la planta se instale en un lugar alto, en relación con los puntos de inyección, de tal forma, que el agua fluya por gravedad, tenien-

do así, grandes ahorros en el costo de la planta y en la operación y mantenimiento de la misma. Es -- conveniente también, que la planta se localice en un punto central del sistema de inyección. Un cuidadoso estudio de todos los factores que intervienen en las instalaciones de un sistema de tratamiento de agua, permitirá que éste resulte atractivo económicamente.

Los principales factores que se deben considerar y evaluar al diseñar una planta de tratamiento de inyección son:

- a).- Las características del agua o aguas involucradas en el tratamiento.
- b).- Los rangos adecuados de la calidad del agua, previendo cambios de control en el tratamiento.
- c).- Los rangos de capacidad de tratamientos (volúmenes, presiones y flexibilidad).
- d).- La planta se diseña con el fin de tratar un volumen de agua máximo y mínimo, proporcionándole siempre la calidad requerida.
- e).- Localización óptima de la planta que será función de la posición geográfica de la fuente de abastecimiento y del punto ó puntos de inyección. Una planta de tratamiento puede ser fija ó móvil.

f).- Tipo de planta que puede construirse considerando el aspecto económico y la calidad del agua deseada.

Las plantas de tratamiento se han clasificado por sus características en:

Sistema cerrado, abierto y semi-cerrado

El uso de cualquiera de estos tipos estará en función de la calidad del agua deseado, y de la formación receptora. Cada formación posee características particulares bien definidas que influyen en la calidad del agua que se debe inyectar; tratarla en forma excesiva para obtener una agua de calidad óptima y mantener un alto margen de seguridad, significa gastos innecesarios; de aquí que será preciso determinar en cada caso, el tratamiento adecuado para minimizar los costos.

El tratamiento de agua tiene como finalidad, evitar la corrosión, las incrustaciones superficiales y sub-superficiales, eliminando así el daño a la permeabilidad de la formación. El acondicionamiento del agua se efectúa básicamente, por medio de filtrados y tratamiento químico. El solo hecho de filtrar el agua para eliminar todas las partí-

culas sólidas que puedan taponar las formaciones, no garantiza que se haya eliminado el problema de pérdida de permeabilidad; pues éste puede ser ocasionado por la presencia de bacterias.

Agentes de la corrosión o por la reacción de contaminantes químicos del agua con los materiales de la formación; es por eso que es necesario hacerle al agua un tratamiento más adecuado, contando para ello con los tipos de plantas de tratamientos mencionadas.

#### 4.8.1.- SISTEMA CERRADO.

El sistema de tratamiento de agua cerrado, puede definirse como aquella planta en la que se trata el agua en ausencia de aire. Este sistema evita la disolución del oxígeno atmosférico en el agua. En la fig. No. 6 se presentan los elementos de un sistema cerrado de tratamiento de agua. El Sistema cerrado es ampliamente usado en proyectos de recuperación secundaria donde el agua de inyección requiere de un tratamiento mínimo. Si el agua necesita un tratamiento minucioso, generalmente, se usa un sistema abierto.

Al Sistema de tratamiento se le puede abastecer -

con agua proveniente de una fuente y/o con agua - producida; la cual, después de ser tratada, se al macena en un tanque. El agua almacenada en el tanque puede preservarse colocando en su parte superior, una capa de gas natural o una cubierta de - aceite, evitando así el contacto del agua con el oxígeno del aire.

Cuando es necesario agregar al sistema, bacteri-- cidas, inhibidores de corrosión y secuestrantes - de oxígeno, se recomienda hacerlo antes del fil-- tro. (Fig. 6 ).

Una vez tratada el agua, se almacena en tanque de agua limpia, sirviendo como una fuente de suminis-- tro para las bombas que desplazarán el agua hasta los pozos inyectores.

#### 4.8.2.- SISTEMA ABIERTO.

El Sistema abierto puede ser definido como aque-- lla planta en la cual el agua está en contacto -- con el aire sin restricción alguna. Por el contra-- rio, en muchas de estas plantas de tratamiento, - el agua es aereada intencionalmente con el fin de eliminar los gases ácidos, o introducir oxígeno - para oxidar los compuestos solubles de fierro y -

manganeso a fin de precipitarlos. Si el agua está sobre saturada por carbonatos, para reducir su -- contenido será necesario aumentar el PH del agua.

En la fig. 7 se presenta un arreglo típico para -- una planta de tratamiento de agua del tipo abierto, cuyos componentes pueden variar dependiendo -- de la fuente de abastecimiento. En esta planta en particular, el agua producida proveniente de un -- sistema de deshidratación de aceite, es aerada y descargada en el tanque abastecedor.

Los agentes químicos son agregados antes de que -- el agua llegue a la presa de sedimentación; para este caso, la trayectoria que sigue el agua para su tratamiento hasta las bombas de inyección, es como se muestra en la fig. 5.

#### 4.8.3.- SISTEMA SEMI-CERRADO

En este sistema, el agua es tratada como en uno -- abierto hasta el punto de deaireación; a partir de este punto hasta los pozos inyectoros, el sistema es del tipo cerrado.

En la fig. 8 se muestra un sistema semi-cerrado; la deaireación del agua es efectuada aplicando vacío

a la parte superior de una columna empacada, antes de enviarla al tanque de agua limpia.

Para evitar que el aire sea reabsorbido por el agua tratada, se recomienda tener gas en el espacio libre del tanque de agua limpia ó una pequeña tapa de aceite. Cuando se usa gas, la presión en el tanque debe ser mayor que la presión atmosférica, generalmente  $0.02 \text{ lb/pg}^2$ .

Se ha observado en campo, que las capas de aceite no son efectivas para prevenir la entrada de oxígeno al agua, en los tanques de agua limpia; ya que el aire se disuelve rápidamente en el aceite, logrando así solo una protección parcial del agua de inyección.

El gas natural tiene una capacidad absorbedora de oxígeno, por lo que es un excelente sello en los tanques de almacenamiento de agua.

## 5.- FILOSOFIA DE OPERACION

### FILOSOFIA BASICA DE OPERACION

En este capítulo se llevará a cabo para las secciones -- principales de la planta de inyección de 30 MBPD de agua de mar: Captación, filtración y bombeo; el análisis de -- las variables de operación y control de proceso. Fig. 5.

#### 5.1.- SECCION DE CAPTACION.

##### a) Presión.

Con el fin de cumplir con los requerimientos de presión en las diferentes secciones de la planta, se requiere que la descarga de las bombas de toma, GA-1001 A/R proporcionen una presión constante tal, - que la alimentación a los filtros se tenga una presión de  $8.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ MAN}$ .

Para cumplir con tal objetivo se cuenta con controles de presión, localizados en las líneas de descarga de las bombas que alimentan el agua de mar a los filtros FG-1001 AB/R.

En el caso que la presión y/o flujo aumenten en el cabezal de alimentación a filtros, se hará uso de - una línea que a control de presión, descargará agua al mar hasta que se establezcan las condiciones de operación en dicho cabezal.

b) Flujo.

El exceso del flujo requerido en el sistema se retorna al mar por medio de la línea de desvío mencionada en el inciso anterior.

5.2.- SECCION DE FILTRACION.

a) Presión.

Con el propósito que los filtros FG-1001 AB/R operen en un rango adecuado de presión, se cuenta en cada uno de ellos con indicadores de presión a la entrada y salida de los mismos, con el fin de que al detectarse una caída de presión de 2.1 Kg/cm<sup>2</sup> se inicie en este filtro la operación de retrolavado, utilizando lo dos filtros restantes para operación normal y para proporcionar el agua de retrolavado respectivamente.

5.3.- SECCION DE BOMBEO.

a) Presión.

La presión de descarga de la bomba de inyección GA-1002 se mantiene regulada mediante un controlador ubicado en la línea de descarga a pozos. En caso de que se detecte cualquier variación de presión, se deberá ajustar la velocidad de la turbina, con la finalidad de proporcionar la presión adecuada para la inyección de agua de mar al yacimiento.

b) Flujo.

Debido a que la capacidad de la planta de 30 MBPD - es muy inferior al flujo de diseño de la bomba de - inyección, aproximadamente 60 MBPD, la bomba cuenta con una línea de recirculación que proporciona el - flujo mínimo requerido por la misma.

5.4.- SECCION DE QUIMICOS.

A fin de que se acondicione el agua de inyección, - es necesario que se mantenga un control en la con-- centración de los agentes químicos que se van a in-- yectar en cada una de las secciones mencionadas an-- teriormente.

5.4.1.- HIPOCLORITO DE SODIO O BACTERICIDA.

Para controlar e inhibir la formación de bacterias presentes, en esta sección se efectúa la adición de hipoclorito de sodio o de un bactericida. Los ran-- gos de concentraciones considerados para la inyec-- ción de este químico son:

1.4 ppm dosificación normal

10 ppm dosificación para la operación de choque.

En caso de que persistan las bacterias en este sistema, se tendrá que investigar lo siguiente:

Si la demanda de cloro del agua es mayor que 1.4 -

- b) Si el intervalo de tiempo en que se efectúa la operación de choques es muy grande.
- c) Si es necesario cambiar a otro bactericida debido a que las bacterias toleran el empleo hasta el momento.

Se recomienda efectuar un análisis del agua de mar para determinar el origen del problema.

#### 5.5.- POLIMERO.

Para facilitar la eliminación de las partículas suspendidas en el agua de mar y así mejorar la eficiencia de la filtración, es necesario adicionar un polímero, el cual ayudará a aglomerar las partículas presentes, a fin de que sean retenidas en los equipos de filtración.

Los rangos de concentraciones considerados para la inyección de este químico son:

0.1 ppm mínimo

0.2 ppm normal

0.5 ppm máximo

Puesto que la finalidad de este químico es la de --

ayudar a obtener una mayor filtración, si a la salida de los filtros se presentan aún cantidades considerables de partículas, podría ser indicativo de -- que los filtros no están operando bien, por lo que se requerirá revisar si esto se debe a:

- a) Mal funcionamiento de los medios filtrantes, debido a falta de retrolavado o a que las diferentes granulaciones del material filtrante entre sí.
- b) Alta formación de bacterias (ya previstos anteriormente).
- c) Ajuste de la dosificación de este químico.

5.5.1.- BARREDOR DE OXIGENO, ACIDO SULFURICO, INHIBIDOR DE CORROSION, INHIBIDOR DE INCRUSTACIONES Y BACTERICIDA ORGANICO.

Con el propósito de acondicionar el agua de inyección y al mismo tiempo evitar posibles taponamientos en los yacimientos, se efectúa la adición de los químicos que se mencionan a continuación:

- a) Barredor de Oxígeno.

Los rangos de concentración de este químico en el agua de mar, considerados para disminuir el contenido

do de oxígeno en el agua hasta 0.02 ppm son:

1.0	ppm	mínimo
64	ppm	normal
64	ppm	máximo

Para verificar que la concentración de este químico esta siendo adecuada, se recomienda efectuar análisis para determinación de oxígeno disuelto en el agua.

#### 5.5.2.- ACIDO SULFURICO (98% EN PESO).

La finalidad de este químico es de mantener el agua con un PH adecuado (6.5-7) y evitar con ello la formación de precipitados que pueden obstruir el yacimiento.

Los rangos de concentración considerados para la inyección de este agente son:

Máximo	Flujo dosificado	Variación de PH
	11.0 Kg/h	8.3 - 6.5
Normal	11 Kg/h	8.3 - 6.5
Mínimo	1 Kg/h	8.3 - 7.0 (1)

NOTA: (1) Mínimo considerado para 5000 BPD de agua deseada.

5.5.3.- INHIBIDOR DE CORROSION.

Los rangos de concentración considerados para la in  
yección de este agente son:

1.0	ppm	mínimo
3.0	ppm	normal
10.0	ppm	máximo

En el caso de que se detecte corrosión en el sistema, se  
verificará lo siguiente:

- A) Tendencia corrosiva del agua de mar.
- B) Ajuste en la dosificación del químico.
- C) Oxígeno disuelto en el agua.

## 6.- CALIDAD DE AGUA DE INYECCION.

La inyección de agua fundamentalmente se lleva a cabo con dos fines principales:

- 1.- Mantenimiento de presión
- 2.- Recuperación secundaria

Lo anterior es posible solamente debido a la permeabilidad que posee el yacimiento. Es por eso que es de vital importancia evitar dañar esa permeabilidad al obstruir los canales permeables cuando reacciona la roca del yacimiento o los fluidos con el agua inyectada. Es evidente por lo tanto, que para eliminar esta posibilidad, el agua a inyectarse debe someterse a un tratamiento previo.

Algunas de las causas principales de la obstrucción son:

- 1.- Depositación de materia en suspensión.
- 2.- Incrustación (disminución de la solubilidad de sustancias, a condiciones de yacimiento, lo que origina la depositación).
- 3.- Bacterias (formación de colonias).

Desde el punto de vista mecánico, es decir equipo y accesorios, estos también se ven afectados por el agua de in-

yeción ya que puede presentarse el fenómeno de la corrosión.

Los agentes corrosivos son el oxígeno y el bióxido de carbono y los sulfuros producidos por la reducción de sulfatos por bacterias sulfato-reductoras.

#### 6.1.- PRUEBAS ANALITICAS Y PROPOSITO DE LAS MISMAS.

##### 6.1.1.- PH

- a) Logarítmico del recíproco de la concentración de iones de H  $PH = \log_{10} \frac{1}{H}$  o bien, número entre 0 y 14 que los grados de acidez o alcalinidad.

El agua destilada es neutra y tiene un PH = 7; cuando es menor que 7, hay aumento de acidez y cuando es mayor de 7 aumenta la alcalinidad, la acidez y la alcalinidad se caracterizan por el contenido de sales ácidos o básicos respectivamente. El agua natural tiene un PH que varía entre 6 y 8 siempre y cuando no este contaminada con residuos industriales.

- b) Debe determinarse en todas las fases del tratamiento.

c) Propósito.- la coagulación óptima del agua con sulfato de aluminio da lugar a un PH dado. La corrosión del agua es función del PH y puede corregirse disminuyendo la intensidad ácida mediante la adición de un alcalí. El depósito de las incrustaciones en las tuberías puede controlarse cambiando la relación entre la alcalinidad y el PH; el rango de control varia entre 8.5 y 8.8

#### 6.1.2.- TEMPERATURA.

- a) Dado que influye en la determinación de los índices de Langelier para agua dulce, y de Stive-Davis para agua salada.
- b) El depósito de incrustaciones depende de la temperatura del agua y algunos análisis de sustancias se efectúan en función de la temperatura.

#### 6.1.3.- TURBIDEZ.

- a) Medida de la obstrucción óptica de la luz que pasa a través de una muestra de agua, originada por la presencia de materia finamente dividida (arcilla, materia orgánica, etc.) y que no se elimina como la materia en suspensión, por filtración: esta característica varía según el estado del tiempo.

- b) Debe determinarse en todas las fases del tratamiento.
- c) En el agua filtrada, indica operación defectuosa originada por el hidróxido de aluminio que se forma al agregar el sulfato de aluminio o aluminato de sodio: en el agua cruda influye sobre la cantidad de coagulante que se requiere para el tratamiento.

#### 6.1.4.- OXIGENO DISUELTO.

- a) Como todos los gases, tiende a disolverse en el agua al entrar en contacto con ella en determinada proporción, dependiendo de factores fisicoquímicos. Es importante por su carácter corrosivo por lo que debe eliminarse.
- b) Su determinación se efectúa en agua deareada para verificar la eficiencia del deareador que debe mantenerse, con 720 mmHg de vacío, una concentración de 0.5 ppm de  $O_2$  disuelto.

#### 6.1.5.- BIOXIDO DE CARBONO.

- a) Mismas características de  $O_2$  disuelto.
- b) El análisis debe efectuarse en muestras recién obtenidas de agua deareada.

- c) Es importante debido a su poder corrosivo, ya que con el agua forma un ácido débil (carbónico) que proporciona iones Hidrógeno suficientes para el ciclo corrosivo.

#### 6.1.6.- ALCALINIDAD.

- a) Producida por sales (carbonatos, hidróxidos y bicarbonatos) contribuyendo también los fosfatos y silicatos. En el agua natural proviene de bicarbonatos de calcio y magnesio y algunas veces de sodio.
- b) Es importante por su relación con el proceso de coagulación y correlativos del poder corrosivo del agua. El sulfato de aluminio es una sal ácida que al agregarse en pequeñas cantidades al agua natural, reacciona con su alcalinidad formando flóculos y si esta es insuficiente para reaccionar con todo el sulfato, la coagulación será incompleta y quedará sulfato disuelto en el agua. Si la alcalinidad antes de la coagulación es igual o mayor que la dosis de sulfato, no se aumenta el poder corrosivo del agua al añadir el coagulante.

#### 6.1.7.- DUREZA TOTAL.

a) Originada por sales de calcio y magnesio disueltas, que son iones incrustantes que se depositan en los conductos del equipo mecánico, especialmente cuando varían las condiciones de presión y temperatura, la presencia de estas incrustaciones se debe a que el agua atraviesa terrenos calcáreos que contienen carbonatos de Calcio y Magnesio disolviéndolos.

b) Debe mantenerse igual o menor que la del agua cruda e indica si el agua filtradora es incrustante. Si la dureza del agua tratada es mayor que la del agua cruda, hay exceso en la dosis de sulfato de aluminio por disolución del sulfato de calcio formado.

#### 6.1.8.- DUREZA AL CALCIO.

a) Debe permanecer igual o menor que la del agua "cruda" y se determina por iones de calcio disueltos (Ca ++).

#### 6.1.9.- CLORUROS.

Componentes habituales en las aguas naturales y que provienen de depósitos salinos por los que ha pasado el agua.

#### 6.1.10.- SULFATOS.

a) Misma explicación anterior.

- b) La determinación se efectúa en agua cruda y filtrado, lo que da idea del exceso de alumbre añadido y el cual no debe ser mayor de 2 ciclos de concentración con respecto al contenido de sulfatos en agua cruda.

6.1.11.- FIERRO.

- a) Ión constante como el calcio y el magnesio que aparece en pequeñas cantidades en aguas naturales.
- b) El hierro se encuentra como ión férrico ( $Fe^{+++}$ ) en las aguas superficiales. Es importante como ión incrustante y es un indicador de corrosión en las líneas.

6.1.12.- SILICATOS.

Compuesto incrustante con importancia a altas temperaturas.

6.1.13.- SOLIDOS TOTALES DISUELTOS.

- a) Es la suma de los sólidos disueltos, expresados como ppm. de  $Na_2SO_4$

6.1.14.- CLORO RESIDUAL.

- a) Rara vez se encuentra en aguas naturales y se -

utiliza en tratamientos como bactericida eficaz.

- b) Se efectúa el análisis en aguas que han sido tratadas con cloro, tratando de mantener 1.0 ppm. El -- añadirlo como bactericida, impide el desarrollo de bacterias.

#### 6.1.15.- ANÁLISIS BACTERIOLOGICO.

- a) Tiene como finalidad verificar la presencia de bagterias sulfato-reductoras.
- b) Cuando el agua se emplea para consumo doméstico, - es necesario detectar la presencia de bacterias -- del grupo coliforme que indican contaminación y - que pueden ser de origen de enfermedades hídricas.

#### 6.1.16.- OLOR.

- a) Originado por pequeñas concentraciones de compuestos volátiles, como el cloro.
- b) En agua de río, se debe a la presencia de materia orgánica.

#### 6.1.17.- COLOR.

- a) Proviene de compuestos del humus y del ácido tánico; estos dan como resultado un color café amarillento en las aguas superficiales.

#### 6.1.18.- COAGULACION.

Puesto que las condiciones del agua cruda son variables, es indispensable un control riguroso de las cantidades de reactivo usadas para garantizar una coagulación óptima.

#### 6.1.19.- AMINAS.

Se añaden al agua tratada para que además de bacterias y fungicida, actúe como protector fílmico en las líneas. Son eficientes para la eliminación de bacterias sulfato-reductoras.

#### 6.1.20.- INDICE DE ESTABILIDAD DE STIFF-DAVIS.

Este índice es el que se utiliza para determinar si el agua de inyección es con tendencia incrustante ó corrosiva.

El siguiente cálculo corresponde exclusivamente para agua -salada a diferencia que se usa para dulce (Langelier). La fórmula empleada para determinar éste parámetro es la sig.:

$$SI = PH - (K + P Ca + PALK)$$

Donde:

SI= Índice de estabilidad

PH= Potencial hidrógeno

K= Factor que depende de la concentración del ión calcio

PALK= Factor que depende de la alcalinidad total.

Para obtener el índice antes mencionado, se requiere el análisis químico del agua de inyección en mgr/lt. (ó ppm de cada uno de los componentes que integran el agua). y los apéndices 2, 3 y 4; además del PH y temperatura. A continuación se ilustra un ejemplo de aplicación real.

Datos:

<u>ION</u>	<u>Concentración (mgr/L).</u>
Na <sup>+0</sup>	11 923.4
Ca <sup>++</sup>	410.4
Mg <sup>++</sup>	1 399.2
Cl <sup>-</sup>	20 748.7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126.0
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	12.4
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	3 200.0

PH= 8.11

T= 68°F

#### 6.1.21.- SECUELA DE CALCULOS.

- a) Calcular el esfuerzo iónico de la suma de los componentes del agua, esto se realiza en el inciso No. 1 ver figura No. 11.
- b) Determinar el valor de K a partir de la figura No. 9, para lo cual se necesita el valor determinado en el inciso anterior y el dato de temperatura.

- c) Con las partes por millón (ppm) de calcio obtenemos a partir de la figura 10 el factor correspondiente al calcio.
- d) Con la alcalinidad total y con la gráfica de la figura 10, se determina el factor correspondiente que sustituyendolo en la formula original se obtiene el valor del índice de estabilidad.
- e) Si el valor obtenido es negativo: Nos indica que la tendencia del agua es corrosiva, por el contrario, si resulta positivo la tendencia es incrustante.
- f) Los valores de PH,  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{HCO}_3^-$  deben determinarse en la planta de inyección.

Las anteriores pruebas analíticas son en forma general y aunque para esta planta no se piense instalar equipo de monitoreo para calidad del agua, se recomienda se cuente con preparaciones para la toma de muestras a través del sistema con el fin de practicar algunas determinaciones analíticas. Es indispensable contar con un programa periódico de pruebas para el control de calidad, aún cuando el sistema sea el más simple y el agua tenga muy poco o ningún tratamiento.

En la tabla No. II, se da un resumen de los parámetros a determinar para llevar a cabo el programa de control de calidad.

## 7.- CUOTAS DE PRODUCCION E INYECCION.

### POZOS PRODUCTORES.

Mediante un establecimiento de cuotas apropiadas de producción de aceite, se evitará la formación de gradientes de -- presión desfavorables entre pozos productores e inyectores; lo que contribuirá en buena medida a evitar surgencias prematuras del agua inyectada y como consecuencia, a mejorar - la eficiencia de desplazamiento. Por lo anterior, los pozos productores de observación, deberán explotarse bajo los gas tos siguientes:

POZO	gasto (MBPD)
43	5.0
21	10.0
5	15.0
* 20	20.0

### POZOS INYECTORES.

Tomando en cuenta el objetivo planteado de inyectar 30 000 BPD de agua de mar, se pretende que la cuota de inyección sea proporcional al orden siguiente:

POZO	Inyección
ABK-61	5 000 BPD
ABK-62	15 000 BPD
ABK-64	10 000 BPD

\* No se adecuó el gasto programado, en vista de que comenzó a producir agua, antes de iniciar la inyección.

8.0.- INFORMACION PREVIA Y DURANTE LA INYECCION.

Adecuación de los gastos de los pozos inyectoros y productos. Medidas de control antes y posteriormente al arranque del proyecto.

Con el fin de evaluar el comportamiento del yacimiento ABKA TUN, al implantar la inyección anticipada de agua, se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades.

8.1.- Antes de iniciar la inyección.

- a) Medir los fluidos producidos por los pozos ABK-43, 21, 20 y 5.
- b) Tomar registros de rayos gamma y de Molinete hidráulico en los pozos productores ABK-43, 21, 20 y 5.
- c) Tomar registros de rayos gamma y de temperatura en -- los pozos inyectoros ABK-61, 62 y 64.
- d) Tomar curva de incremento de presión y de fondo flu-- yendo en los pozos productores ABK-43, 21, 20 y 5 y - de fondo cerrado en los inyectoros ABK-61, 62 y 64.
- e) Efectuar prueba de interferencia entre los pozos productores ABK-43, 21, 20 y 5 y los inyectoros 61, 62 y 64.

8.2.- AL INICIAR LA INYECCION.

- 8.2.1.- Inyectar agua en los pozos ABK-61, 62 y 64 con ritmos de 5, 10 y 15 MBPD.

8.2.2.- Inyectar como trazadores Tritio H-3 en el ABK-62 e Iridio 192 en el ABK-61 y Iodo 195 en el ABK-64.

8.2.3.- Tomar registros de rayos gamma, temperatura y molinete hidráulico en los pozos ABK-61, 62 y 64.

8.2.4.- Adecuar la producción de aceite en base a los gastos siguientes:

	POZO	GASTO (MBPD)
	43	5
ABK -	21	10
	5	15
	20	20

	POZOS	INYECTORES
	61	5
ABK -	62	15
	64	10

8.2.5.- Tomar registros de temperatura y molinete hidráulico en los pozos ABK-43, 21, 20 y 5.

8.2.6.- Medir las presiones de fondo en los pozos ABK-61, 62 y 64.

### 8.3.- EN EL TRANCURSO DE LA INYECCION.

8.3.1.- Muestrear los fluidos producidos de acuerdo al programa que se establezca para la detección de los --

trazadores radioactivos.

8.3.2.- Medir diariamente los gastos y presiones superficiales de inyección en los pozos ABK-61, 62 y 64.

8.3.3.- Medir semanalmente la producción de fluidos de los pozos ABK-43, 21, 20 y 5.

8.3.4.- Medir las presiones de fondo fluyendo y cerrado de los pozos productores, ABK-43, 21 y 5 con una periodicidad de 15 días, rayos gamma cada 15 días.

8.3.5.- Medir la presión de fondo de los pozos ABK-61, 62 y 64 cada 15 días.

8.3.6.- Tomar registros de rayos gamma temperatura y moli<sup>n</sup>e te hidráulico de los pozos ABK-61, 62 y 64 después de 15 días de iniciada la inyección.

8.3.7.- Tomar registros de rayos gamma, temperatura, moli<sup>n</sup>e te hidráulico y gradiomanómetro, en los pozos productores ABK- 43, 21, 20 y 5 inmediatamente después que manifieste surgencia del agua inyectada.

8.3.8.- Con la información del punto 8.3.7 adecuar los gastos de producción e inyección y repetir la secuencia de operaciones del capítulo 8.3.

8.4.- COMENTARIOS DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

I.- ANTES DE INICIAR LA INYECCION.

## POZOS PRODUCTORES

### 8.4.1.- MEDICION DE LOS FLUIDOS PRODUCIDOS

Esta actividad tiene como objetivo conocer la aportación actual de los pozos considerados como observadores en el área de influencia de la inyección anticipada, antes de iniciar las operaciones de inyección. Estos datos permitirán definir la posibilidad de adecuar los gastos de producción en los valores previstos en el punto 9.2.1 y representarán una base de comparación al evaluar su comportamiento en el transcurso del proceso.

### 8.4.2.- TOMA DE REGISTROS RAYOS GAMMA, TEMPERATURA Y MOLINETE HIDRAULICO

Con los registros de rayos gamma se tendrá un conocimiento de la radioactividad natural de las formaciones productoras, por lo que cualquier cambio de la misma que se registre en etapas posteriores del proceso, será atribuible a la presencia del trazador en el agua de inyección en el momento de la surgencia de esta.

Los registros de temperatura y molinete hidráulico, permitirán conocer los perfiles de aportación de los intervalos abiertos y servirán de base para compararlos con los que se tomen al inicio y durante la inyección y de esta forma, detectar posibles cambios como consecuencia de la inyección de agua.

#### 8.4.3.- TOMA DE REGISTRO DE PRESION.

Con la información que aporten las curva de incremento de presión se determinará la presión estática del yacimiento, la permeabilidad de la formación productora y el factor de daño.

Estos resultados sirvieron de base para la evaluación de la eficiencia del proceso en lo que al mantenimiento de presión se refiere, así como para detectar un posible daño a la permeabilidad de la formación como consecuencia del depósito de sales insolubles que pueden tener lugar por posible incompatibilidad entre las aguas de inyección y formación.

#### 8.4.4.- TOMA DE REGISTROS DE PRESION DE FONDO FLUYENDO.

La información que se recabe con estos registros y el conocimiento de la presión estática permitirá evaluar las caídas de presión existentes entre la formación y el fondo de los pozos, de forma tal que puedan tomarse acciones, si fuese necesario, para reducir tales caídas.

#### POZOS INYECTORES.

#### 8.4.5 TERMINACION DE LOS POZOS

8.4.5.1. Para la obtención de la información programada para estos pozos, es condición obligada, terminarlos con sus aparejos de inyección definitivos, por lo que -

es necesario que esta operación se lleve a cabo a la mayor brevedad posible.

#### 8.4.6.- TOMA DE REGISTROS DE RAYOS GAMMA Y TEMPERATURA.

El objetivo de la toma de estos registros es contar con un nivel de referencia de radioactividad natural y del gradiente geotérmico de las formaciones, para poder determinar en las etapas subsecuentes -- del proyecto, el perfil de admisión de los pozos inyectores y recomendar las acciones convenientes para mejorar dichos perfiles, si así se justifica.

#### 8.4.7.- TOMA DE REGISTROS DE PRESION DE FONDO CERRADO.

Con estas mediciones podrá conocerse la presión estática del yacimiento en el área de los pozos inyectores, previo al inicio de la inyección del agua. - El comportamiento de este parámetro en el transcurso de la inyección, normará criterios acerca de la eficiencia del proceso; y de la operación misma de los pozos inyectores.

#### 8.4.8.- EJECUCION DE LA PRUEBAS DE INTERFERENCIA.

Con la realización de estas pruebas se pretende corelacionar los transientes de presión, con el movimiento de los fluidos, además de conocer la transmisibilidad de las formaciones y las posibles tendencias preferenciales de flujo.

## II. AL INICIAR LA INYECCION

### POZOS PRODUCTORES

#### 8.4.9 ADECUACION DE LOS GASTOS DE PRODUCCION DE ACEITE

Mediante un establecimiento de cuotas apropiadas de producción de aceite se evitará la formación de -ra-  
dientes de presión desfavorables entre pozos produc-  
tores e inyectores.

#### 8.4.10 TOMA DE REGISTROS DE TEMPERATURA Y MOLINETE HIDRAU LICO

Estos registros permitirán detectar algún cambio en  
los perfiles de aportación de los intervalos abiertos  
como consecuencia de la inyección de agua.

## POZOS INYECTORES.

### 8.4.11.-INICIO DE LA INYECCION DE AGUA.

Los ritmos iniciales de inyección de agua deberán -- ser de 5, 15 y 10 MBPD para los pozos ABKATUN 61, 62 y 64 respectivamente.

Se seleccionó un gasto inicial pequeño para el pozo 61 dada su cercanía al pozo productor 43 (situación que podría favorecer una surgencia prematura del -- agua); sin embargo, dependiendo de la respuesta de -- esta última y del resto de los productores, este gas-- to podría incrementarse en etapas más avanzadas de -- la inyección de agua. El gasto inicial de 15 y 10 -- MBPD a utilizarse en los pozos Abkatún 62 y 64, per-- mitirá obtener información anticipada del compor-- tamiento de los pozos productores e inyectores cuan-- do el sistema de inyección opere a plena capacidad, ya que será el gasto promedio por pozo inyector en -- tales condiciones.

### 8.4.12 INYECCION DE TRAZADORES RADIOACTIVOS.

De acuerdo a un programa que hizo el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo), se deberán inyectar como tra-- zadores radioactivos: Tritio en el Abkatún-62, Iri-- dio 192 en el Abkatún-61 y Iodo 125 en el Abk-64. El objetivo principal de los trazadores radioactivos es investigar si existen tendencias preferenciales al --

flujo en las formaciones productoras. Por otro lado, uso de los trazadores de características diferentes y detectables por medios separados, aumenta la posibilidad de conocer una posible influencia de dos pozos inyectoros sobre un solo productor.

#### 8.4.13. - TOMA DE REGISTROS GAMMA, TEMPERATURA Y MOLINETE HIDRAULICO.

Este conjunto de registros permitirá establecer, en esta etapa del proyecto, la distribución del agua - inyectada en los intervalos admisores. El perfil de inyección servirá de base para que, al comparar con los perfiles obtenidos en etapas posteriores, se evalúe el comportamiento de los pozos inyectoros.

#### 8.4.14. - TOMA DE REGISTROS DE FONDO INYECTADO.

El conocimiento de la presión de fondo inyectado y de la presión estática permitirá conocer la diferencia de presión al que ocurren los gastos. En etapas posteriores la presión de fondo inyectado podrá calcularse; sin embargo, es necesario medirla en esta fase para obtener datos de calibración.

En la fig. 12 se muestra, en un diagrama de flujo, de las actividades a desarrollar de manera sintetizada y más comprensiva.

## 9.- INICIO DE LA INYECCION

La inyección anticipada de agua en el campo Abkatún se inició el 31 de mayo de 1985, con los pozos Abk-61 y 62 de la plataforma I, el primero aceptó la inyección sin problemas, mientras que el segundo se represionó con 6 kg/cm<sup>2</sup> desalojando su volumen al mar. el 12 de junio de 1985, se estimuló y actualmente admite con la presión de descarga en los filtros. El pozo Abk-64 entró en actividad el 6 de junio de 1985.

El 10 y 13 de junio se inyectaron trazadores radioactivos a los pozos 61 y 62; Iridio-192 y Tritio respectivamente. Paralelamente, se inició un muestreo diario en los pozos productores vecinos para detectar así, posible surgencia del agua inyectada.

El 27 de noviembre se inyectó Iodo-125 al pozo Abk-64, reanudándose nuevamente el muestreo continuo.

El proceso de inyección se ha interrumpido en varias ocasiones por diferentes causas, tales como roturas en la línea de baja presión y fallas en la flecha, impulsores y bomba de captación.

En la tabla III y fig. 13 se presentan los aspectos mas relevantes con respecto al volumen inyectado, días en operación y toma de información hasta Dic-31/85.

## 10.- EVALUACION DE RESULTADOS

### 10.1.- POZOS INYECTORES

#### 10.1.1.- PERFILES DE PRESION

Todos los registros fueron efectuados con amurada, por estaciones, hasta el nivel medio de disparos.

Para un mejor control de las variaciones del parámetro anterior, se llevó de la última estación al contacto agua-aceite y posteriormente al plano de referencia (tabla IV); es decir:

$$Pw/o = Puc + (hw/o - ue) \nabla_w \quad (1)$$

$$PRN = Pw/o + (hNR - hw/o) \nabla_{Yac} \quad (2)$$

donde:

$Pw/o$  = Presión al contacto agua - aceite [  $kg/cm^2$  ]

$Puc$  = Presión en la última estación [  $kg/cm^2$  ]

$PRN$  = Presión al nivel de referencia [  $kg/cm^2$  ]

$hw/o$  = Profundidad del contacto agua-aceite  $\pm$  3750 MBNM

$hNR$  = Profundidad del nivel de referencia  $\pm$  3350 MBNM

$ue$  = Profundidad de la última estación MBVNM

$\nabla_w$  = Gradiente en la zona de agua  $\pm$  0.1000 [  $kg/cm^2/m$  ]

$\nabla_{Yac}$  = Gradiente del yacimiento = 0.0705 [  $kg/cm^2/m$  ]

Sustituyendo los valores anteriores en las expresiones 1 y 2

$$P_w/o = P_{ue} + (3750 - U_e) \quad 0.1000 \quad (3)$$

$$PNR = P_w/o + (3350 - 3750) \quad 0.0705 \quad (4)$$

$$PNR = P_w/o - 28.2 \quad (5)$$

Con las expresiones 3 y 5 se calculan los valores para cada uno de los planos de interés. En la tabla IV se muestran los resultados obtenidos para cada pozo.

La declinación promedio en los valores de presión para los tres pozos, es de 0.750 psi/día; similar a la calculada en la zona de aceite, graficando los valores de  $N_p$  Vs  $P$  (fig. No. 14), resultó de 0.756 psi/día y también bastante aproximado al de la curva de  $P$  Vs  $t$  (fig. No. 15).

De lo anterior se infiere que al presente, aún no se refleja el efecto de la inyección en el campo. Una justificación a lo anterior, es la desproporción en la relación del volumen inyectado al extraído, teniéndose que para un mantenimiento de presión, la ecuación general que represente el comportamiento es:

$$\frac{\Delta w_i}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_o B_o}{\Delta t} + \frac{\Delta C_o R_s B_g}{\Delta t} + \frac{\Delta W_p B_w}{\Delta t} \quad (6)$$

Como el yacimiento se encuentra en la etapa de bajo saturación, y la producción de agua puede considerarse desprecia-

ble, la expresión 6 puede reducirse a:

$$\frac{\Delta w_i}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_o B_o}{\Delta t} \quad (7)$$

Simplificando lo anterior se tiene:

$$\Delta w_i = \Delta Q_o B_o \quad (8)$$

Así que la relación inyección - vaciamiento será:

$$R = \frac{\Delta w_i}{\Delta Q_o B_o} \quad (9)$$

De acuerdo a los valores que adquiera R se tendrá que:

R = 1    Mantenimiento de presión

R < 1    Caída de Presión

R > 1    Incremento en la presión.

Para el yacimiento en estudio, se tiene una producción diaria promedio de 430 000 BPD y una inyección promedio de 27 000 BPD, así que:

$$R = \frac{27\,000}{430\,000 \times 1.55} ; R = 0.040$$

Considerando la producción promedio de los pozos productores vecinos (5, 20, 21, 43), la relación será:

$$R = \frac{27\,000}{(28\,516)(1.55)} ; R = 0.610$$

En ambos casos, se observa que el valor de la relación es menor que la unidad, justificándose así el abatimiento de presión en el yacimiento.

Cuando se implante el proyecto integral de inyección con 46 pozos y suponiendo una plataforma de producción de 450 000 BPD, la relación será:

$$R = \frac{750000}{(450000)(1.55)} ; R = 1.075$$

Para un mejor control en la evaluación de presión se tiene un programa de toma de información mensual.

#### 10.1.2 M U E S T R E O

Se han tomado muestras en los pozos productores 5, 20, 21, y 43 desde la inyección de los trazadores Iridio-192 (Abk-21) y Tritio (Abk-62); los pozos 11A y 12 se incorporaron posteriormente al muestreo.

En noviembre 27 se inyectó el trazador Iodo-125 al pozo Abk-64 reiniciándose el muestreo diario en los pozos vecinos. Hasta finales de Diciembre, no se ha determinado la presencia de los trazadores en el total de muestras analizadas. En las figuras 16 a 21 se observan las curvas de respuesta al material radioactivo en los fluidos producidos por los pozos Abk-5, 11A, 12, 20, 21 y 43.

10.2. POZOS INYECTORES.

10.2.1.- REGISTROS DE TEMPERATURA.

Todos los perfiles de este tipo en los tres pozos, se tomaron a través del intervalo disparado con medición continua, excepto el último que se registró por estaciones.

Para una mejor comprensión de los resultados, se hará una evaluación de tipo cualitativo para cada pozo.

10.2.2.- Abkatún 61 - Fig. No. 22.

Curva 1.- Esta información se tomó en Abril 19 de 1985 antes de efectuar la prueba de inyectabilidad programadas; la disminución en 7°C a través del tramo disparado, se debe a la prueba de admisión realizada 45 m<sup>3</sup> de agua en Abril 12 de 1985.

Curva 2.- Registro de Abril 21 de 1985, ocho horas después de haberse efectuado la prueba de inyectabilidad a diferentes ritmos, el volumen inyectado fue de 633 m<sup>3</sup> de agua de mar.

Curva 3.- Datos obtenidos en Julio 1o. de 1985, cinco días posteriores a la interrupción en la inyección por retorno en la línea de fibra de vidrio, la acumulativa de inyección a la anterior fecha resultó de 131 162 Bls. (20 652 m<sup>3</sup>).

Curva 4.- Perfil por estaciones de Agosto 22 de -- 1985, treinta y un día después de no estar funcio-- nando la planta por falla en la bomba de captación, el volumen acumulativo inyectado a la fecha mencio-- nada fue de 208 028 bls. (33 073 m<sup>3</sup>).

La evaluación cualitativa en los cuatro registros - indica que la admisión se efectúa únicamente en la parte superior del intervalo.

#### 10.2.3.- Abkatún 62.- Fig. No. 23.

Curva 1.- Registro de Febrero 11 de 1985.

Antes de disparar el intervalo 3867 - 3915 MVBMR, posiblemente hubo anomalías en la sonda ya que los valores obtenidos, comparados con el gradiente geo-- térmico normal y de los pozos vecinos, no coinciden.

Curva 2.- Información correspondiente a Febrero 14 de 1985, seis horas después de haberse realizado la prueba de inyectabilidad a ritmo variable; el volu-- men de agua de mar utilizado fue de 198 m<sup>3</sup>.

Curva 3.- Perfil de Julio 1o. de 1985, a cinco días de suspendida la inyección en el sistema, el volu-- men total inyectado a la fecha mencionada resultó - de 150 129 Bls. (23 868 m<sup>3</sup>).

Curva 4.- Registro por estaciones de Agosto 21 de 1985, a treinta días de no tener inyección en la - plataforma Abk-I, la acumulativa de inyección a la anterior fecha es de 313 473 Bls. (49 837 m<sup>3</sup>).

El análisis cualitativo de los cuatro perfiles, indica que la admisión se efectúa en todo el intervalo inyector siendo la parte inferior la de mejor respuesta. Cabe agregar que las curva 3 y 4 fueron obtenidas después de realizarse en Junio 12 de 1985 una estimulación con HCL.

Se nota discrepancia en profundidades de las marcas características, esto probablemente es ocasionado por el diferente equipo utilizado en la medición.

#### 10.2.4.- Abkatún 64.- Fig. 24

Curva 1.- Registro base de Junio 11 de 1985, posterior a los disparos en el intervalo 4075 - 4125 -- MDBMR, puede considerarse como el prototipo del -- gradiente normal de temperatura en el campo.

Curva 2.- Perfil de Junio de 1985, después de la prueba de admisión con 10 m<sup>3</sup> de agua.

Curva 3.- Información de Julio 13 de 1985, a seis

horas de haberse interrumpido la inyección en el pozo, el volumen acumulativo fue de 53 488 Bls. (6 -- 504 m<sup>3</sup>); la respuesta obtenida puede considerarse como representativa en condiciones de inyección ya que unicamente transcurrieron seis horas, de espaciamiento en tiempo, entre la suspensión y la toma del registro.

Curva 4.- Registro por estaciones de Agosto 22 de 1985, a 31 días de suspendida la inyección, la acumulativa inyectada la fecha mencionada fue de 130 - 832 Bls. (20 800 m<sup>3</sup>).

En todos los perfiles obtenidos se observa que la admisión es uniforme a través del intervalo disparado.

### 10.3.0.- POZOS PRODUCTORES.

#### 10.3.1.- Aforos:

En la tabla V se presentan las mediciones efectuadas durante 1985, a los pozos contemplados inicialmente en el programa de obtención de información; - en la misma, se anotan las cuotas de producción para cada uno de ellos.

El pozo 43 a la fecha, es el único que produce su -

cuota establecida previamente, el pozo 5 a partir - de octubre 18 produce por dos ramas de 3 1/4" a un gasto de 18 763 BPD; el pozo Abk-12, 20 y 21 por razones de alto porcentaje de agua y problemas de presión, respectivamente, no han cumplido con su gasto programado.

A la fecha no se ha detectado incremento en la producción o en la presión de los pozos antes mencionados.

### 10.3.2.- Registro de Producción PLT.

Se efectuaron a los pozos 5, 21 y 43; los resultados más importantes son:

POZO	FECHA	Pe (Kg/cm <sup>2</sup> )+	Qo (BPD)*	Ø (PULG.)	P (kg/cm <sup>2</sup> )
ABK-5	30-05-85	298.2	28 020	2 1/2"	39.2
ABK-21	10-05-85	300.0	6 743	2 3/4	137.5
ABK-43	10-05-85	287.6	12 251	3/4	1.3

+ Presión referida a la profundidad del sensor H.P.

\* Gasto a condiciones de fondo.

En el pozo 5 se observó similitud en los valores del gasto a condiciones de fondo, obtenidos por el molinete hidráulico y el aforo correspondiente.

Los valores determinados de gasto, presión de fondo estática y fluyendo, caño y capacidad de producción, servirán de base para tener un punto de comparación con la información que se obtenga durante la Inyección anticipada de agua.

## 11.- CONCLUSIONES

- 1.- Se determinó una declinación de presión promedio en -- los pozos inyectores de 0.509 psi/día, que es bastante similar a la del Campo, 0.09 kg/cm<sup>2</sup>/MMbbls (0.426 Psi/día), lo cual confirma la transmisibilidad del sistema acuífero-aceite, previamente detectada en las pruebas de interferencia de mayo 3/85 con los pozos 43, 61 y - 62.
- 2.- La relación inyección - vaciamiento para el segundo se mestre de 1985 resultó de 0.028, bastante inferior al ideal que es de 1.
- 3.- Los resultados obtenidos con las herramientas de tempe ratura y trazadores radioactivos, para definir perfii- les de admisión, concuerdan notablemente.
- 4.- De la gráfica de presión versus producción acumulativa, fig. 14, se observa que a partir de un valor de Np -- igual a 460 MMbbls, nov/84, se determinó una declina-- ción de presión de 0.09 kg/cm<sup>2</sup>/MMbbls (0.426 Psi/día), que es bastante menor que la detectada en los primeros años de explotación, 0.16 Kg/cm<sup>2</sup>/MMbbls (0.756 Psi/día).
- 5.- Los pozos inyectores 61, 62 y 64 admiten en promedio, - exclusivamente por drene gravitacional, un ritmo de 13 MBPD.

## 12. NOMENCLATURA

$B_o$	Factor de volumen de aceite $m^3/m^3$
$B_g$	Factor de volumen de gas $m^3/m^3$
$C_o$	Compresibilidad del aceite ( $cm^2/kg$ )
hNR	Profundidad al nivel de referencia MBNM
hw/o	Profundidad al contacto agua-aceite MBNM
K	Permeabilidad (Darcy)
$P_b$	Presión de saturación ( $kg/cm^2$ )
PNR	Presión al nivel de referencia ( $kg/cm^2$ )
$P_{we}$	Presión en la última estación ( $kg/cm^2$ )
$P_{w/o}$	Presión al contacto agua-aceite ( $kg/cm^2$ )
$R_s$	Relación de solubilidad $m^3_g/m^3_o$
T	Temperatura ( $^{\circ}C$ )
ue	Profundidad en la última estación (MVBNM)
$S_w$	Saturación de agua (%)
$\phi$	Porosidad (%)
$M_o$	Viscosidad del aceite (Cp)
$V_w$	Gradiente en la zona de agua ( $kg/cm^2/m$ )
$V_{yac}$	Gradiente del yacimiento ( $kg/cm^2/m$ )
$\frac{\Delta w_i}{\Delta t}$	Volumen de agua de inyección
$\frac{\Delta Q_o B_o}{\Delta t}$	Volumen de aceite producido
$\frac{\Delta Q_o R_s B_g}{\Delta t}$	Volumen de gas disuelto en el aceite producido
$\frac{\Delta W_p B_w}{\Delta t}$	Volumen de agua producida

### 13.- BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Artículos: "INYECCION DE AGUA" por Miguel del Angel. -  
Publicado en la revista "Nosotros los Petroleros" No.  
53 del mes Septiembre de 1984.
  
- 2, 3, 7, 8 y 9.- Estudio realizado por el M. en I. Armando  
René Godina Rojas, Jefe de División de Recuperación Se-  
cundaria y Mejorada de la Suptcia. de Ingría. de Yaci-  
mientos de la Zona Marina Cd. del Carmen, Camp.
  
- 4, 5.- Reporte realizado por el grupo de Ingría. del I.M.P.  
durante el período 18 nov. al 14 de Dic. 1984, según -  
el contrato de PEMEX No. P-021-16-01 y el contrato --  
I.M.P. No. M-1266, del programa de mantenimiento de --  
presión del campo Abkatún, Sonda de Campeche.  
Proyecto: Planta de Inyección de agua de 30 MBPD ABK-I.  
Se trabajó también en forma mancomunada con la Div. de  
Rec. Sec. de la Suptcia. de Sist. de Ingría. de Produc.,  
Z.M., que dirige el Ing. Jorge González Velázquez.
  
- 6.- "Tratamiento del Agua de Inyección" proyecto D-3110 pu-  
blicación No. 1 IMP 1982. Div. de Producción, por Juan  
Galván R., Alberto Lory M., Jesús E. Nolasco M. y la -  
Quim. Yolanda Nava F.
  
- 10 y 11.- Estudio realizado por el Ing. Enrique Gómez H. y  
el M. en I. Armando René Godina Rojas de la División -  
de Recuperación Secundaria y Mejorada, SIYZM.

T A B L A I

Especificaciones de los productos para tratar agua de mar.

Especificaciones generales del agua de inyección.

Variable	Valor	
	Promedio	Máximo
Filtro de membrana 0.45 (pend.)	0.3	0.49
P.H.	6.5	7.0
Sólidos suspendidos (mg/litro) (filtro de membrana 0.45)	1.0	2.4
Oxígeno disuelto (mg/litro)	0	0
Indice de estabilidad "STIFF - DAVIS"		(*)
Bacterias sulfato-reductoras - colonias/cc.	0	10
Bacterias totales colonias/cc	100	1000

Nota: Según especificaciones de las Gerencias de Desarrollo  
de Yacimientos y Producción.

\* Positivo, tendencia del agua incrustante.

Negativo, tendencia del agua corrosiva.

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA

TI

T A B L A    I I

PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

A.- Temperatura

PH

Turbiedad

Demanda de cloro

Cloro residual

Sólidos suspendidos

Cuenta total bacteriana

Bacterias sulfato reductoras

Conteo de partículas

Velocidad de filtración

Velocidad de corrosión

- Catódica

- Anódica

Dureza - de calcio

- de magnesio

Oxígeno disuelto

Fe - soluble

B.- Turbiedad

Cloro residual

Sólidos suspendidos

Velocidad de Filtración

Cuenta total bacteriana

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ BOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA

T II

TABLA II (Continuacion)

Bacterias sulfato reductoras

Indice de taponamiento

C.- PH

Turbiedad

Oxígeno disuelto

Cuenta total de bacterias

Bacterias sulfato reductoras

Sólidos suspendidos

Velocidad de filtración

Velocidad de corrosión

- Probetas de resistencia

- Polarización lineal

- Hierro soluble

De-posición de escamas

- Inspección visual

D.- Velocidad de corrosión.

- Probetas de resistencia.

- Através de probetas corrosimétricas.

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUÑEZ SOLÍS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA

T II

Dic / 31 / 85

POZO	ACUM. INYECC. ( BLS. )	DIAS OPE.	QI ( B P D )	INICIO OPERACIONES	TRAZADOR
ABK 61	473,083	130	3839	31 / V / 1985	IRIDIO 192
ABK 62	1070,693	123	8705	31 / V / 1985	TRITIO
ABK 64	832,185	105	7926	6 / VII / 1985	IODO 125
TOTAL	2375,185				

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL INICIO DE LA INYECCION : 215 DIAS

TIEMPO EFECTIVO DE INYECCION : 130 DIAS

EFICIENCIA :  $130 / 215 = 60.4 \%$

CAUSAS DE LA SUSPENSION : ROTURA DE LINEA, FALLA EN LA BOMBA

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 ESTADO ACTUAL POZOS INYECTORES A 1985

T-III

POZOS INYECTORES , ANTES Y DESPUES DE INICIADA LA INYECCION

POZO ABKATUN 61				POZO ABKATUN 62				POZO ABKATUN 64			
FECHA	PRESION Pnmd	Kg /cm. Pw/o	TEMPERATURA OBS.	FECHA	PRESION Pnmd	Kg /cm. Pw/o	TEMPERATURA OBS.	FECHA	PRESION Pnmd	Kg /cm. Pw/o	TEMPERATURA OBS.
ABR. 19 /85	000.0	000.0	Pba. admon.	FEB. 11 /85			Fallo son.	JUN. 11/85			Al disp.
ABR. 21 /85			Pba Inyect	FEB. 13,14/85	333.7	322.5	Pba. Inyect.	JUN. 12/85	336.4	317.7	Pba. Admon.
JUN. 12 /85	319.8	315.2	131.162 <sup>(1)</sup>	JUL. 12 /85	326.3	315.1	150.129 <sup>(1)</sup>	JUL. 13/85	334.7	316.0	53,488 <sup>(1)</sup>
JUL. 25 /85	320.8	316.2		JUL. 25 /85	325.7	314.5		AGO. 22/85	332.6	313.9	130,832 <sup>(1)</sup>
AGO. 20 /85	319.3	314.7		AGO. 21 /85	324.7	313.5	313,473 <sup>(1)</sup>	OCT. 2/85	319.5*	300.8	190,559 <sup>(1)</sup>
AGO. 22 /85			200,028 <sup>(1)</sup>	OCT. 2 /85	323.2	312.0	301,703 <sup>(1)</sup>				
OCT. 4 /85	317.8	313.2	239,073 <sup>(1)</sup>	NOV. 17 /85	324.5	313.3	325,500 <sup>(1)</sup>				
NOV. 14 /85	316.9	312.3	329,339 <sup>(1)</sup>								

Pnmd = Presion al nivel medio de disparo

Pw/o = Presion al contacto agua / aceite.

\* = Datos de presión anómala

(1) = Volumen Inyectado Acumulado (litros)

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
PRESION Y TEMPERATURA

T-IV

AFOROS EFECTUADOS ANTE Y DESPUES DE INICIADA LA INYECCION

AÑO 1985

POZO ABKATUN 5				POZO ABKATUN 20				POZO ABKATUN 21				POZO ABKATUN 43			
FECHA	Qo (BPD)	Ø (pulg)	P (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA	Qo (BPD)	Ø (pulg)	P (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA	Qo (BPD)	Ø (pulg)	P (Kg/cm <sup>2</sup> )	FECHA	Qo (BPD)	Ø (pulg)	P (Kg/cm <sup>2</sup> )
FEB 02	7896	1	60	MAR. 18	17054	2 3/4	42	MAR. 30	4979	2 3/4	29.0	FEB. 3	9E26	1	64
FEB 02	14904	3 1/4	30	JUN. 28	11785	2	52	MAY. 18	12906	2 3/4	28.5	MAR. 28	20261	3 1/4	57
FEB 3	21434	2 (3 1/4)	28.5	AGO 3	12967	2	54	MAY 25	10708	2 3/4	31	MAR. 28	15965	2	47
ABR 19	14220	2	36	AGO. 26	6689	1	62	JUN. 14	9568	2 3/4	27	MAR. 28	8485	1	68
MAY. 12	16800	3 1/4	22	NOV 28	2044	1/4	60	AGO. 9	5160	2 3/4	19.5	JUN. 13	8325	1	65
JUN. 12	18755	3 1/4	30					MAR. 30	4979	2	25	AGO. 8	5264	1/2	67
AGO. 11	14692	2 1/2	31					NOV. 26	11498	2 3/4	23	NOV. 26	5960	1/2	65
NOV. 25	15264	2 1/2	27												

CUOTAS DE PRODUCCION

POZO 5 15,000 BPD

POZO 21 10,000 BPD

POZO 43 5,000 BPD

POZO 20 20,000 BPD

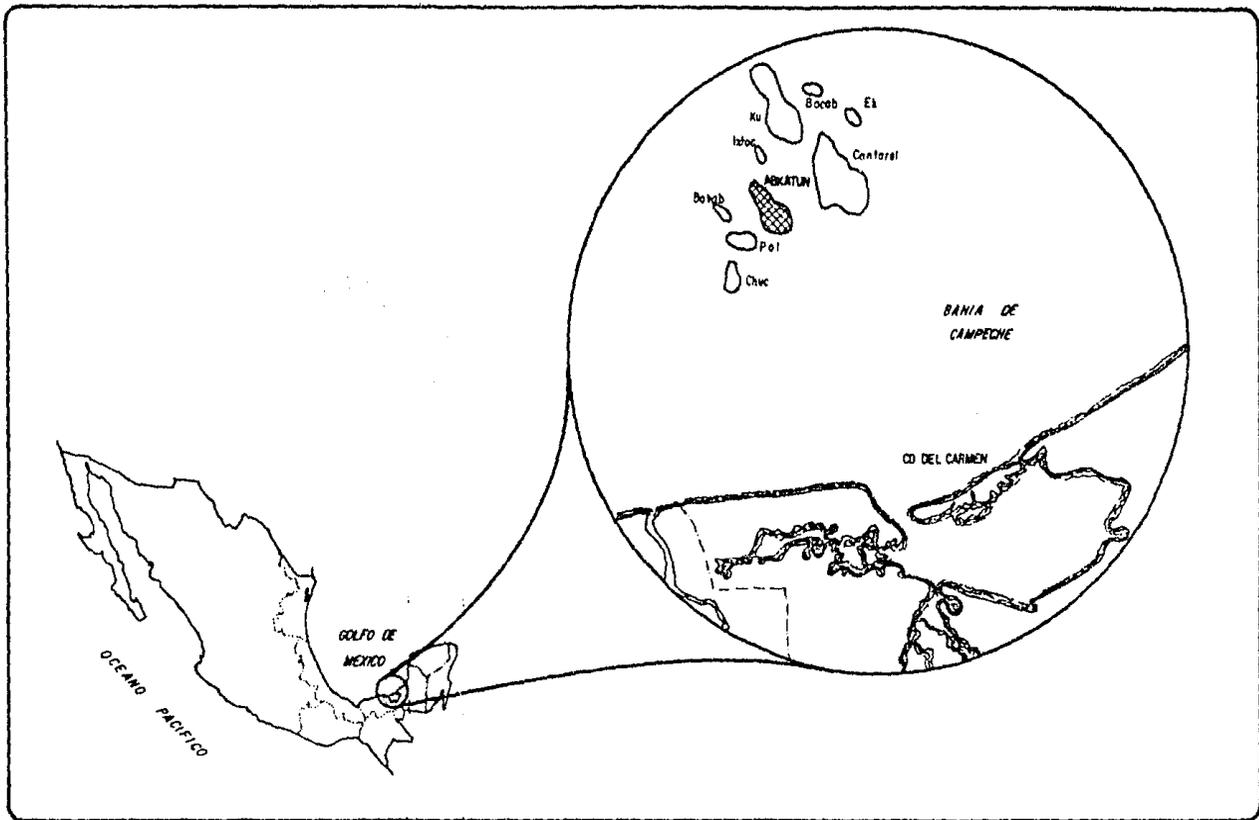
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
CUOTAS DE PRODUCCION

T-V



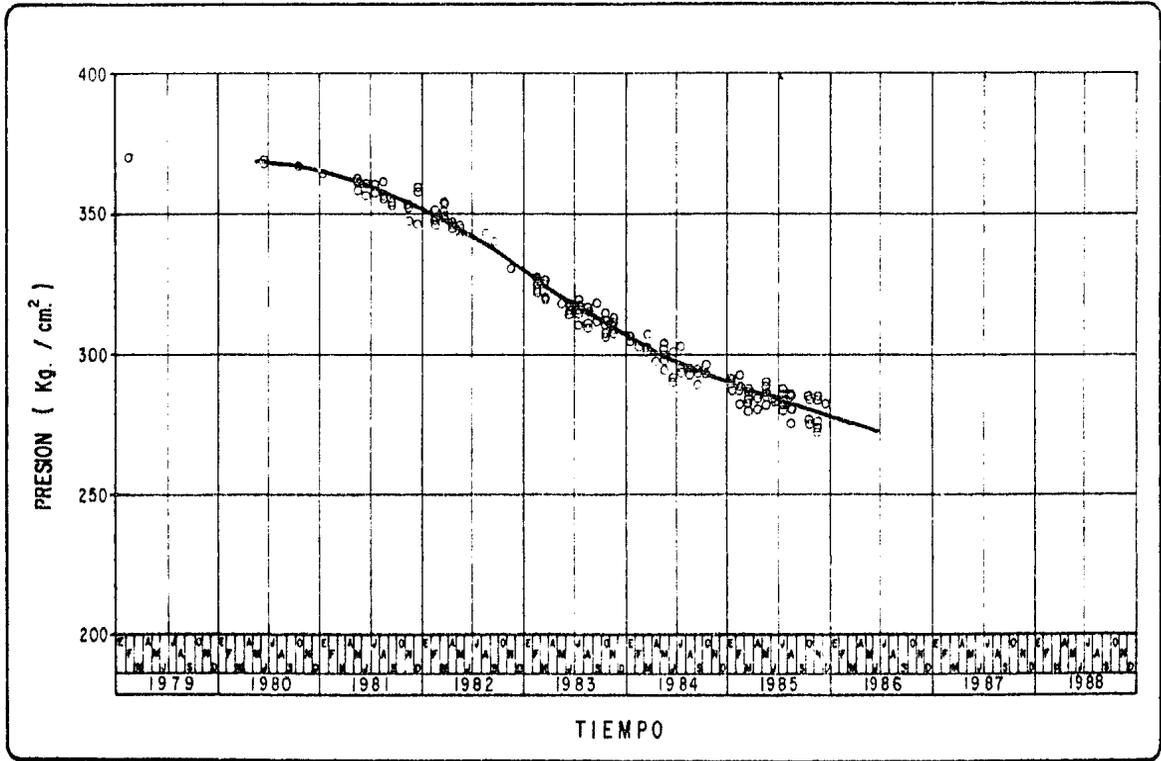
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 LOCALIZACION

1



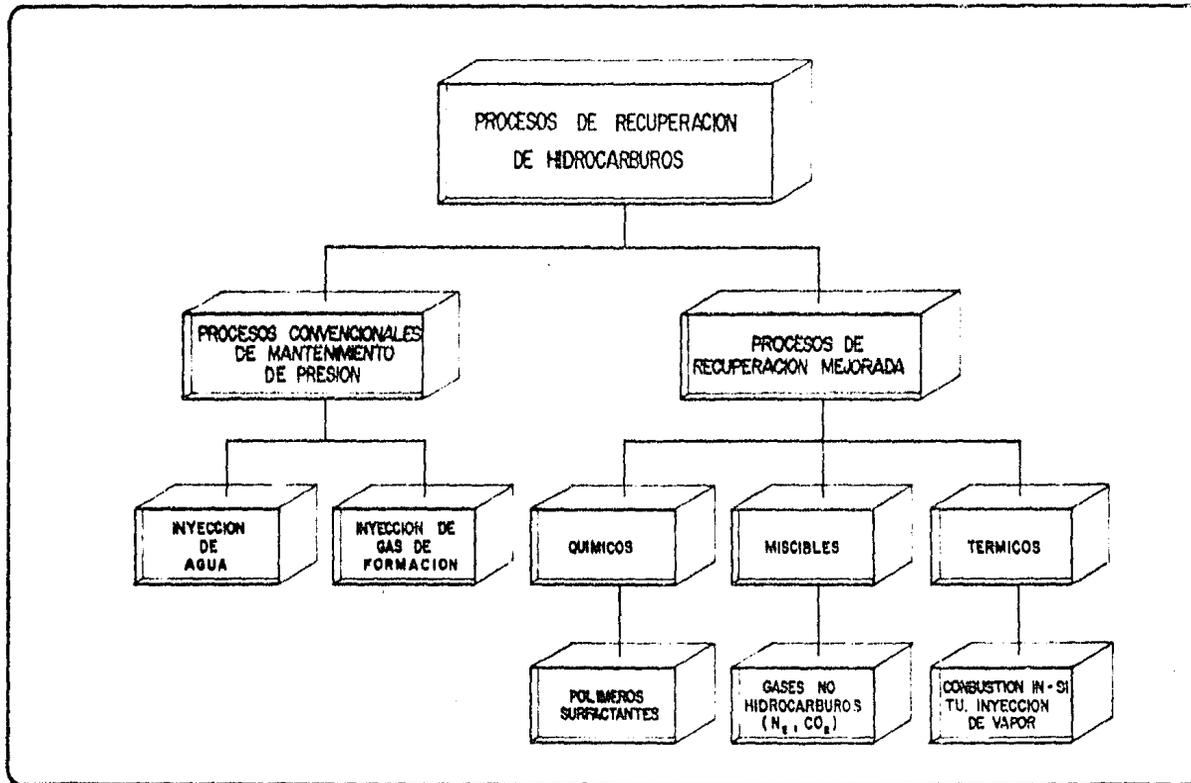
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 HISTORIAS DE PRESIONES

2



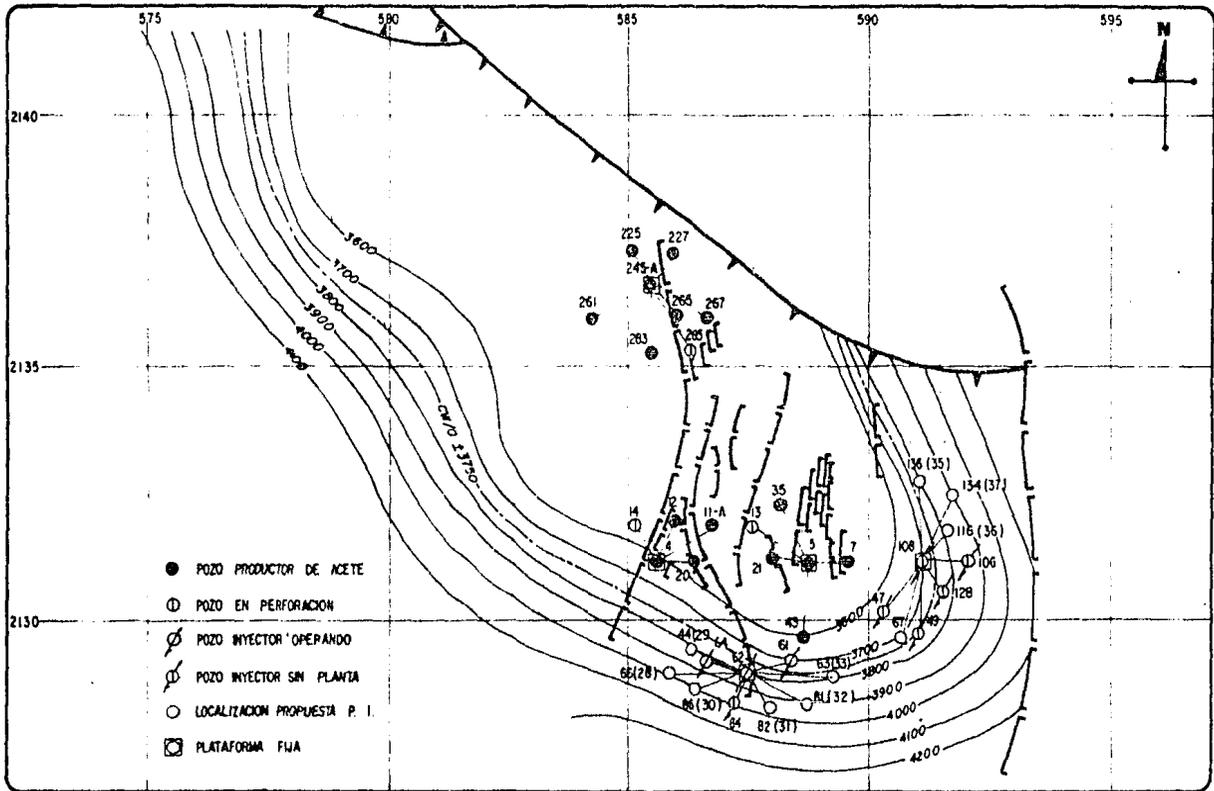


UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 PROCESOS DE RECUPERACION MEJORADA

3

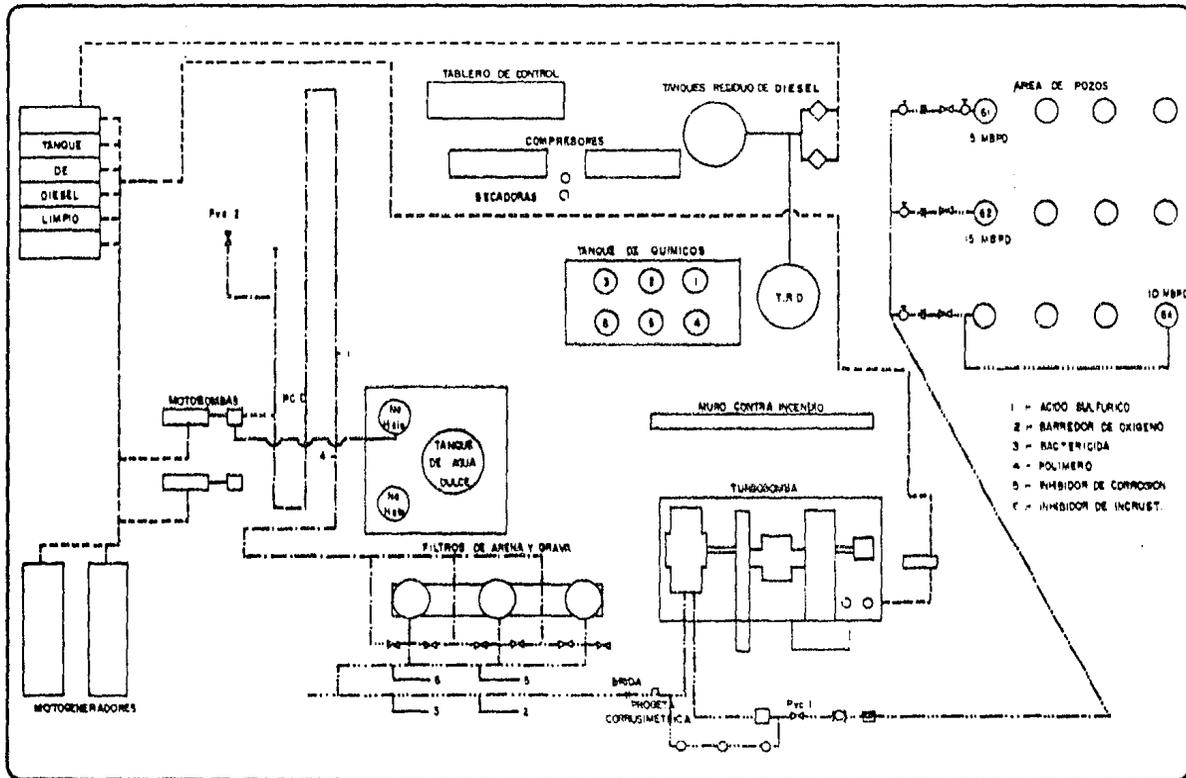


UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 LOCALIZACION DE POZOS INYECTORES

4



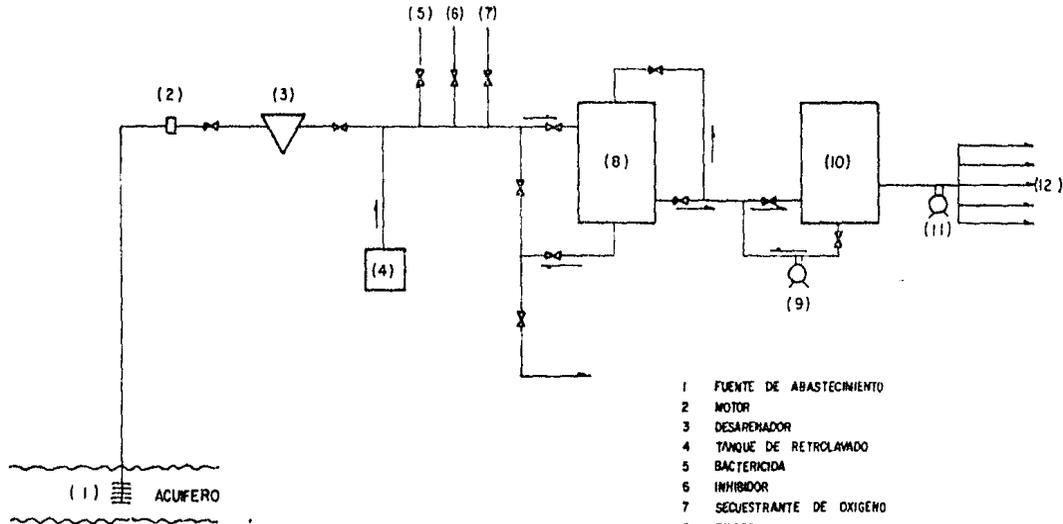
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 PLANTA DE INYECCION ABK.- I

5

SISTEMA CERRADO DE TRATAMIENTO DE AGUA



- 1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO
- 2 MOTOR
- 3 DESAREMADOR
- 4 TANQUE DE RETROLAVADO
- 5 BACTERICIDA
- 6 INHIBIDOR
- 7 SECUESTRANTE DE OXIGENO
- 8 FILTRO
- 9 BOMBA DE RETROLAVADO
- 10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 11 BOMBA DE ALTA PRESION
- 12 RED DE DISTRIBUCION A LOS POZOS DE INYECCION

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

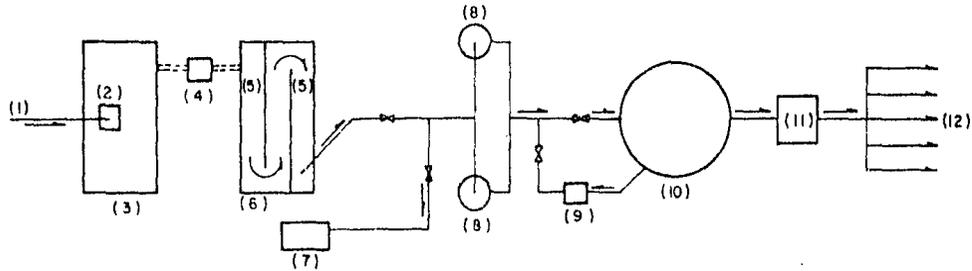
MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

6

SISTEMA ABIERTO DE TRATAMIENTO DE AGUA

VISTA DE PLANTA



- 1 AGUA PRODUCIDA
- 2 AERADOR
- 3 AERACION Y ESTANQUE ABASTECEDOR
- 4 ALIMENTADOR DE ADITIVOS QUIMICOS
- 5 MANIFORNOS
- 6 ESTANQUE DE SEDIMENTACION
- 7 ESTANQUE DE RETROLAVADO
- 8 FILTROS
- 9 BOMBA DE RETROLAVADO
- 10 TANQUE DE AGUA TRATADA
- 11 BOMBA DE INYECCION
- 12 RED DE DISTRIBUCION A LOS PÓZOS DE INYECCION

UNAM

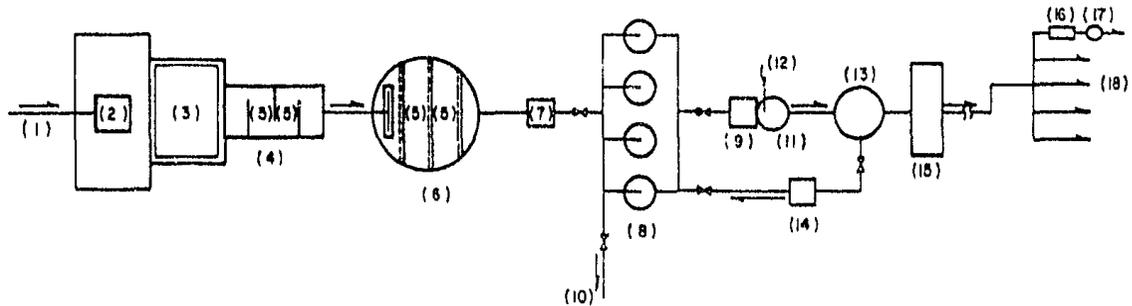
FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

7

SISTEMA SEMICERRADO DE TRATAMIENTO DE AGUA



- 1 DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO
- 2 AERADOR
- 3 ALIMENTADOR DE ADITIVOS QUIMICOS
- 4 TANQUE MESCLADOR DE ADITIVOS QUIMICOS
- 5 NAMPARAS
- 6 TANQUE DE SEDIMENTACION
- 7 BOMBA
- 8 FILTROS
- 9 BOMBA

- 10 A DESAGUE
- 11 TORRE DE DEAERACION A VACIO
- 12 INYECCION DE VAPOR
- 13 TANQUE DE AGUA TRATADA
- 14 BOMBA DE RETROLAVADO
- 15 BOMBA DE INYECCION
- 16 FILTROS
- 17 ESTRANGULADOR
- 18 RED DE DISTRIBUCION A LOS POZOS DE INYECCION

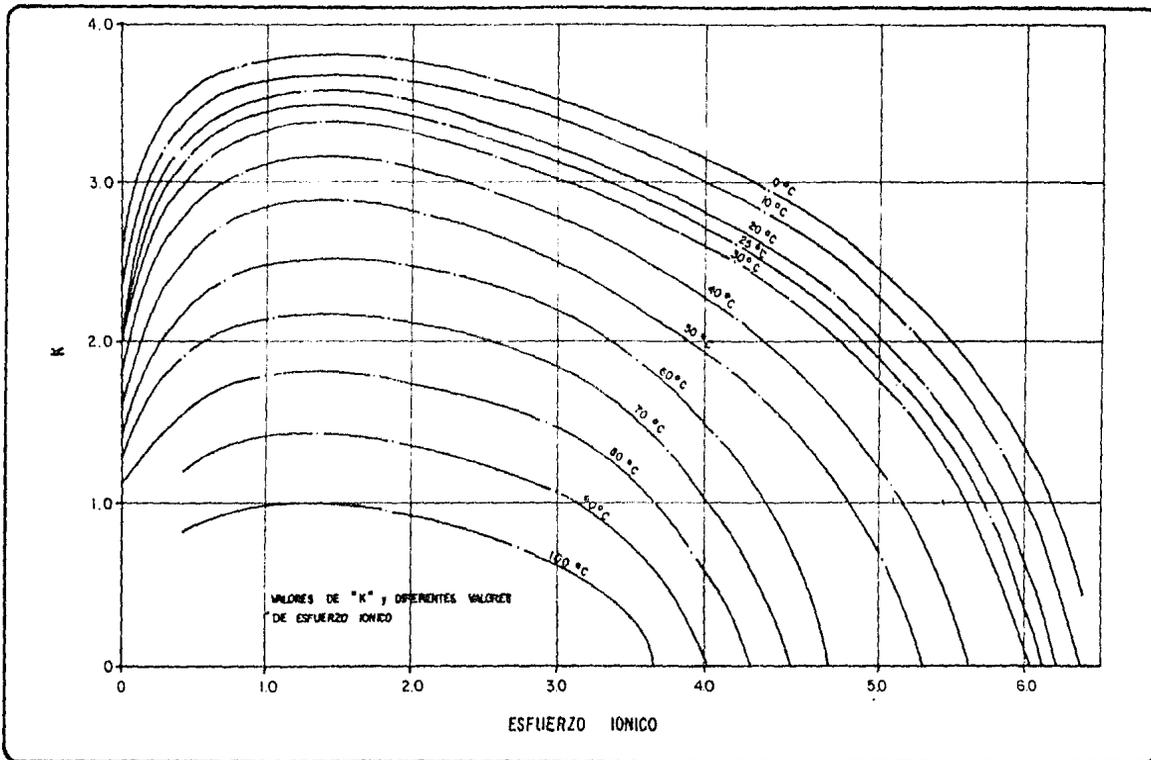
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

8



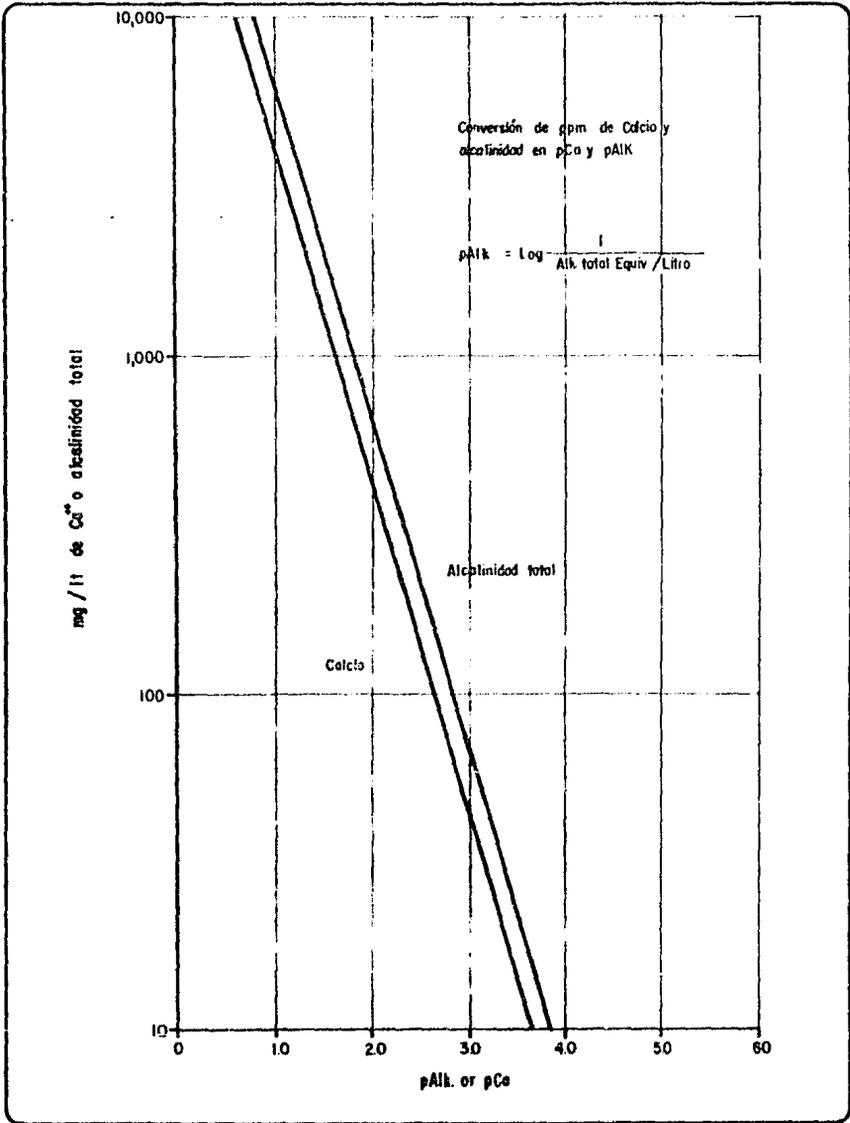
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 ESTIMACION DEL VALOR K

9



CALCULO DE LA SOLUBILIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO (METODO DE STIFF Y DAVIS)

EQUACION:  $SI = pH - (K + pCa + pAIK)$

1- Calculo del esfuerzo ionico del Agua.

Ion	Concentracion mg/litro		Facto de Conversion	=	Esfuerzo Ionico	
Na <sup>+</sup>	11923.4	x	(22 x 10 <sup>-5</sup> )	=	26231.5	x 10 <sup>-5</sup>
Ca <sup>++</sup>	410.4	x	(5.0 x 10 <sup>-5</sup> )	=	2052.0	x 10 <sup>-5</sup>
Mg <sup>++</sup>	1399.2	x	(8.2 x 10 <sup>-5</sup> )	=	11473.4	x 10 <sup>-5</sup>
Cl <sup>-</sup>	29748.7	x	(1.4 x 10 <sup>-5</sup> )	=	29048.2	x 10 <sup>-5</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126.0	x	(0.82 x 10 <sup>-5</sup> )	=	103.3	x 10 <sup>-5</sup>
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12.4	x	(2.1 x 10 <sup>-5</sup> )	=	26.0	x 10 <sup>-5</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3200.0	x	(2.1 x 10 <sup>-5</sup> )	=	6720.0	x 10 <sup>-5</sup>
Esfuerzo Ionico Total				(μ)	=	75654.4 x 10 <sup>-5</sup>
				(μ)	=	0.756

2- Determinacion de K a partir del Apendice 2  
Temp. 68°F = 20°C ; K = 3.5

3- Determinacion de pCa a partir del Apendice 3  
Ca = 410.4 mg/litro ; pCa = 2.01

4- Determinacion de la Alcalinidad Total  
HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 126.0 mg/l  
CO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 12.4 mg/l  
Suma = 138.4 mg/l = Alcalinidad Total  
Del Apendice 3, pAIK = 2.7

5- Sumar K + pCa + pAIK = 3.5 + 2.01 + 2.7 = 8.2

6- pH = 8.11

7- SI = pH - (K + pCa + pAIK) = 8.11 - 8.2 = 0.09  
si SI es negativo, la tendencia del Agua es corrosiva.  
si SI es positivo, la tendencia del Agua es Incrustante.

NOTA: PH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y CO<sub>3</sub><sup>-</sup> Deberan se determinados con Muestras Recientes

SI = Indice de Estabilidad

pH = Potencial Hidrogeno

K = Factor que depende de la Concentracion del Ion Calcio

pAIK = Factor que depende de la Alcalinidad Total

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

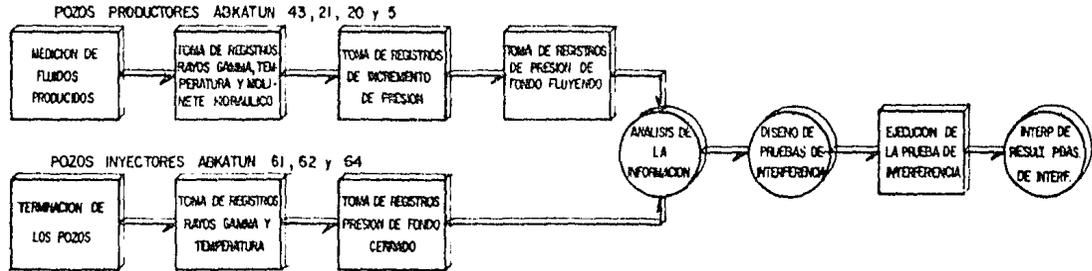
MERCEDES ANTUNEZ BOLS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
CALCULO DEL ESFUERZO IONICO

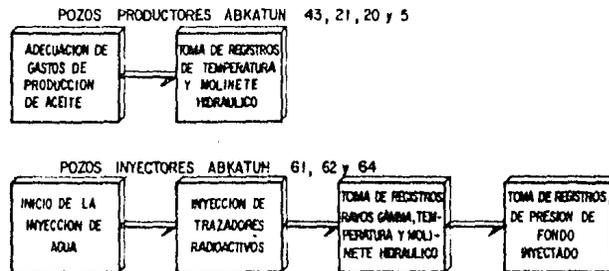
II

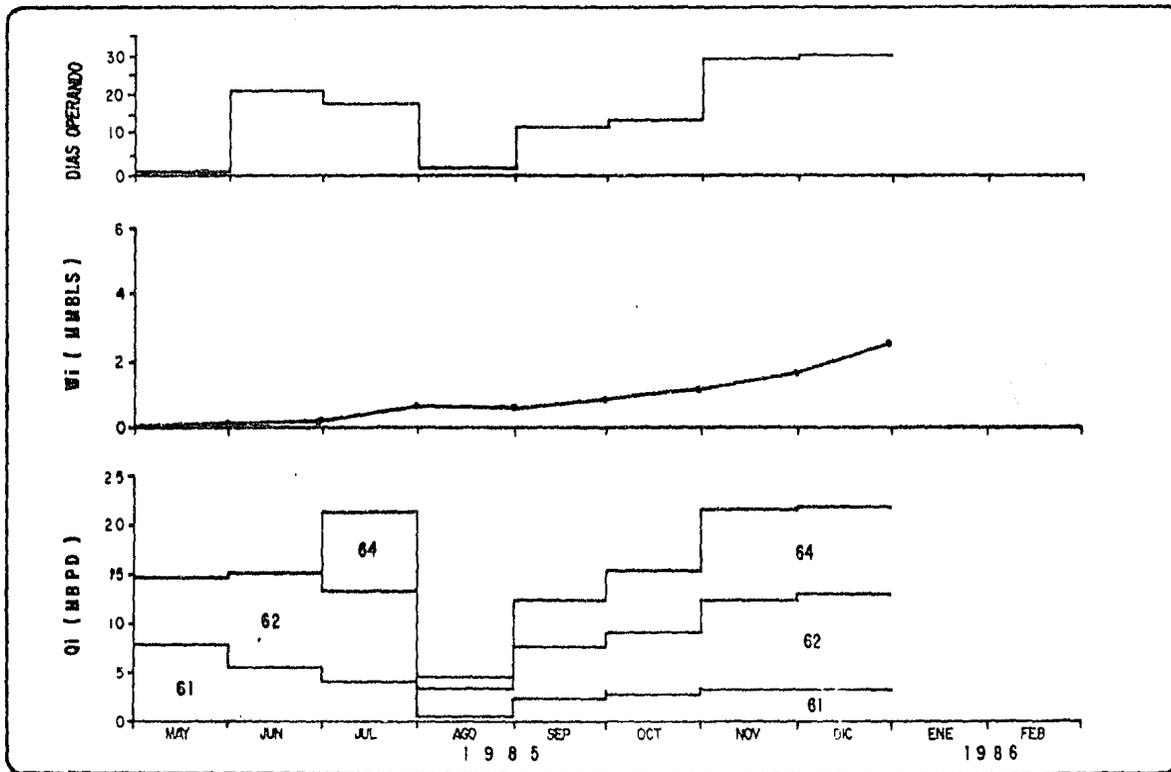
## CONTROL DE LA INYECCION ANTICIPADA DE AGUA.

### I - ANTES DE INICIAR LA INYECCION



### II - AL INICIAR LA INYECCION





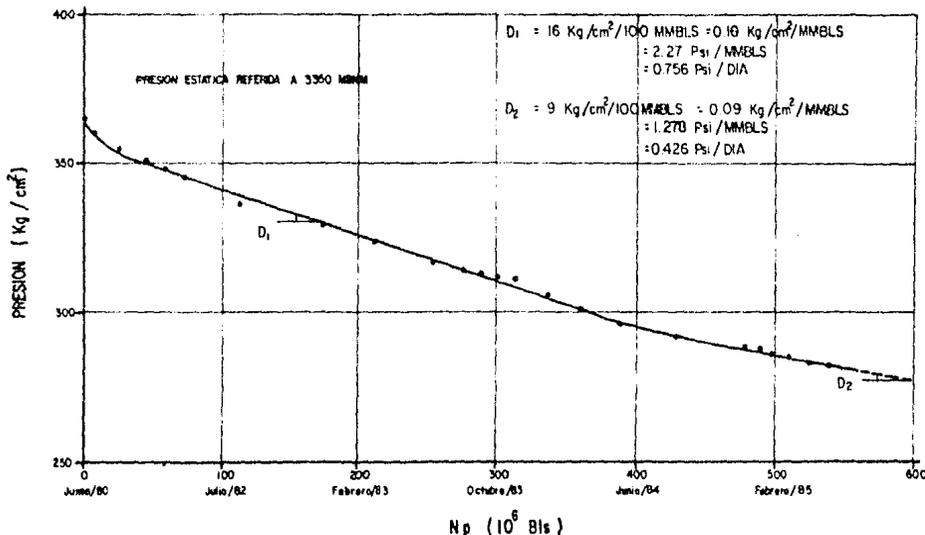
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 RITMO DE INYECCION

13



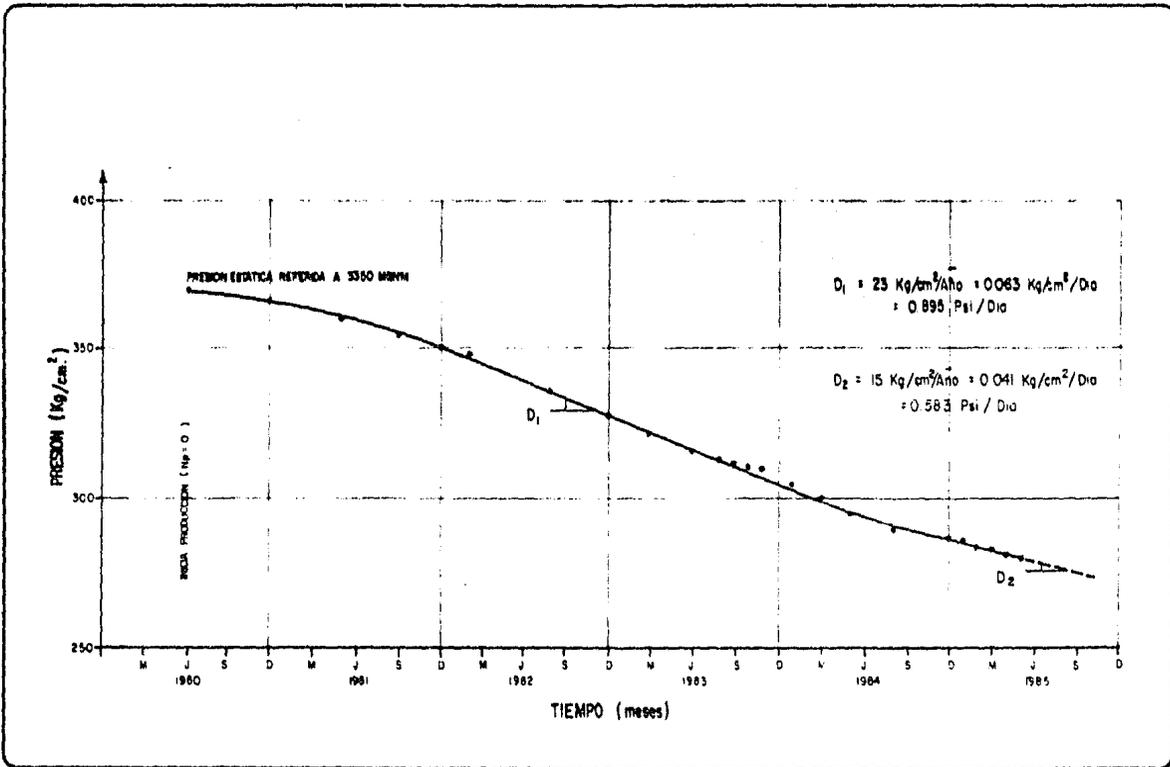
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 DECLINACION DE LA PRESION

14

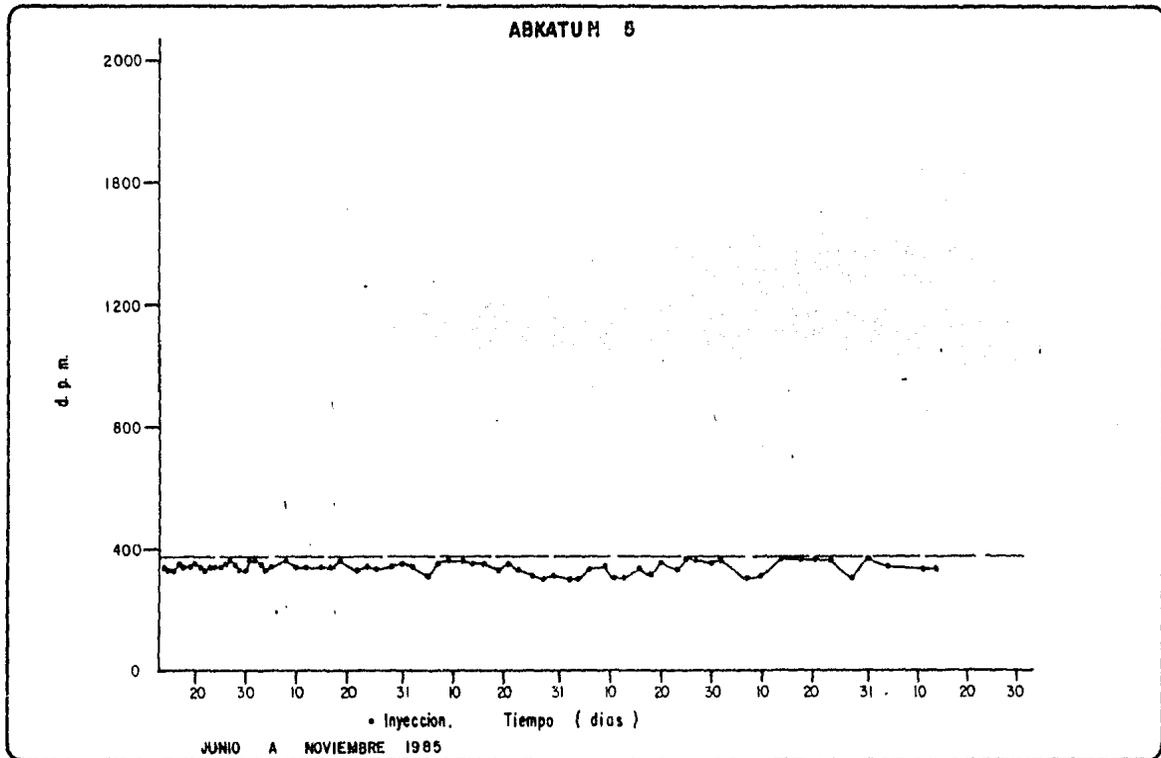


UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 DECLINACION DE LA PRESION

15



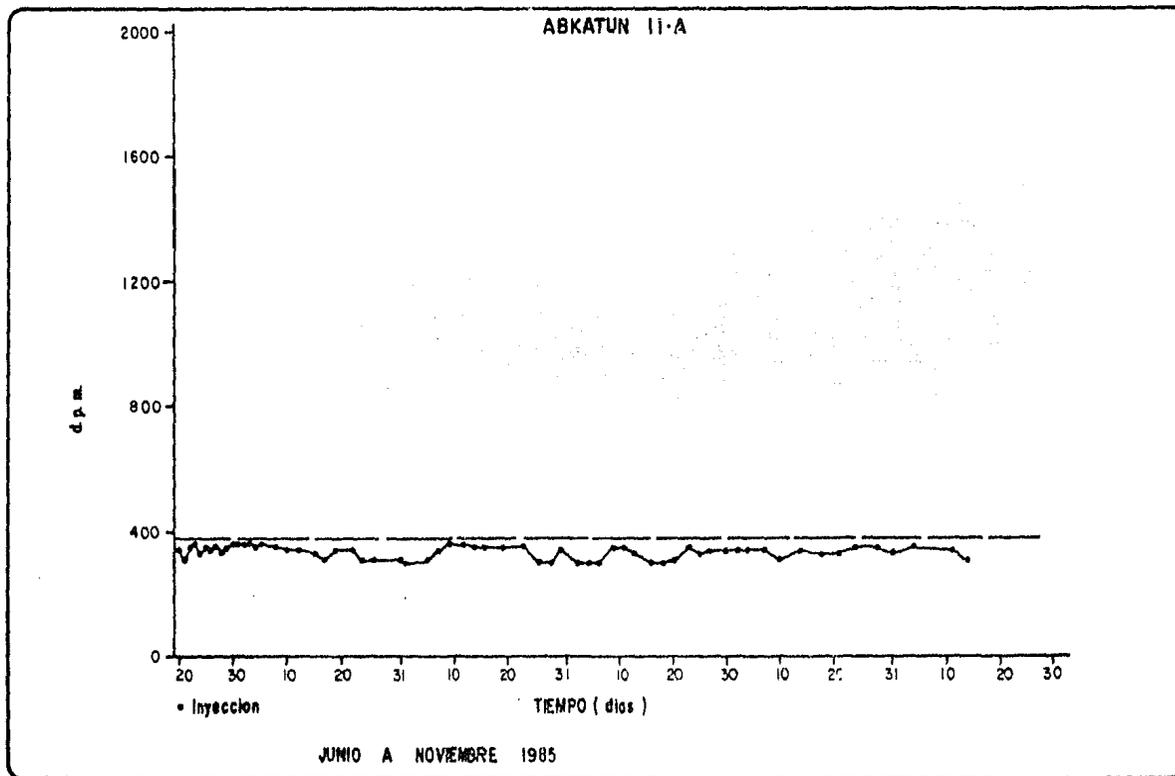
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR

16

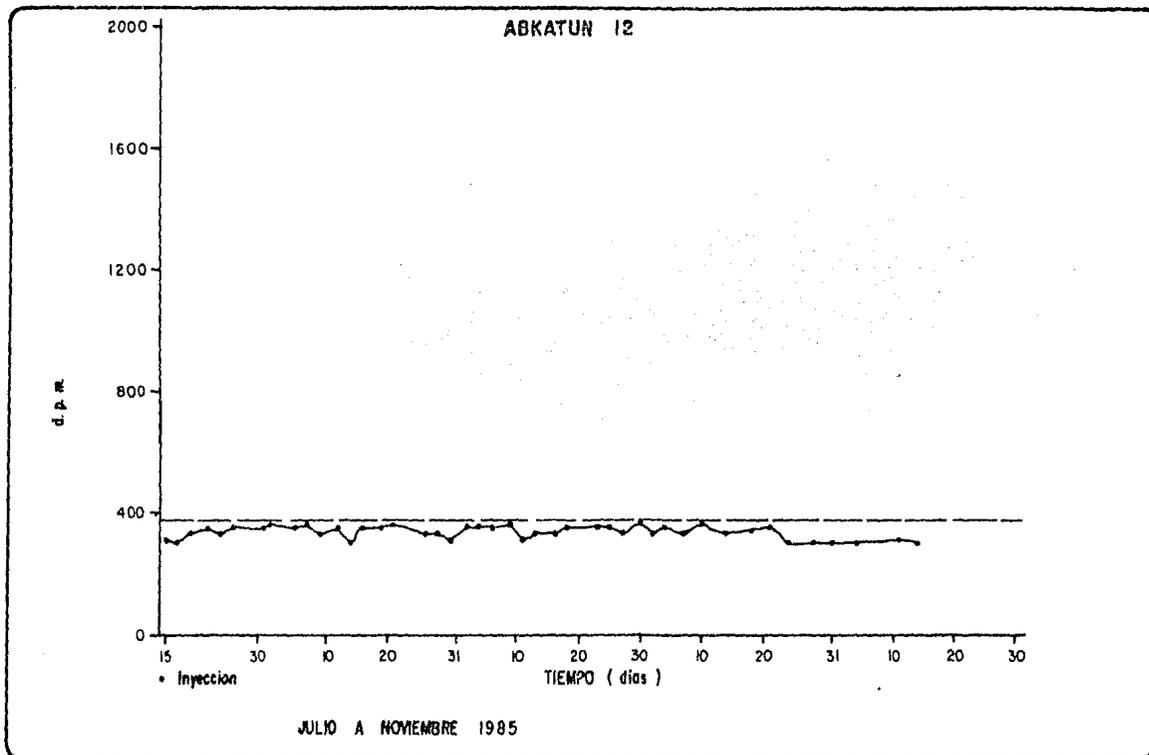


**UNAM**

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**MERCEDES ANTUNEZ SOLIS**

**CAMPO ABKATUN**  
**INYECCION ANTICIPADA DE AGUA**  
**CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR**

**17**

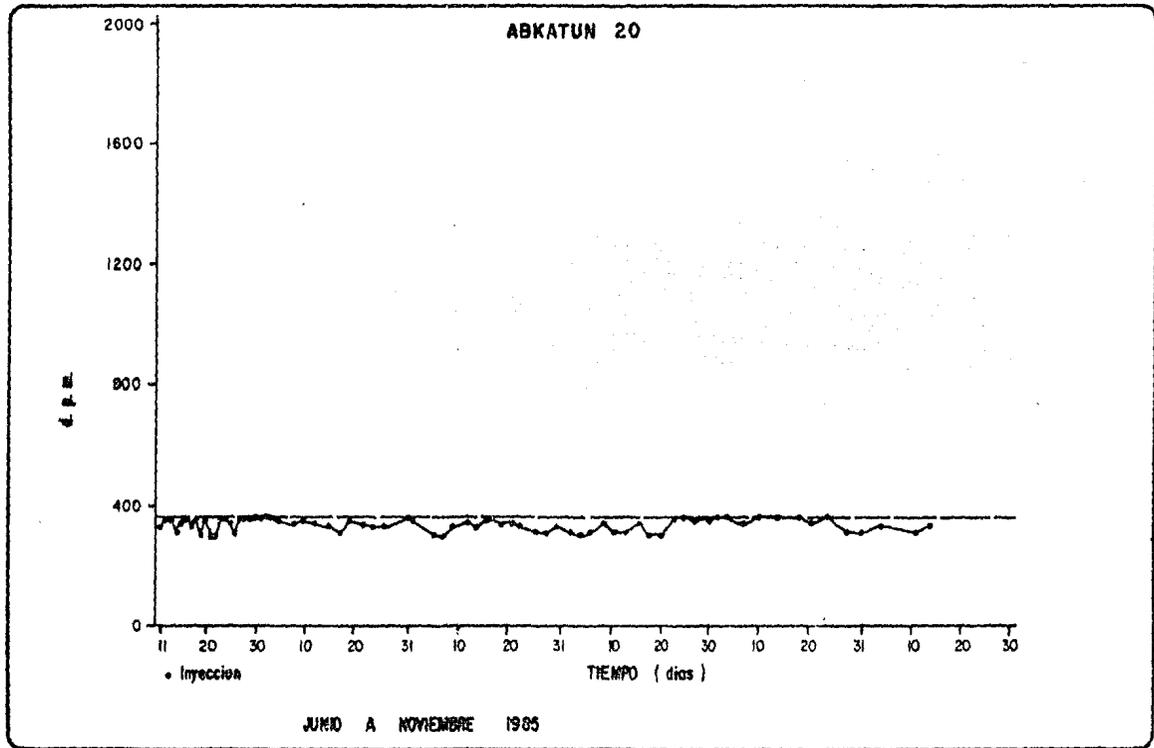


UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR

18

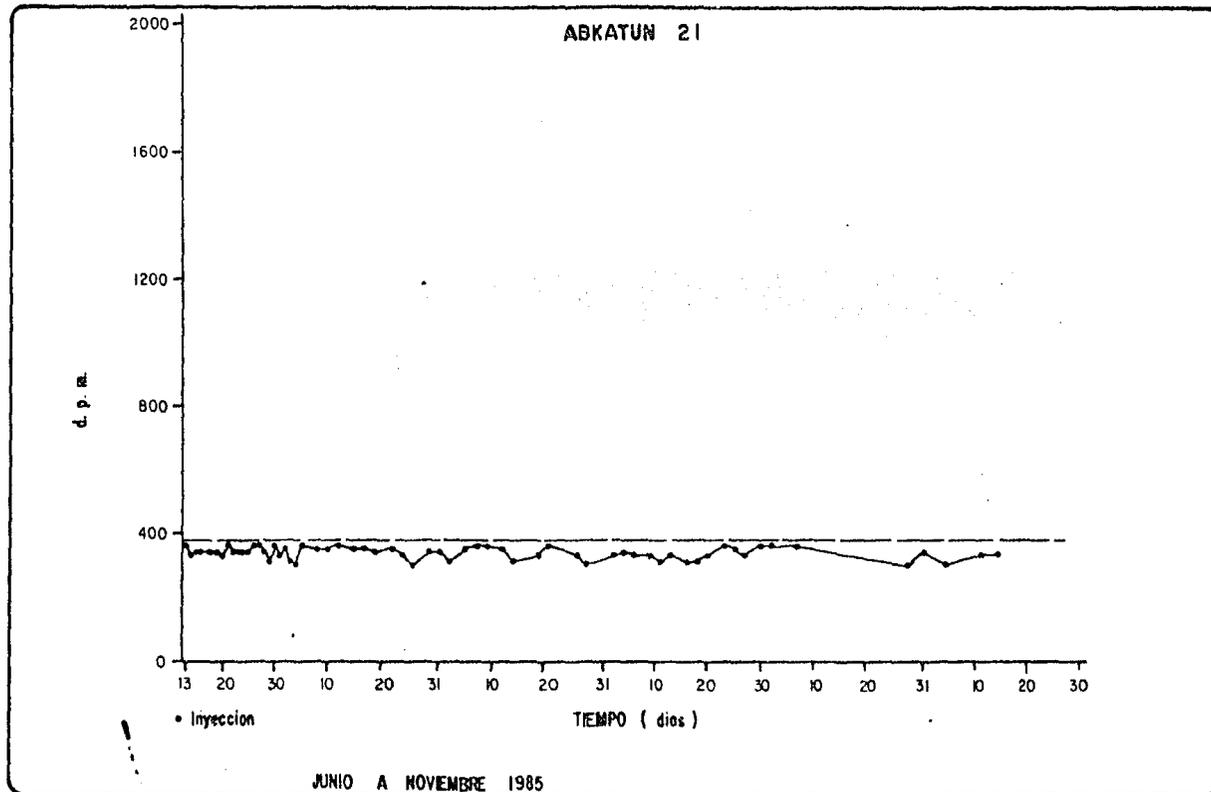


UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR

19



**UNAM**

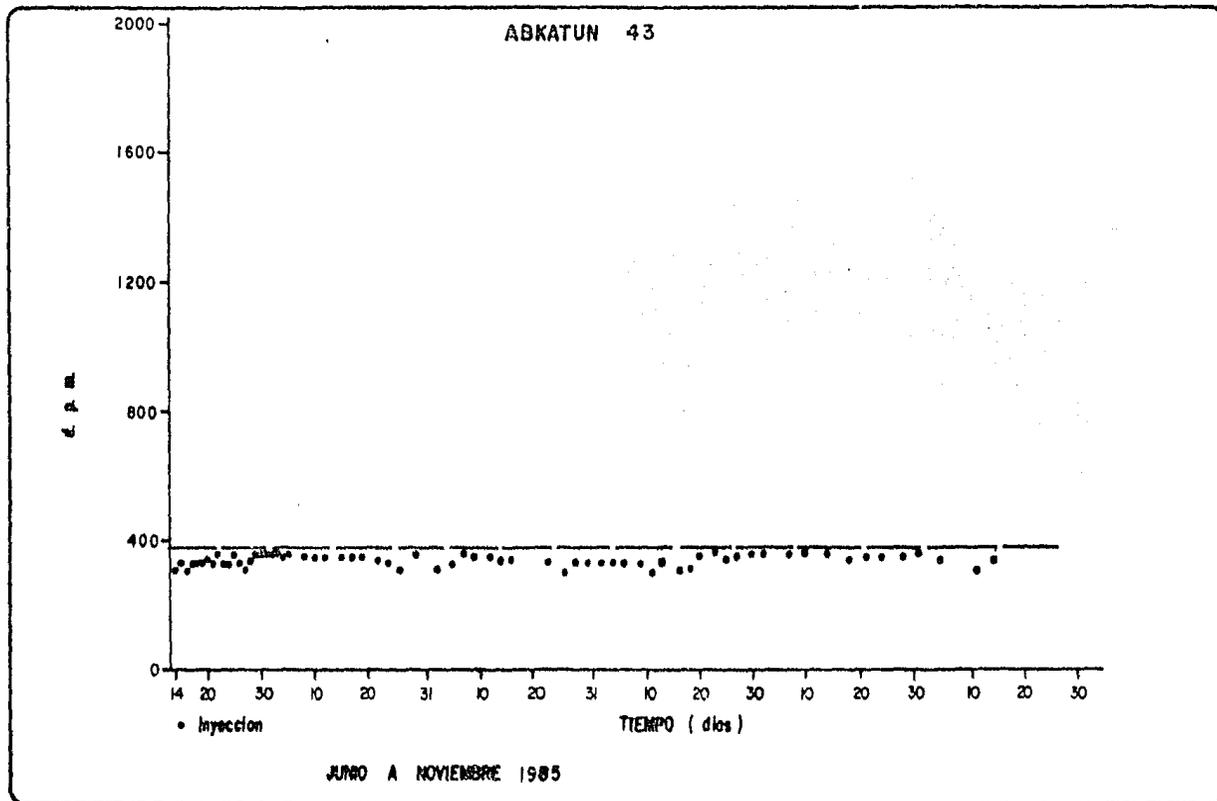
**FACULTAD DE INGENIERIA**

---

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

**CAMPO ABKATUN**  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR

**20**



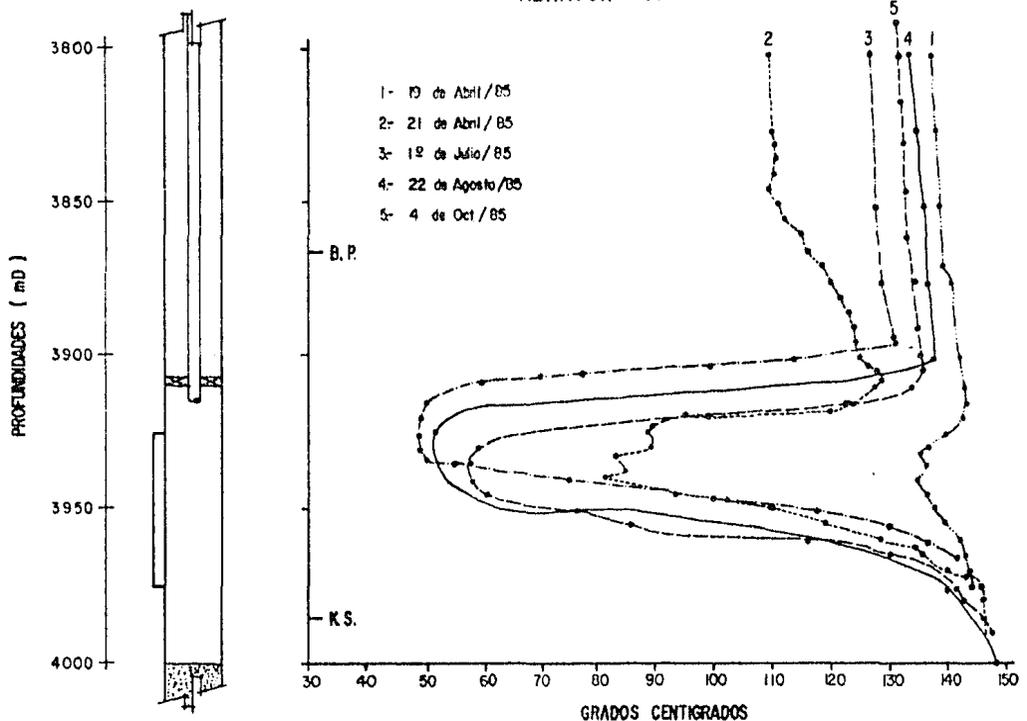
UNAN

FACULTAD DE INGENIERIA  
 MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

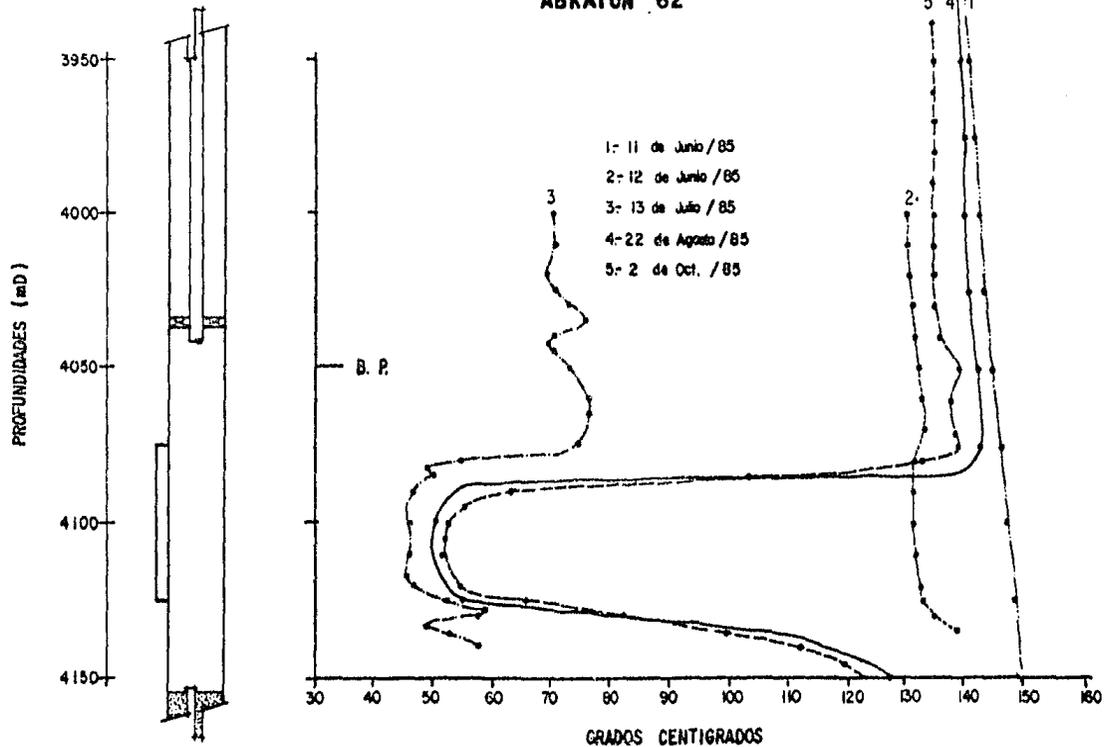
CAMPO ABKATUN  
 INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
 CURVA DE RESPUESTA DEL TRAZADOR

21

ABKATUN 61



# ABKATUN 62



UNAM

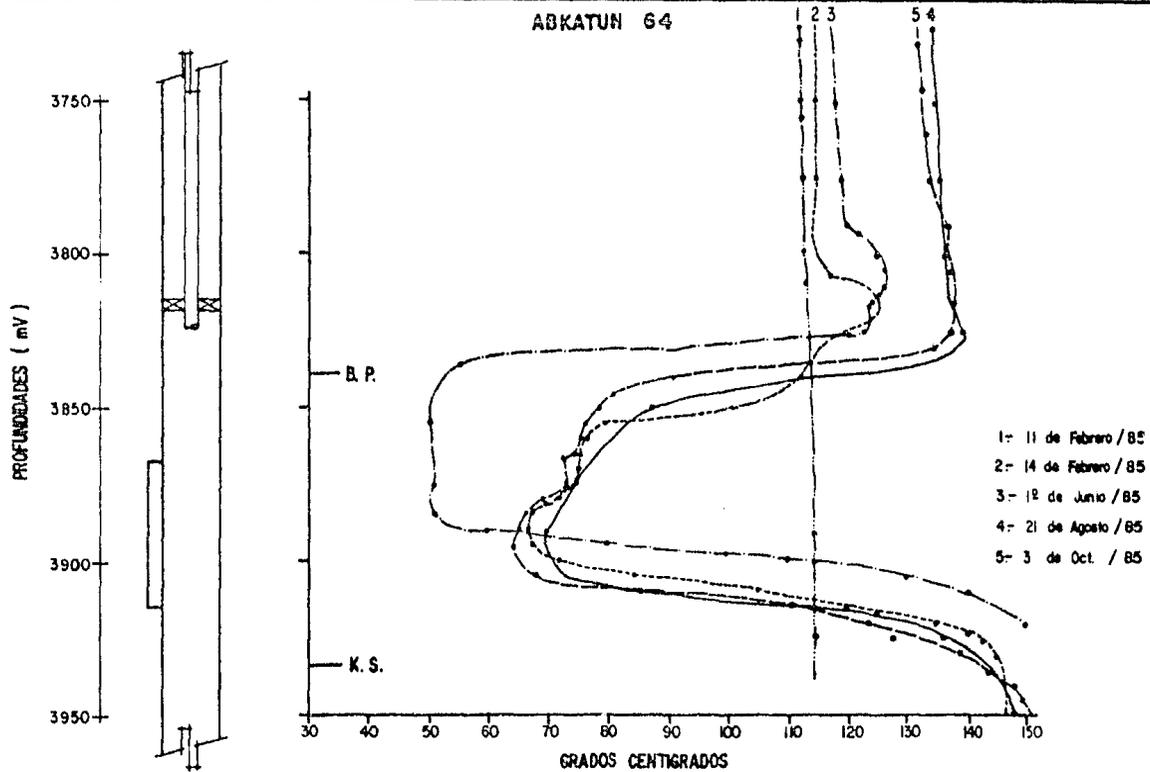
FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
REGISTROS DE TEMPERATURA

23

ABKATUN 64



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

MERCEDES ANTUNEZ SOLIS

CAMPO ABKATUN  
INYECCION ANTICIPADA DE AGUA  
REGISTROS DE TEMPERATURA

24