

24/18

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EXPLOTACION DE POZOS POR EL METODO DE INSERTOS

EN EL DISTRITO DE COMALCALCO, TAB.

PETROLEOS MEXICANOS (ZONA SUR)

T E S I S

=====

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A

FRANCISCO MANUEL HUERTA CALZADILLA

MEXICO, D.F.,

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

	PAG.
INTRODUCCION	1
I.I Generalidades	5
II Conclusiones y Recomendaciones	22
III Desarrollo del Método	24
Diseño de las Instalaciones	27
Cálculo de las Profundidades	28
Cálculo de la Profundidad del Pri- mer inserto	29
Cálculo de las profundidades de los siguientes puntos de inyección	30
Cálculo de volumen de gas necesario para efectuar el levantamiento de la columna de fluidos	33
Selección del equipo a utilizar	37
Operaciones con línea Acerada	39
Operaciones en el pozo	41
Resultados obtenidos con la aplica- ción del método	43
IV Croquis, Tablas y Figuras	45
Referencias	

I.- INTRODUCCION

En la explotación primaria de un yacimiento, la única - energía que interviene para que los hidrocarburos fluyan hacia la superficie es la propia del yacimiento, misma - que al agotarse o disminuir debido principalmente a su - explotación, nos obliga a utilizar los sistemas artificiales de producción; como un ejemplo de estos podemos mencionar; El Sistema de bombeo neumático (Inyección de gas al yacimiento), en la modalidad de los insertos de orificio, el cual resulta novedoso y económico, como se verá más -- adelante.

Con el objeto de explotar artificialmente pozos cerrados por no fluir, sin tener necesidad de extraer las tuberías de producción de dichos pozos, se desarrollo un método para inyectar gas a través de varios orificios, los cuales se insertan a las tuberías de producción mediante operaciones de línea acerada (Vease figura No. 1).

Para obtener buenos resultados con la aplicación de este - método, es necesario que los pozos por sus características (Presión, profundidad), sean capaces de producir por medio de bombeo neumático continuo o sea que sus presiones de fondo e índices de productividad sean tales que se pueda sostener un ritmo de producción de aceite constante.

Este método es conveniente su aplicación en pozos de terminación doble, en los cuales uno de los yacimientos agotó su etapa de flujo natural y se desea continuar su explotación por medio de inyección de gas sin interrumpir la explotación del otro intervalo productor.

Este método se usa también en pozos sencillos en los cuales no es posible o conveniente la intervención con equipos de reparación de pozos, por razones tales como inaccesibilidad de las localizaciones (Pozos Lacustres), tiempo requerido para llevar a cabo las reparaciones, disponibilidad de equipo de reparación.

Por lo anterior se entiende, que por este método no se trata de substituir los procedimientos convencionales de explotación de pozos con bombeo neumático, sino únicamente resolver a corto plazo los problemas referentes a los decrementos de producción ocasionados por la declinación natural de la presión en los yacimientos.

Petróleos Mexicanos por medio de la Gerencia de Producción y dadas las características de explotación de los campos de la zona sureste determinó implantar en ellos el Sistema de Bombeo Neumático con la modalidad de los "insertos" en las tuberías de producción lo cual resulta económicamente costeable dada la rapidez de su instalación y restauración de la produc

ción original del campo.

Con la aplicación de este método de los insertos de orificio se han obtenido resultados satisfactorios y ha sido posible la explotación de pozos de doble terminación los cuales tenían alguno de los intervalos fuera de operación, también ha sido posible su aplicación en pozos sencillos de difícil acceso y en la de pozos que tengan acceso al suministro de gas de inyección.

Antes de explicar el método de los insertos con orificio en tuberías de Producción y los objetivos que se persiguen con su aplicación, es necesario aclarar que para el uso de éste, se debe de contar con redes de bombeo neumático en los campos donde se piense utilizar, ya que por estas redes se proporcionará gas a los pozos. La presión en las redes de distribución son del orden de 900 a 1000 lb/pg² (65 a 70 kg/cm²). según las necesidades de levantamiento de los fluidos del pozo.

Finalmente tenemos que por los resultados obtenidos en los campos de Comalcalco y Agua Dulce en donde se utilizó el método de los insertos de orificio con redes de suministro de gas, se determinó que se obtenían soluciones rápidas y económicas para incrementar las producciones de aceite y gas en aquellos campos que tengan:

- Pozos fuera de operación por haberseles terminado su etapa de flujo natural
- Pozos que tengan presiones de fondo fluyendo bajas - que vuelvan a estar en operación lo antes posible.
- Cuando se tengan pozos de terminación doble y uno de los intervalos deje de producir.

Todo lo anterior es causa para aplicar el bombeo neumático - con insertos de orificio.

I.I GENERALIDADES

Nuestro país que actualmente crece a un ritmo acelerado, no podría hacerlo sino contara en su subsuelo con la materia prima - - (Hidrocarburos), necesarios para este crecimiento.

Este factor ha hecho que Petróleos Mexicanos, amplie su - area productora de algunos campos e incremente la exploración dentro de casi todo el territorio nacional.

Al Distrito de Comalcalco, el pozo que le dió origen fue el de Mecoacán No. 1 perforado en el año de 1958, hasta una profundidad de 2600 mts., siendo además el descubridor del campo Mecoacán.

El Distrito de Comalcalco esta enclavado en la región conocida como la Chontalpa, en el estado de Tabasco; y se encuentra delimitado de la manera siguiente:

Al Norte con el Golfo de México, Al Sur con la Sierra de - - Chiapas, Al Oeste con el km. 37 del Oleoducto de 12 Pulgadas de diámetro Cárdenas - La Venta y al Este con el Río Grijalva

Esta situado en la parte oriental de la Cuenca Salina del -- Istmo las capas que se atraviesan en las perforaciones pertenecen al Mioceno en sus formaciones amate superior, con --

cepción superior Zargazal y filisola de los cuales proviene la producción de los principales campos del distrito.

La producción de Aceite en el distrito es de 3,422 m³/día (21,524 brl/día), los cuales se manejan en once baterías de separación desde las cuales se envía el aceite a una planta deshidratadora ubicada en el campo del Golpe, en el cual se efectúa un segundo tratamiento al crudo antes de enviarlo por un oleoducto de 16" de diámetro al Distrito de Agua Dulce, Ver., para su total deshidratación y envío final a la refinería de Minatitlán, Ver.

El manejo administrativo del distrito se localiza en la Ciudad de Comalcalco, cuya población se compone de 100.000.00 habitantes, y se llega a ella por medio de la carretera Chontalpa - Puerto Ceiba, partiendo de la ciudad de Cárdenas-Tab. (a 36 kms. de distancia).

El Distrito de Comalcalco, es uno de los cinco distritos que integran la zona sur de Petróleos Mexicanos. Actualmente se produce en los campos: El Golpe, Santuario, Tupilco, Castarrical, Ayapa, Samaria, Carrizo Y Mecoacán, que componen este distrito y que a continuación se describen:

CAMPO EL GOLPE.- Se llega por la carretera de 30 kms.

de longitud a partir del cruce con la Carretera --
Comalcalco Tupilco en el Km. 20. (Ver croquis).

Esta carretera llega actualmente hasta la planta --
deshidratadora el Gople, pasando por las baterías -
1 y 2 con las que cuenta este campo, siendo la pro-
ducción de aceite de ambos de $1,050 \text{ m}^3/\text{día}$ ($6,600$
brl/día).

A este campo le dio origen el pozo No. 1 que se -
empezó a perforar el 2 de enero de 1963 y se termi-
nó el 16 de julio del mismo año., resultando con una
producción de aceite de $53 \text{ m}^3/\text{día}$ y $2,832 \text{ m}^3/\text{día}$ -
de gas. Su intervalo productor se encuentra de 2694 -
2698 mt. Esta arena pertenece a la formación concep-
ción superior. La estructura sobre la que se perforó
se debe a un plegamiento cerrado contra falla y termi-
na al SE. de esta, la cual esta localizada al extremo
oriente de la cuenca Salina del Istmo.

FORMACION	CIMA	ESPESOR APARENTE
Reciente	Aflora	45 mts.
Mioceno Superior	45 mts.	480 mts.
Filisola	525 mts.	525 mts.
Concepción Superior	1050 mts.	
Profundidad total	3269 mts.	

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD ESTRATIGRAFICA
C		Reciente		
E	Cuaternario	Pleistoceno		Pleistoceno Reciente
N				
O				
Z			Superior	no diferenciado
O			Medio	filisola
I				
C	Terciario	Mioceno		Concepción Superior
A			Inferior	Concepción Inferior
				Encanto

BATERIA DEL CAMPO EL GOLPE 1

El aceite producido en este campo es de $350 \text{ m}^3/\text{día}$ (2,201 - brl/día se recolecta en cuatro tanques de almacenamiento -- admosféricos todos ellos, de los cuales dos tienen una capacidad de 10,000 brls. un tercero de 30,000 brls. y el último de 500 brls. (de prueba), consta de cinco paquetes de separación primaria de aceite-agua-gas en forma horizontal, de un rectificador de gas general.

De esta batería se bombea el aceite hacia la planta deshidratadora por un ducto de 8" de diámetro y 4 km de longitud.

BATERIA DEL CAMPO EL GOLPE 2

El aceite producido en este campo es de $700 \text{ m}^3/\text{día}$ (4400 brls. /día los cuales se reciben en dos tanques admosféricos de - - 10,000 brls. de capacidad (uno de ellos deshidratador) y los - cinco restantes de 500 brl (prueba), se cuenta además con siete paquetes de separación primaria en forma vertical y se bombea la producción directamente a la planta deshidratadora del golpe por un oleoducto de 8" de diámetro y 500 mts. de longitud.

CAMPO TUPILCO: Cuenta con una carretera asfaltada de 22 km. de longitud que lo une con la ciudad de Comalcalco, tiene además dos caminos de acceso, el primero de 7 kms. de longitud que lo comunica con la batería No. 2 de Tupilco y el segundo que es de terracería que lo comunica con la batería número 1 del Golpe, la producción de aceite de este campo es de 572 mts.³/día (3600 brls/día).

Por medio de datos obtenidos en la interpretación sísmológica - se determinó la presencia de un anticlinal en dos culminaciones separadas por una falla.

Al N.E. de esta estructura, se encuentra el campo Tupilco Noreste, hacia la parte crestal de la nariz estructural.

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C			
E	Cuaternario	Pleistoceno	Reciente
N		Plioceno	No diferenciado
O			
Z		Mioceno Superior	No diferenciado
O			
I	Terciario	Mioceno Medio	Filisola
C		Mioceno Inferior	Concepción Superior
A			Concepción Inferior

BATERIA DEL CAMPO TUPILCO NO. 1

Su producción de aceite es de $300 \text{ m}^3/\text{día}$ (1890 brls./día), consta de seis tanques de almacenamiento dos de 10,000 brls. y los cuatro restantes de 500 brls. de capacidad. tiene además seis paquetes verticales de separación primaria de aceite-agua-gas - su producción de aceite la bombea directamente a la planta deshidratadora del golpe por un oleoducto de 8" de diámetro y 8 km de longitud.

BATERIA DEL CAMPO TUPILCO NO. 2

Su producción de aceite es de $272 \text{ m}^3/\text{día}$ (1700 brls./día) cuenta con tres tanques de almacenamiento atmosféricos, dos de ellos de 10,000 brls. de capacidad y el último de 500 brls. (tanque de prueba). Consta además de seis paquetes de separación verticales su producción de aceite la envía a la planta deshidratadora del Golpe por un ducto de 8" de diámetro y 6 kms. de longitud.

CAMPO SANTUARIO.- A este campo se llega por la carretera Comalcalco El Golpe, encontrándose una desviación a siete kms. de distancia de la ciudad de Comalcalco, por la cual se sigue hasta llegar al poblado de Aldama continuándose por el camino que va a la población de Carlos Greene, localizándose el campo de Santuario seis

Kms. adelante (Ver croquis)., su producción de aceite es de 700 m³/día (4,400 brls./día).

CAMPO SANTUARIO.- Se localiza en el flanco norte de un alto contra falla ubicado en la porción Oriente de la Cuenca Salina del Istmo.

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C			
E	Cuaternaria	Pleistoceno	Reciente
N			
O		Mioceno Superior	
Z			
O	Terciario	Mioceno Medio Mioceno Inferior	Filisola Concepción Superior
I			
C			
A			

BATERIA DEL CAMPO SANTUARIO

Este campo tiene una producción de aceite de 700 m³/día (4,400 brls./día), la cual es enviada directamente a la planta deshidratadora del Golpe por un oleoducto de 8" de diámetro y 10 kms de longitud. En esta batería se cuenta con cuatro tanques de almacenamiento admosfericos todos ellos. De los cuales dos tienen 500 brls. de capacidad.

un tercero de 5,000 brls. de cap. y el último de 10.000 brls. tiene además siete paquetes de separación primaria verticales todos ellos.

CAMPO CASTARRICAL- A este campo se llega por una carretera de 10 - kms. de longitud a partir de la batería No. 2 del campo Tupilco esta totalmente pavimentada y únicamente los caminos de acceso a los pozos son de terracería y parten de la carretera asfaltada ya mencionada (Ver croquis), la producción de aceite de este campo es de 339 m³/día (2830 brls./día).

El pozo Castarrical No. 1 se localiza en el flanco de un alto contra falla situado al NE. de la nariz estructural de Tupilco Las formaciones que atravesó dicho pozo son:

FORMACION	CIMA	ESPESOR APARENTE
Reciente	Aflora	85 mts.
Mioceno Superior	85 mts.	670 mts.
Filisola	755 mts.	265 mts.
Concepción Superior	1020 mts.	
Profundidad Total	3266 mts.	

Reciente.- Se encuentra constituido por arcilla color suave al al ternado con capas de arena y grava de color gris claro y amari llo ocre.

Mioceno Superior.- Descansa sobre la formación filisola del Mioceno Medio, esta representado por Lutitas gris de azul - verdoso en partes plásticas, alternando con mantos de arena gris, arenisca mal cementada, con abundantes restos de moluscos los cuales aumentan hacia su base.

Filisola.- Se caracteriza por potentes cuerpos de arena gris claro de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de Lutita gris verdoso, suave y esporádicamente arenisca, lignita y restos de moluscos.

Concepción Superior, Esta formación en los sedimentos de arriba se encuentran alternados mantos de arena y Lutita. Los granos de arena varían de finos a gruesos y la Lutita varía de suave a semidura, ocasionalmente se presentan areniscas de gris claro bien cementada con material calcáreo, conteniendo abundantes microforaminíferos, esta formación es importante por contener horizontes arenosos impregnados de aceite.

Concepción Inferior.- Esta constituida por Lutitas gris obscura dura y ligeramente arenosa con intercalaciones esporádicas de delgados cuerpos de arena.

BATERIA DEL CAMPO CASTARRICAL

Consta de siete tanques de almacenamiento atmosféricos, dos de 10,000 brl. y los restantes de 500 brls. de capacidad, - tiene además siete paquetes de separación primaria horizontales todos ellos.

Su producción de aceite es de $339 \text{ m}^3/\text{día}$ (2,133 brls./día -) la cual es enviada a la planta deshidratadora del golpe por un ducto de 8" de diámetro y 4 kms. de longitud .

CAMPO AYAPA.- Es un campo que se encuentra a dos kms. de distancia - del campo Tintal y por estar tan cerca y constar únicamente de cuatro pozos su producción de aceite es de $340 \text{ m}^3/\text{día}$ (2140 -- brls./día) y es recibida en la batería de Tintal.

CAMPO TINTAL.- Se llega por la carretera Comalcalco-Jalpa de Méndez a un km. de Ayapa existe un entronque desde el cual aproximadamente a 4 kms. se encuentra el campo de Tintal., este camino se encuentra totalmente pavimentado, su producción de aceite es de $140 \text{ m}^3/\text{día}$ (880 brls./día) .

El primer pozo que se perforó fue el Tintal Número uno, del - cual se tomó la siguiente información de las formaciones que se atravesarán.

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C			
E			
N		Mioceno Superior	Paraje Solo-aflora
O			
Z			
O			
I	Terciario	Mioceno Medio	Filisola
C		Mioceno Inferior	
A			

BATERIA DEL CAMPO TINTAL

Cuenta con cinco tanques de almacenamiento admosféricos uno de los cuales tiene 5000 brls. de capacidad tres son de 500 brls. y un último de 1000 brls., consta además de seis paquetes de separación primaria verticales y su producción de aceite se envía hacia la ciudad de Comalcalco por un oleoducto de 6" de diámetro y 22 kms. de longitud en dicha ciudad se rebomba hacia la planta deshidratadora del golpe por un ducto de 8" de diámetro y 32 kms. de longitud.

CAMPO MECOACAN.-- Ocupa parte de Jalpa de Méndez y parte de Paraiso encontrándose a 20 kms. al NE. de la ciudad de Comalcalco - - y a 15 kms. al SE. de la población de Paraiso (Ver croquis).

Las vías de acceso a las baterías uno y dos con que cuenta -- este campo son pavimentadas, el camino a la batería uno tiene 22 kms. de longitud contando con un puente sobre el Río Cuxcu chapa, en la parte media del camino existe un entronque que -- comunica con la estación de Compresoras. El camino de acceso a la batería No. dos tiene una longitud de 4 kms. partiendo -- de la batería No. 1

A los pozos se llega por caminos de terracería que parten de - la carretera principal asphaltada, además existe un camino vecinal pavimentado con longitud de 12 kms. hasta el entronque del camino Puerto Ceiba - Frontera., La vía aérea es utilizable solo para helicópteros y avionetas, ya que se cuenta con una pista de 60 por 1,200 mts.

Tomando como representativa del campo las formaciones atravesadas por el pozo Mecoacán No. 1 que fue el primero perforado en este campo nos aporta la siguiente información.

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C	Cuaternario	Pleistoceno	Reciente-Aflora
E			
N		Superior	
O	Terciario	Mioceno	Medio-encajonado
Z			
O			
I			Inferior-Amate
C			Superior
A			Profundidad Total 2600 mts.

BATERIA DEL CAMPO MECOACAN NO. 1

Su producción de aceite es de $80 \text{ m}^3/\text{día}$ (503 brls/día) tiene tres tanques de almacenamiento admosféricos uno de 5000 brls. de capacidad y dos de 500 brls. (Prueba) cuenta además con 5 paquetes de separación primaria verticales.

Su producción es enviada a la batería Mecoacán No. 2 por un ducto de 6" de diámetro 4 kms. de longitud para su envío a la ciudad de Comalcalco.

BATERIA DEL CAMPO MECOACAN NO. 2

Su producción de aceite es únicamente de 25 m³/día (158 brls. /día) cuenta con un tanque de almacenamiento atmosférico de 10,000 brls. de capacidad. no tiene paquetes de separación - primaria y su producción junto con la del campo Mecoacán No. 1 es enviada a la ciudad de Comalcalco por un ducto de 6" de diámetro y 20 kms. de longitud.

CAMPO SAMARIA- Se encuentra después del Río que lleva su nombre -- siguiendo la carretera Federal Cárdenas-Villa Hermosa localizándose a 25 kms. de esta última ciudad. Del entronque de la carretera a la batería se tiene un tramo de camino pavimentado - de 1.5 km. de longitud. Los caminos de acceso al pozo son de terracería.

El pozo No. 1 que le dió origen a este campo se inició su perforación el 3 de mayo de 1957 y se terminó el 14 de agosto - - del mismo año., obteniéndose resultados satisfactorios. En -- este campo la estructura es de tipo anticlinal cerrado, casi - simétrico, sumamente afallada en una área aproximada de 12 kms.²

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C		Pleistoceno	
E	Cuaternario	Plioceno	Reciente
N		Mioceno Medio	Belén-Zargazal- Encajonado-Amate Superior.
O			
Z			
O	Terciario	Mioceno Inf.	Amate Inferior
I			
C		Oligoceno-Inf.	
A		Eoceno-Superior	

BATERIA DEL CAMPO SAMARIA

Cuenta con cuatro separadores, un rectificador, un tanque - de prueba de 1,000 brls. y un tanque de grupo de 10,000 brls. en donde por medio de un sistema de recolección definitivo se separa y se mide el aceite producido, posteriormente se bombea por un oleoducto de 6" de diámetro hacia la Venta.

El campo se caracteriza por tener un aceite muy denso y una red de bombeo neumático, operada con gas seco del gaseoducto Ciudad Pemex-México. Su producción de aceite es de 100 m³/día (629 brls./día) .

CAMPO CARRIZO.- Se comunica con Villahermosa por la carretera Federal Cárdenas-Villahermosa, localizándose a 10 kms. de esta -- última ciudad y a 1 km. de distancia de la carretera federal prolongándose 1 km. más hasta la población de Samaria. La - Producción de aceite de este campo es de 76 m³/día (480 brls. /día)

El primer pozo que se perforó fue el Carrizo No.1 iniciándo - se la perforación el 22 de marzo de 1962 y terminándose el 25 de abril del mismo año.

Es una estructura de tipo dómico alargada con una extensión - aproximada de 10 km². se encontro el intervalo productor en la arena de la formación filisola.

COLUMNA GEOLOGICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
C			
E		Mioceno Superior	Paraje Solo
N	Terciario		
O		Mioceno Medio	Filisola
Z			
O			
I			
C		Mioceno Inferior	
A			

II.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en los Distritos de Agua Dulce y Comalcalco, Zona Sur de Petróleos Mexicanos con la Instalación de Insertos con Orificio en tuberías de Producción utilizando el bombeo neumático en flujo continuo y redes de suministro de gas, se concluye que este método nos proporciona soluciones rápidas y económicas, para incrementar la producción de hidrocarburos, en aquellos campos que tienen pozos fuera de operación, por haberseles terminado su etapa de flujo natural al reducirse la presión de fondo fluyendo.

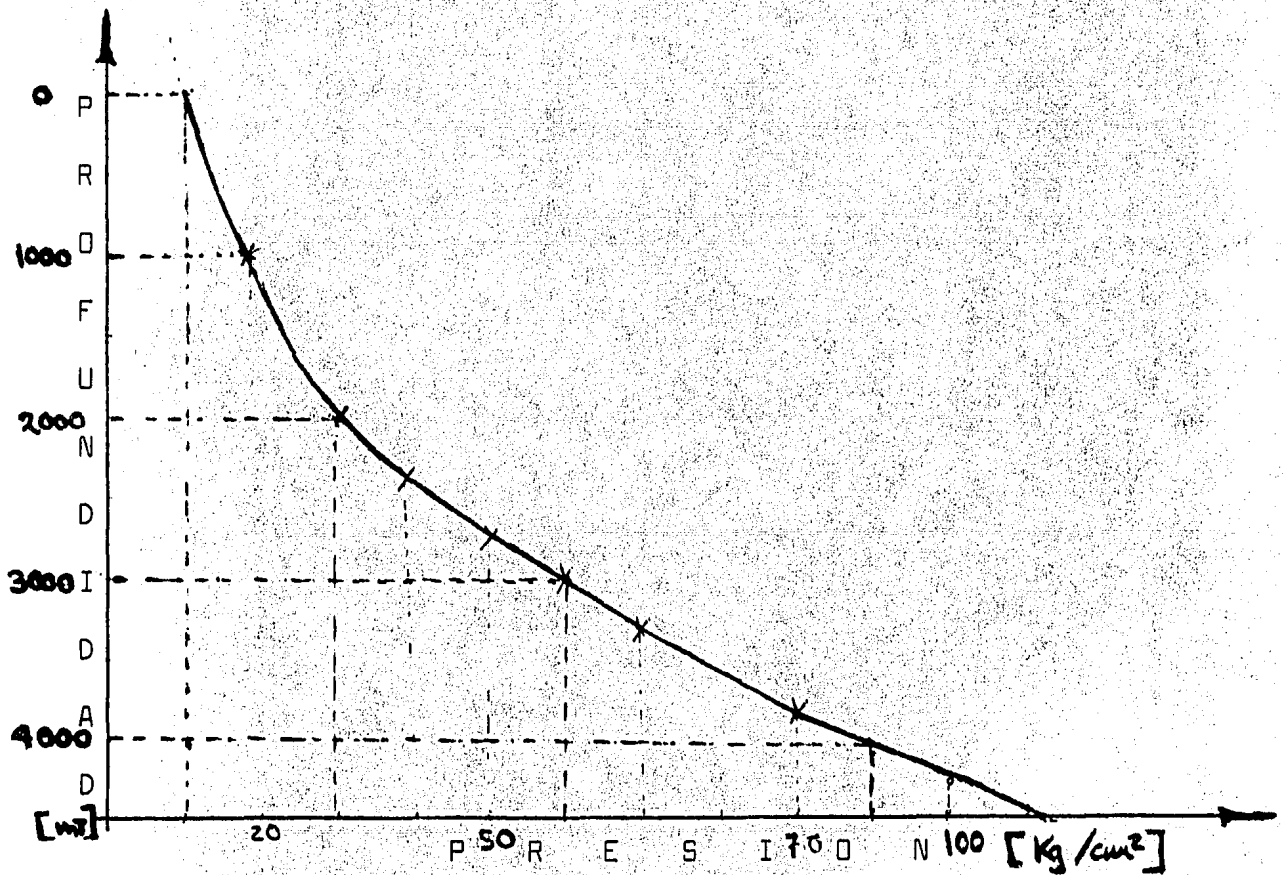
Se hace notar que con la aplicación de este método no se trata de substituir el uso de los métodos tradicionales de explotación (Sistemas artificiales), sino unicamente utilizarse como una herramienta auxiliar en aquellos pozos que tengan -- problemas de acceso o carencia de equipo de reparación.

Para utilizar el método de los insertos de orificio en tuberías de producción, sin extraer estas de los pozos, se sugiere tener en cuenta los puntos siguientes:

- a).- Se debe contar con una red de suministro de gas para bombeo neumático.

b).-Determinarse la presión de fondo estática y conocerse - el índice de productividad. Con el gasto esperado como dato queda fija la presión de fondo fluyendo y con todo este conjunto de datos se determina el gradiente de presión en la tubería de producción, modificado por la inyección de gas a través de los orificios.

c).- Fijar con exactitud la profundidad y diámetro de los orificios, así como el volúmen de gas a inyectar necesario para levantar la columna de flúidos hasta la superficie.



III.-DESARROLLO DEL METODO

La necesidad de aplicar sistemas artificiales de explotación sin que se extraiga la Tubería de Producción de los pozos, ha llevado a los departamentos de Ingeniería de Producción de la zona sur (Petróleos Mexicanos), a utilizar métodos de bombeo neumático con inyección continua de gas auxiliándose por accesorios introducidos a los pozos por medio de una línea acerada y conocidos con el nombre de insertos de orificio.

Como solución sencilla al problema, se pensó en insertar un orificio a la tubería de producción, por el cual se inyectaría gas al pozo en forma continua y este pozo debería de contar con condiciones propicias para el flujo continuo.

Teniendo en cuenta que el bombeo neumático continuo, la mayor eficiencia se logra, inyectando gas por un sólo orificio mismo que se localiza a la máxima profundidad permisible de acuerdo con la presión que se disponga para esto se ídeo la colocación de un inserto de orificio a tal profundidad.

En las condiciones anteriores en las cuales no se cuenta con el auxilio de accesorios superiores (Válvulas) para abatir el nivel de operación hasta el deseado, es necesario sondear los pozos o inyectar a una presión suficientemente alta du

rante el período de arranque de esta instalación.

Para iniciar el flujo de un pozo por sondeo contamos con el auxilio del gas de formación el cual se irá introduciendo y liberando a través de la tubería de producción durante la explotación de este pozo.

Si se desea inyectar gas a alta presión con equipo de compresión portátil es conveniente colocar dicho equipo en serie con la red de distribución de gas, también se puede lograr el mismo efecto inyectando Nitrógeno a alta presión.

Si por alguna causa se suspende la inyección de gas al pozo volveremos a tener el problema de arranque inicial (Inyección de gas a alta presión, o sondeo).

Pensando en todo lo anterior se ideó inyectar gas a través de varios orificios colocados a profundidades adecuadas, la aplicación inicial de este método se llevó a cabo en el pozo Cinco Presidentes No. 140-I en Diciembre de 1969.

En este método la función de los orificios superiores es la de ayudar a descargar los fluidos contenidos en el espacio anular y tubería de producción procurándose que sus diámetros sean entre $3/64$ y $4/64$ ".

Los diámetros de los orificios inferiores varían entre 5 y $8/64$ " dependiendo del volumen de gas que se desee inyectar por cada uno de ellos.

Finalmente en este método al inyectarse gas a través de los insertos colocados a las profundidades adecuadas nos permiten abatir el nivel en el espacio anular conforme el gas penetra por los orificios.

La selección del diámetro de los orificios se hace de tal forma que el gas inyectado a través de los insertos superiores sea mínimo y el paso de dicho gas de inyección por los orificios inferiores sea máximo. Para mantener los gradientes de presión en un valor adecuado de tal forma que nos sea posible levantar la columna de fluidos contenidos en la Tubería de Producción y llevarles hasta la superficie.

La suma de volúmenes inyectados por cada orificio debe de ser igual, al volumen total requerido por la instalación.

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

El diseño de una instalación con insertos debe efectuarse de la misma forma en que se proyecta una instalación de -- bombeo neumático continuo.

En el sistema de flujo continuo, el gas es inyectado a la tubería de producción en forma constante de tal manera que al mezclarse con los fluidos de los pozos se disminuya el - gradiente de presión de la columna de fluidos hasta un va - lor, que permita que con la presión de fondo fluyendo des - carquen a la superficie.

El comportamiento de la presión a lo largo de la columna de flujo se puede determinar mediante el método de Poettman & Carpenter.

En varios manuales sobre bombeo neumático, incluyen gráficas que muestran las variaciones de la presión en flujo vertica - les para las diferentes condiciones de diámetros de tuberías, gastos, porcentajes de agua, relaciones gas-líquido y tem - peraturas de flujo.

Básicamente el diseño de las instalaciones se puede agrupar en tres puntos principales:

- 1.- Cálculo de las profundidades a las cuales se deben de colocar los insertos de orificio para bombeo neumático.
- 2.- Cálculo del volúmen de gas inyectado para levantar la columna de fluidos.
- 3.- Selección de los diámetros requeridos para cada inserto que se van a utilizar.

CALCULO DE LAS PROFUNDIDADES

La mayoría de los cálculos relacionados con las profundidades se enfocan en localizar puntos de inyección de tal forma que las diferencias de presión entre la tubería de producción y la tubería de revestimiento sea de 50 lb/pulgada² en el instante en que se inicia la inyección de gas por cada uno de ellos.

Se debe aclarar que la presión dentro de la tubería de producción esta en función del flujo vertical que se provoque y de la presión existente en la superficie.

En cuanto a la presión en la tubería de producción, es función de la presión de operación en la línea de suministro de gas, del peso de la columna de gas en el espacio anular y de los abatimiento de presión que se registran por el paso del gas de la tubería de revestimiento a la tubería de producción.

En adelante para referirnos al espacio entre puntos de inyección se utilizará la siguiente nomenclatura.

P en TR.- Presión en la tubería de revestimiento a la profundidad de operación

P en TP.- Presión de la tubería de producción a la profundidad de inyección

C_p en TP.- Presión superficial en la tubería de producción.

P_d .- Presión diferencial de TR a TP

G_{f-s} .- Gradiente de flujo arriba de la profundidad de inyección

G_{f-i} .- Gradiente de flujo abajo de la profundidad de inyección.

G_E .- Gradiente de presión de la columna de fluidos, en condiciones estáticas.

L .- Profundidad del primer punto de inyección.

L_1, L_2, \dots, L_n .- Distancias desde la superficie, hasta los diferentes puntos de inyección

E_1, E_2, \dots, E_n .- Espaciamientos entre puntos de inyección.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DEL PRIMER INSERTO

Tenemos que la presión en el interior de la tubería de producción depende de la presión ejercida por los fluidos existentes en condiciones estáticas en la parte superior de los pozos y de la presión superficial.

En estas condiciones, la profundidad máxima (L) a la que puede inyectarse el gas se determina mediante el siguiente balance de presiones.

$$P \text{ en TR} - P_d = P \text{ en TP} = C_p \text{ en TP} + L \times G_e$$

Despejando la L se tiene

$$L = \frac{(P \text{ en T.R.} - P_d - C_p \text{ en T.P.})}{G_e}$$

Esta distancia máxima se cuenta a partir de la superficie, cuando se presenta el caso en el que el nivel máximo de fluidos en el pozo este abajo de esta profundidad (L) el primer orificio puede colocarse al nivel máximo de líquido e inclusive con una sumergencia adicional, siempre y cuando los fluidos que pasen del espacio anular a la tubería de producción no ocupen una columna de longitud mayor a (L).

CALCULO DE LAS PROFUNDIDADES DE LOS SIGUIENTES PUNTOS DE INYECCION.

Para determinar estos puntos tenemos que la presión en la tubería de Producción esta en función de la presión de descarga o contrapresión superficial, de la presión ejercida por los fluidos arriba del último punto de inyección ya situado, así como de la presión ejercida por los fluidos existentes entre el punto anterior y el nuevo punto de inyección por situar.

Tenemos que la presión ejercida por los fluidos arriba del últi

mo punto de inyección en operación, debe ser mínima por lo - que el volumen de gas suministrado a través de este punto debe de ser tal, que con la menor relación gas líquido se establezca un gradiente de presión mínimo, teniendo en cuenta que cualquier suministro adicional es innecesario ya que aumentaría el gradiente de presión.

Podríamos además establecer que las relaciones gas-líquido - aumentan con la profundidad del nivel estático lo cual puede observarse en el siguiente ejemplo que corresponde a un flujo a través de tubería de 2 3/8" de diámetro nominal.

PROFUNDIDAD PIES	RELACION GAS/LIQUIDO PARA ESTABLECER GRADIENTE MINI MO. (PIES ³ / BRL.)
1000	100
2000	300
3000	500
4000	800
5000	1000
9000	2000

Por otra parte tenemos que, para calcular la presión - - ejercida entre el último punto de inyección situado y el nuevo punto de inyección de gas a situar se multiplica - este espaciamiento por un gradiente de flujo abajo del - último punto de inyección en operación, el cual sera función de los ya mencionados factores: Diámetro de la tubería, gastos, Portentajes de Agua, Temperatura promedio del flujo y relaciones gas-líquido.

De todos estos factores tenemos que el gasto a manejar es inversamente proporcional al nivel de operación, esto se explica de la manera siguiente: al ir disminuyendo la presión de la tubería de producción nos provoca que la presión de fondo fluyendo aumente con lo cual la aportación del - - yacimiento irá siendo cada vez mayor de acuerdo al índice de productividad del pozo.

En los primeros espaciamientos los gradientes de flujo, abajo de los puntos de inyección, son similares a los gradientes estáticos, si los volúmenes de gas manejados de la formación son pequeños.

Tomando en cuenta lo anterior tenemos que para calcular el espaciamiento entre puntos de inyección, puede establecerse la siguiente igualdad.

$$P \text{ en T.R.} - P_d = P \text{ en T.P.}$$

$$= C_p \text{ en T.P.} + L (1,2 \text{ etc}) \times F_{f-s} + E \times G_{f-i}$$

Despejando la incognita E se tiene:

$$E = \frac{P \text{ en T.R.} - P_d - C_p \text{ en T.P.} - L(L_1, L_2, \dots L_n) \times G_{f-s}}{G_{f-i}}$$

Nuevamente se insiste que G_{f-s} debe ser de un valor mínimo y se aclara que los gradientes G_{f-s} y G_{f-i} , se determinan -- mediante el método de las predicciones de la variación de la presión en tuberías verticales que ya se mencionaron anteriormente.

Además con la fórmula anterior pueden calcularse las profundidades de todos los accesorios que se utilizan en el bombeo neumático, suspendiéndose el cálculo una vez que se alcance la profundidad máxima prefijada, efectuándose los ajustes -- que sean necesarios, si se quiere tener mucha exactitud en -- cuanto a esta profundidad.

El problema de espaciamentos también se puede resolver gráficamente con las mismas bases que se explicaron para el caso -- de solución analítica.

La máxima profundidad de inyección la tendremos en el punto en el punto en que la presión dentro de la T.P., ya reducida a su valor mínimo por efectos de la inyección de gas, sea de 100 - lb/pg² menor que la presión existente en la tubería de revestimiento (T.R.).

CALCULO DE VOLUMEN DE GAS NECESARIO PARA EFECTUAR EL LEVANTAMIENTO DE LA COLUMNA DE FLUIDOS.

Como ya se vió anteriormente la profundidad a la que quedará cada inserto esta en función de las capacidades de admisión -- de los orificios, para que las presiones que provoquen en la tubería de producción sean mínimas. Aclarando una vez más que

las relaciones gas-líquido requeridas para lograr lo anterior aumentan con la profundidad, así como los gastos a manejar -- debidos al abatimiento de presión que se presenta en el intervalo productor.

La relación gas-líquido en los orificios superiores en función únicamente de su diámetro, mientras que para los orificios inferiores esta relación gas-líquido depende del diámetro y de la relación gas-aceite de formación.

Para determinar las capacidades de admisión de los diferentes orificios que deben instalarse, se utilizan las gráficas construidas con la ecuación de Thornhill-Craver, para una densidad relativa del gas de 0.65 (aire = 1) a una temperatura de 60° F. Si se desea, pueden hacerse las correcciones que correspondan por diferentes temperaturas y diferentes densidades relativas del gas aplicando el factor $F = 0.0544 \sqrt{GT}$ en donde G es el valor actual de la densidad relativa y T es la temperatura actual del gas en °F.

En la tabla 1 se muestra volúmenes de gas a través de diferentes orificios, para presiones diferenciales de 100 y 200 lb/pg² así como gastos máximos para flujo crítico partiendo de posiciones iniciales de 600, 700 y 800 lb/pg². para estas situaciones iniciales, el gasto máximo se obtiene cuando las diferenciales de presiones son aproximadamente de 300 lb/pg². A continuación mostramos varios ejemplos de resultados en diseños efectuados en los distritos de

Comalcalco y Agua Dulce en los cuales se consideró para efectos de consumo de gas flujo crítico en los orificios superiores, con diferenciales de presión de 200 lb/pg² en los orificios intermedios y de 100 lb/pg² en los orificios inferiores. En la practica pueden variarse estas diferenciales de presión, ajustando desde la superficie el volumen total de gas inyectado.

Pozo Cinco-Presidentes 40-T

Inserto con orificio de 3/64" de diámetro a 533 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 945 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 1340 mts.

Inserto con orificio de 6/64" de diámetro a 1692 mts.

Pozo cinco Presidentes 119 (Lacustre)

Inserto con orificio de 3/64" de diámetro a 557 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 990 mts.

Inserto con orificio de 7/64" de diámetro a 1408 mts.

Pozo San Ramón 10 (S.I.)

Inserto con orificio de 3/64" de diámetro a 492 mts.

Inserto con orificio de 3/64" de diámetro a 885 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 1218 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 1494 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 1730 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 1936 mts.

Pozo Ogarrio No. 96-DS

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 457 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 713 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 927 mts.

Pozo Golpe No. 23-S

Inserto con orificio de 3/64" de diámetro a 494 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 879 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 1174 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 1408 mts.

Inserto con orificio de 6/64" de diámetro a 1590 mts.

Pozo Golpe 43-I

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 620 mts.

Inserto con orificio de 5/64" de diámetro a 865 mts.

Inserto con orificio de 6/64" de diámetro a 1360 mts.

Inserto con orificio de 7/64" de diámetro a 1533 mts.

Pozo Tupilco 103-I

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 975 mts.

Inserto con orificio de 4/64" de diámetro a 1252 mts.

Inserto con orificio de 7/64" de diámetro a 1720 mts.

Inserto con orificio de 7/64" de diámetro a 1945 mts.

SELECCION DEL EQUIPO A UTILIZAR

Para este caso que se estudia, el equipo lo constituye una serie de cuerpos metálicos con orificios que se insertan a la tubería de producción a profundidades predeterminadas (Vease fig. 2-d) Estos cuerpos denominados insertos de orificios se colocan en las tuberías de producción por medio de un perforador que se introduce al pozo con línea acerada.

Los insertos utilizados hasta ahora en la zona sur en tuberías de producción de 2 3/8" de diámetro nominal son como las que se muestran en la figura 2-B estos insertos son los más comunes y se fabrican con orificios de diámetros que varían de 2/64" a 7/64" cambiando el tipo de insertos para orificios mayores a 7/64".

Este mismo tipo de inserto se puede utilizar en tuberías de mayor diámetro y mismo espesor, de menor diámetro cuando se trate de tuberías de 1 3/4" y 1 1/2" de diámetro nominal.

Como se puede observar en la Fig.2-D el inserto cuenta con una brida, la cual solo permite que sobresalga 3/16" esto con el o b j e t o de que no se dañe la tubería de revestimiento. Incluso - aunque la tubería de producción estuviese recargada en la tube ría de Ademe, el inserto no llegaría a tocarla, ya que los ori f i c i o s se hacen 10" arriba de los coples de la tubería de pro- d u c c i ó n, y estos coples mantienen una distancia entre tuberías de 5/16" con lo que se asegura que no se dañe la tubería de re vestimiento. Otra consideración que es importante mencionar es

la desviación del agujero la cual es de 20° con respecto a la horizontal, lo que permite la entrada del gas hacia arriba con un ángulo de 70° en relación al flujo de aceite, lo que facilita el flujo ascendente y disminuye la posibilidad de desgaste de la tubería de producción en la pared opuesta al inserto.

También se puede utilizar un tipo de inserto dotado de un sistema de válvulas de contrapresión, con lo cual se permite el flujo del líquido o gas en una sola dirección lo que sirve de protección a la tubería de revestimiento, especialmente en los casos que se desee efectuar tratamientos con ácido para estimular la formación. En la fig. 2-C se puede observar este tipo de inserto.

OPERACIONES CON LINEA ACERADA

Para colocar los insertos de orificio en las tuberías de producción se usa un perforador que se introduce al pozo - con línea acerada.

El perforador más usado en la zona sur, es el Kinley de Alta potencia, el cual esta formado por tres partes principales que son:

- A.- Sección Inferior
- b.- Barril Superior
- c.- Sección de disparo.

Las funciones de cada sección se mencionan en los párrafos siguientes.

a.- Sección Inferior

Tiene cuatro funciones que son:

- 1.- Apoyar el perforador. Al fijarse la tubería de producción en la parte media de los coples y subir el conjunto, un pasador se atora y se rompe, quedando fija la sección inferior de la tubería de producción por medio de un resorte.
- 2.- Perforar la tubería de producción. el pasador mueve una cuña móvil que impulsa un piston el cual perfora la tubería y coloca el inserto en el agujero hecho anteriormente.
- 3.- Detener el viaje de la cuña móvil. La forma de detener la cuña móvil se logra en parte por el efecto de la grasa que existe entre esta y la cuña fija completándose el paro por el contacto de ambas cuñas.
- 4.- Recuperar el perforador. Por efecto del incremento de presión arriba del vástago viajero, ocasionado por el flujo de -

la grasa después de que la cuña móvil cierra el orificio de venteo, se rompe el pasador del vástago y este se mueve hacia abajo, obligando al candado a ocupar su lugar original - monteniéndose esta situación por efecto de los resortes del vástago viajero, quedando el perforador suelto y listo para recuperarse.

b.- Barril Superior.

Las funciones de esta sección son las siguientes: alojar el cartucho en su interior, guiar la cuña móvil en su movimiento descendente y conectar la sección inferior a la sección de -- disparo.

c.-Sección de Disparo

Esta sección tiene las siguientes funciones:

- 1.- Disparar por la acción del golpeo con tijeras en la parte superior del perforador, al romperse el pasador de la articulación superior la junta golpeadora transmite el efecto del golpe hasta el cartucho a través de 3 barras y un soltador de seguridad.
- 2.- Asegurar la operación de disparo. Entre las barras que transmiten el golpeo al cartucho, se tiene un soltador de seguridad que las mantienen alejadas, una vez que se llega a la profundidad de disparo, se desprende el soltador de seguridad quedando en posición vertical y en contacto con la barra superior y barras inferiores, manteniendo esa posición un resorte.

Lo anterior se logra al moverse el perforador hacia arriba y romperse el pasador de seguridad al chocar el soltador con el primer acoplamiento encontrado en la tubería de producción. En caso de utilizarse tuberías sin coples el soltador de seguridad debe bajarse --- en posición de disparo y la seguridad de que no se operará prematuramente, únicamente la da su pasador de la articulación superior, que generalmente requiere de dos ó tres golpes de tijera para romperse.

3.- Facilitar pescas. En la parte superior del perforador se tiene un cuello de pesca que permite resolver posibles problemas.

OPERACIONES EN EL POZO

Antes de efectuar las operaciones en el pozo deben revisarse los diámetros interiores de las tuberías de producción y procurar que la presión diferencial entre las tuberías de revestimiento y producción no sea mayor de 70 kg/cm^2 , con objeto de evitar daños al equipo.

Una vez satisfechas las condiciones anteriores y colocados correctamente los sistemas superficiales de seguridad (preventor, Lubricador, Prensaes topas, etc)., se baja el perforador hasta la profundidad a la que debe instalarse el orificio, más 65 pies (2 tubos), con objeto de preparar la posición de los soltadores y efectuar comprobaciones. Para liberar el soltador de seguridad, se mueve hacia arriba el perforador hasta encontrar un receso entre uniones de tubería y con un movimiento adicional de tres pies, se logra que el mismo receso obligue al detector de coples

a girar y permitir que el resorte del candado ponga a este en contacto con la tubería de producción, cuando se tenga la certeza de que el soltador de seguridad y el detector de coples han sido soltados, lo que generalmente se nota en la superficie en ambos casos y puede confirmarse en el caso de detector de coples mediante apoyo del soltador, se levanta el perforador hasta situarlo exactamente en el cople deseado y se sienta, quedando todo listo para el disparo.

Accionando los mecanismos de la sección de disparos se provoca una explosión en el cartucho y el movimiento descendente de la cuña móvil impulsa al pistón con inserto hacia la tubería de producción, con lo que queda hecho el trabajo.

Al bajar la cuña móvil y el vástago viajero de la sección inferior, el candado regresa a su posición original, quedando el perforador libre; lo anterior indica que la perforación fue hecha. Para sacar el perforador, este se baja ligeramente para tener la seguridad de que ha quedado libre y posteriormente se extrae del pozo.

Cuando se usan tuberías con juntas de rosca integral, se requiere apoyar el perforador en un candado de pared y bajar el soltador de seguridad en posición de disparo y sin el detector de coples. Los candados de pared representan un viaje adicional por cada perforación.

Para tener éxito en todas las operaciones, es necesario se seleccione perfectamente el tipo de pistón en el que se acopla el inserto de orificio, debiéndose también seleccionar adecuadamente el tipo de cartucho que se

RESULTADOS OBTENIDOS CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO

Actualmente se produce en la zona Sur $1903 \text{ m}^3/\text{día}$ de aceite neto - - - (11,970 brrls/día), con la instalación de insertos con orificio, para - bombeo neumático de flujo continuo. A continuación se detalla algunos resultados obtenidos en los distritos de Agua Dulce y Comalcalco en -- donde se aplica el sistema de explotación mencionado anteriormente.

A.- DISTRITO AGUA DULCE

Hasta el día 28 de febrero de 1981, se habían convertido 58 pozos al - sistema de bombeo neumático, utilizando insertos con orificio. De las - 58 intervenciones 41 fueron exitosas, siendo el problema en los casos - de fallas la baja recuperación de fluidos, razón por la que en estos -- pozos se utilizará el Sistema de Flujo Intermitente.

La producción acumulativa de aceite neta obtenida hasta el 28 de febrero de 1981, con el total de conversiones es de: 94071 m^3 .

Actualmente operan 33 pozos, con una producción bruta de aceite de $1059 \text{ m}^3/\text{día}$, con valor neto de $884 \text{ m}^3/\text{día}$ de lo que resulta una producción neta de aceite de $26 \text{ m}^3/\text{día}$ promedio por pozo. La relación gas/aceite - promedio es de $213 \text{ m}^3/\text{m}^3$ y la relación gas inyectado líquido es de - - - $161 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Comparando estos resultados con el comportamiento general del sistema de bombeo neumático en el distrito de agua dulce, se concluye que los resultados obtenidos son sumamente satisfactorios. En la tabla 4 se detallan los resultados obtenidos por campo.

B.- DISTRITO COMALCALCO

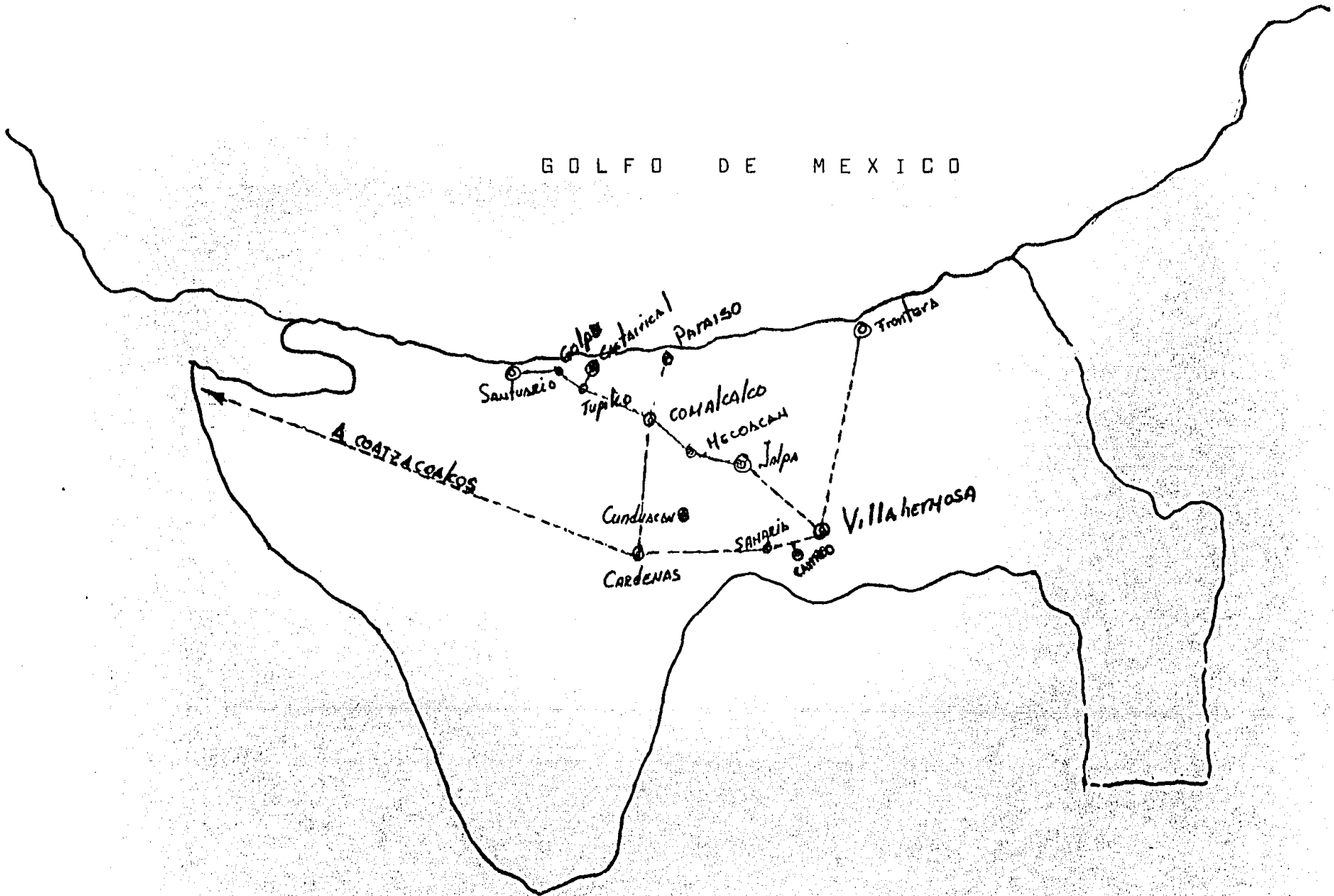
En el distrito Comalcalco se han convertido 41 pozos al sistema de bombeo neumático con inserto de orificio, habiéndose iniciado la explotación de los pozos en el segundo semestre de 1970, al terminarse la instalación de compresoras y redes de bombeo neumático. De las 41 intervenciones, 34 fueron exitosas teniéndose 7 pozos fuera de operación (2 por arenamiento) (2 por baja recuperación de fluidos), (1 por producir con alta relación gas inyectado líquido,) (Uno por invasión de agua salada) y un último por el aparejo que no operó por efectuarse reparación mayor.

Actualmente operan 34 pozos con una producción bruta de aceite de 1129 m³/día, con valor neto de 1019 m³/día de lo que resulta una producción neta de aceite de 29m³/día por pozo. La relación gas-aceite promedio es de 142 m³/m³ y la relación gas líquido inyectado (RGLI) es de 175 m³/m³

Debido a la aplicación reducida del Sistema de Bombeo Neumático, antes de las 41 conversiones efectuadas con insertos, no se tiene una base de comparación, pero relacionando los resultados, con los obtenidos en el Distrito de Agua Dulce se concluye que estos son muy semejantes y satisfactorios. En la tabla No. 5 se muestran los resultados obtenidos por cada campo.



GOLFO DE MEXICO



ESTADO DE TABASCO

Croquis No. 2

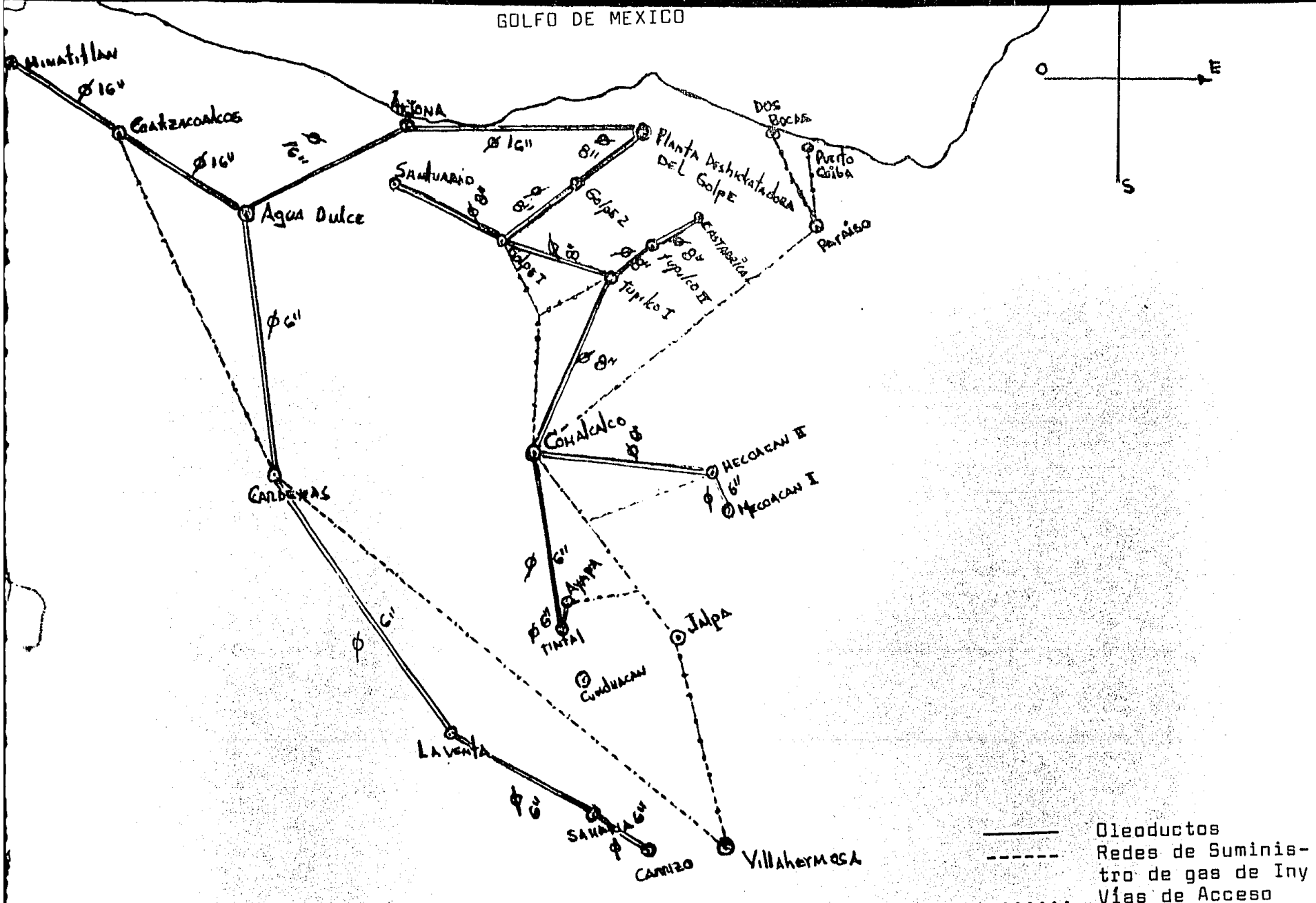


DIAGRAMA DE BOMBEO DEL DISTRITO DE COMALCALCO, ZONA SUR DE PETROLEOS MEXICANOS

VOLUMENES DE GAS QUE FLUYEN A TRAVES DE DIFERENTES ORIFICIOS
 PARA UNA PRESION BASE DE 14.65 PSIA, TEMPERATURA BASE DE 60° F
 Y GAS CON DENSIDAD RELATIVA DE 0.65 (AIRE = 1)

Ø DEL ORIFICIO (pulg)	PRESION DIFERENCIAL lb/pulg ² .)	P.INICIAL 600 lb/pulg ² . G A S T O (pies ³ /día) (m ³ /día)		P.INICIAL 700 lb/pulg ² G A S T O (pies ³ /día) (m ³ /día)		P.INICIAL 800 lb/pulg ² G A S T O (pies ³ /día) (m ³ /día)	
3/64	100	20 000	566	30 000	708	35 000	991
	200	30 000	849	40 000	1 132	40 000	1 132
	MAXIMA	40 000	1 132	50 000	1 415	50 000	1 415
4/64	100	40 000	1 132	40 000	1 132	50 000	1 415
	200	50 000	1 415	50 000	1 415	60 000	1 699
	MAXIMA	55 000	1 557	60 000	1 699	70 000	1 982
5/64	100	50 000	1 415	65 000	1 699	75 000	2 123
	200	70 000	1 982	90 000	2 548	90 000	2 548
	MAXIMA	80 000	2 265	100 000	2 831	100 000	2 831
6/64	100	80 000	2 265	90 000	2 548	100 000	2 548
	200	100 000	3 114	120 000	3 398	140 000	3 964
	MAXIMA	120 000	3 398	140 000	3 964	150 000	4 247
7/64	100	120 000	3 398	130 000	3 681	140 000	3 964
	200	150 000	4 247	150 000	4 247	175 000	4 955
	MAXIMA	150 000	4 247	180 000	5 097	200 000	5 663
8/64	100	150 000	4 247	170 000	4 813	200 000	5 663
	200	200 000	5 663	225 000	6,371	245 000	6 937
	MAXIMA	200 000	5 946	250 000	7 079	260 000	7 362
9/64	100	200 000	5 663	220 000	6 229	250 000	7 079
	200	250 000	7 079	280 000	7 928	310 000	8 778
	MAXIMA	260 000	7 362	300 000	8 495	350 000	9 911
10/64	100	250 000	7 079	260 000	7 362	300 000	8 495
	200	300 000	8 778	350 000	9 911	370 000	10 477
	MAXIMA	310 000	9 061	375 000	10 619	425 000	12 034
11/64	100	300 000	8 495	340 000	9 627	360 000	10 194
	200	365 000	10 335	410 000	11 610	460 000	13 025
	MAXIMA	380 000	10 760	450 000	12 742	500 000	14 158

JTA.- Para otras condiciones de temperatura y densidad relativa del gas, corríjanse los gastos aplicando el factor $F=0.0544\sqrt{\frac{GT}{T}}$,
 en donde G=Densidad relativa real del gas (Aire=1) y T = temperatura real del gas, en ° F.

RESUMEN DEL COSTO DE LA INSTALACION DE INSERTOS CON
ORIFICIO EN EL DISTRITO DE AGUA DULCE

C A M P O	CINCO PRESIDENTES	OGARRIO	OTATES	SAN RAMON	TONALA	PAJONAL	TUCAN	MAGALLANES	TOTAL
NUM. DE INSTALACIONES CON INSERTOS.	17	4	4	14	1	7	5	6	58
TOTAL DE INSERTOS INSTALA- DOS.	65	14	16	70	3	42	30	36	276
TOTAL DE TIEMPO EMPLEADO EN LA INSTALACION DE INSERTOS (HORAS)	236	48	57	300	11	152	118	170	1 092
COSTO TOTAL DE LA INSTALA- CION DE INSERTOS (PESOS M.N.)	88 976	19 405	21 943	104 553	4 379	53 905	40 305	52 994	386 460
PROMEDIO DE HORAS EMPLEADAS POR INSTALACION	14	12	14	21	11	22	24	28	19
COSTO PROMEDIO POR INSTALA- CION (PESOS M.N.)	5 234	4 851	5 486	7 468	4 379	7 701	8 061	8 832	6 663

TABLA 2-A

RELACION DE POZOS CON INSERTOS DE ORIFICIO
EN EL DISTRITO DE AGUA DULCE

CAMPO	POZOS INTERVENIDOS
CINCO PRESIDENTES	3-I, 5, 7, 18-S, 27, 28-I, 30-S, 56-I, 58, 60-I, 71-S, 73-I, 74, 77, 85 87-I y 89-A
OGARRIO	3-I, 6, 8-S, 10
OTATES	5-S, 7-I, 18-S, 73
SAN RAMON	1, 7-S, 14-A, 19-I, 20, 22-B, 25-S, 26-I, 35-A, 39-S, 40-B, 56-I, 70, 78-B
TONALA	73-I
PAJONAL	33-I, 42-A, 37-S, 72, 75-S, 82-B, 85
TUCAN	1-B, 14-S, 42, 55, 78-I
MAGAÑANES	6-B, 17-I, 19-S, 36-A, 48, 66-I

T A B L A 3

RESUMEN DEL COSTO DE LA INSTALACION DE INSERTOS CON
ORIFICIO EN EL DISTRITO DE COMALCALCO

C A M P O	MECOACAN	TUPILCO	CARRIZO	EL GOLPE	TOTAL
NUM. DE INSTALACIONES CON INSERTOS.	7	6	2	26	41
TOTAL DE INSERTOS INSTALADOS	30	37	10	142	219
TOTAL DE TIEMPO EMPLEADO EN LA INSTALACION DE INSERTOS (HORAS)	68	80	23	332	503
COSTO TOTAL DE LA INSTALACION DE INSERTOS (PESOS M.N.)	30 529	37 253	10 024	148 021	225 827
PROMEDIO DE HORAS EMPLEADAS POR INSTALACION	10	13	12	13	12
COSTO PROMEDIO POR INSTALACION (PESOS M.N.)	4 361	6 208	5 012	5 693	5 508

TABLA 3-A

RELACION DE POZOS CON INSERTOS DE ORIFICIO
EN EL DISTRITO DE COMALCALCO.

CAMPO	POZOS INTERVENIDOS
MECOACAN	12-S, 17-B, 42, 53, 61-I, 69-S, 72-B
CARRIZO	101, 103-I
TUPILCO	56-B, 76-I, 103-I, 105, 63-A, 45-S
EL GOLPE	3, 5-B, 7-I, 10-S, 11-I, 17, 23-I, 25, 33-I, 35-S, 42, 43-I, 56, 57-B, 60, 62-S, 69, 71-S, 73, 75-S, 77-A, 82, 85-I, 92, 101, 105-S

T A B L A 4
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISTRITO DE AGUA DULCE, CON
LA CONVERSION DE POZOS AL SISTEMA DE BOMBEO NEUMATICO. UTILIZANDO
INSERTOS CON ORIFICIO

C A M P O	5 PRESI DENTES	OGARRIO	OTATES	SAN RAMON	TONALA	PAJONAL	TUCAN	MAGA LANES	TOTAL
NUM. DE POZOS A LOS QUE SE LES HA - INSTALADO INSERTOS CON ORIFICIO	17	4	4	14	1	7	5	6	58
NUM. DE POZOS EN LOS QUE SE HA OB- TENIDO EXITO	16	4	0	12	1	1	5	2	41
NUM. DE POZOS QUE PRODUCEN ACTUAL- MENTE.	11	3	0	10	1	1	5	2	33
PRODUCCION DE ACEITE BRUTO(m3/día)	465	127	0	223	82	77	63	22	1 059
PRODUCCION DE ACEITE NETO(m3/día)	395	47	0	214	70	73	63	22	884
PROMEDIO DE PRODUCCION DIARIA DE ACEITE NETO POR POZO (m3).	35	15	0	21	70	73	12	11	30
PRODUCCION DE GAS (m3/día)	91 200	12 500	0	43 100	10 000	7 700	16 500	7 600	188 600
VOLUMEN DE GAS INYECTADO (m3/día)	58 100	6 800	0	64 300	-	6 100	27 400	8 000	170 700
RELACION GAS ACEITE (m3/m3)	230	265	0	201	142	105	261	345	1 549
RELACION GAS INYECTADO LIQUIDO (m3/m3)	124	53	0	288	-	79	434	363	1 341
PRODUCCION ACUMULATIVA DE ACEITE NETO OBTENIDA CON EL TOTAL DE LAS CONVERSIONES (m3)	30 119	13 846	181	42 973	131	3 780	2 713	328	94 071

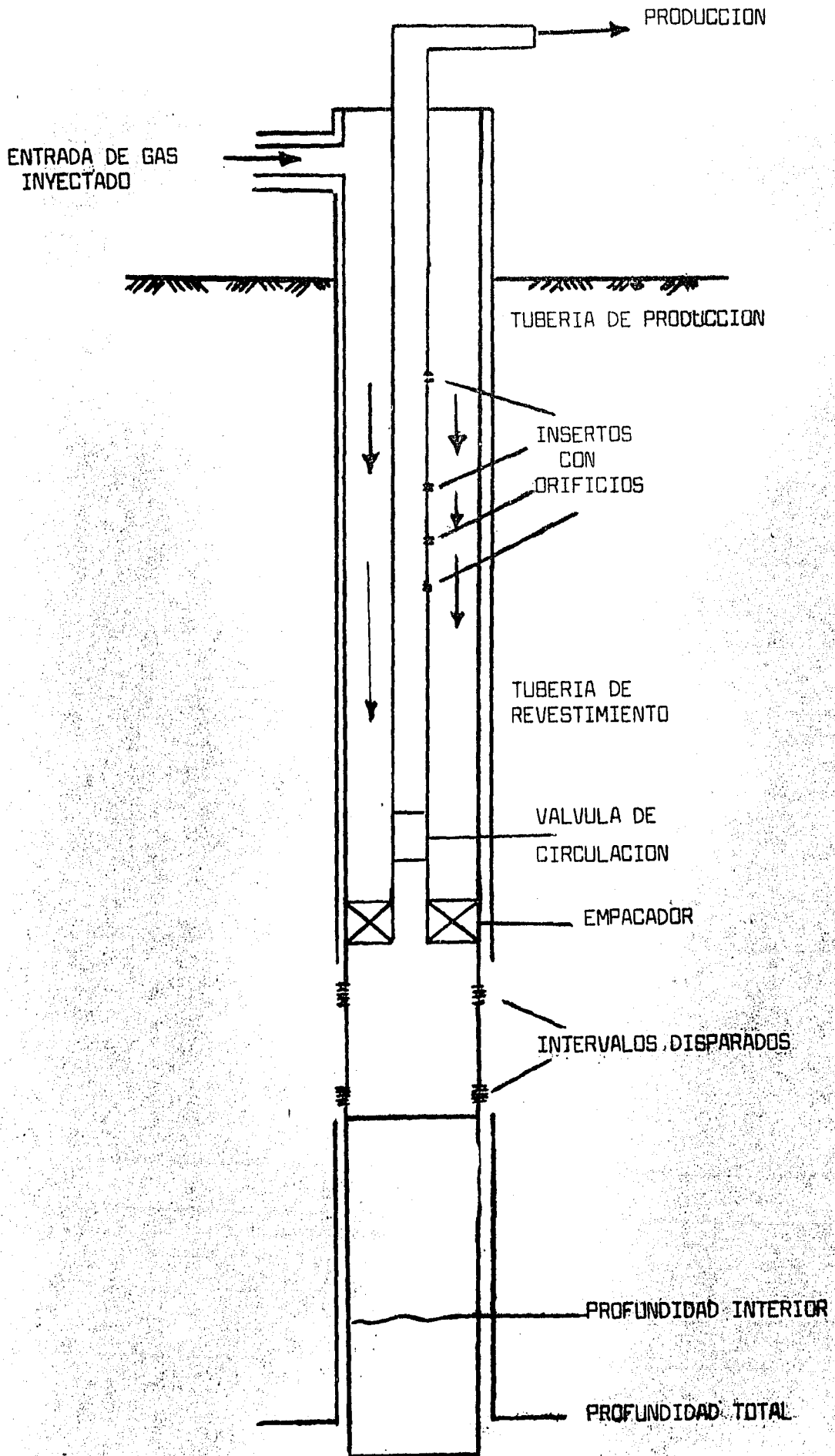
Nota: Los valores de producción acumulativa están contabilizados hasta el día 28 de febrero de 1980 y los valores diarios co -
rresponden a las últimas pruebas de producción efectuadas por pozo.

T A B L A 5

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISTRITO DE COMALCALCO, CON
LA CONVERSION DE POZOS AL SISTEMA DE BOMBEO NEUMATICO UTILIZANDO
INSERTOS CON ORIFICIO

C A M P O	MECOACAN	TUPLICO	CARRIZO	EL GOLPE	TOTAL
NUM.DE POZOS A LOS QUE SE LES HA INSTALADO INSERTOS CON ORIFICIO.	7	6	2	26	41
NUM.DE POZOS EN LOS QUE SE HA OBTENIDO EXITO	5	5	2	22	34
NUM.DE POZOS QUE PRODUCEN ACTUALMENTE	5	5	2	22	34
PRODUCCION DE ACEITE BRUTO (m ³ /día)	168	145	107	709	1 129
PRODUCCION DE ACEITE NETO (m ³ /día)	129	133	72	685	1 019
PROMEDIO DE PRODUCCION DIARIA DE ACEITE NETO (m ³ /día)	25	26	36	31	29
PRODUCCION DE GAS (m ³ /día)	27 300	22 300	8 800	96 800	145 200
VOLUMEN DE GAS INYECTADO (m ³ /día)	33 000	28 300	13 400	123 000	197 700
RELACION GAS ACEITE (m ³ /m ³)	216	168	122	127	142
RELACION GAS INYECTADO LIQUIDO (m ³ /m ³)	196	195	125	173	175
PRODUCCION ACUMULATIVA DE ACEITE NETO OBTENIDO CON EL TOTAL DE LAS CONVERSIONES (m ³)	12,642	7,436	4,820	68 494	93 392

NOTA: Los valores de producción acumulativa, están contabilizados hasta el día 28 de febrero de 1980 y los valores diarios corresponden a las últimas pruebas de producción efectuadas por pozo.



INYECCION DE GAS EFECTUADA A TRAVES DE ORIFICIOS EN LA T.P.

FIG. No. 1

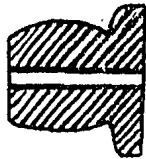
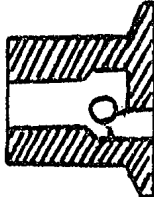











D I A M E T R O		
2/64		
3/64		
4/64		
5/64		
6/64		
7/64		
8/64		

FIGURA 2-A
 INSERTOS CON ORIFICIO PARA UTILIZARSE
 EN TUBERIAS DE 1 3/4" y 1 1/2" Ø


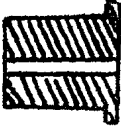
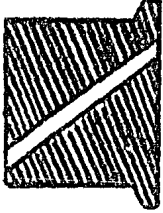
D I A M E T R O	 	
2/64	○	
3/64	○	
4/64	○	
5/64	○	
6/64	○	
7/64	○	
8/64	○	○
9/64	○	○
10/64	○	○
11/64	○	○

FIG. 2-8

INSERTOS CON ORIFICIO TIPO COMUN PARA UTILIZARSE EN TUBERIA DE 2" ó DIAMETROS MAYORES.

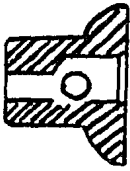
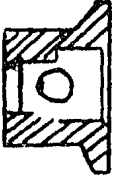
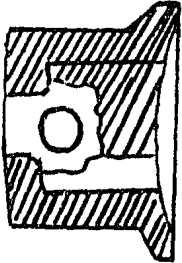
D I A M E T R O			
2/64	•		
3/64	◦		
4/64	◦		
5/64	◦		
6/64	◦		
7/64	◦		
8/64		◦	
9/64		◦	
10/64		◦	
11/64			
12/64			◦
14/64			◦
16/64			◦

FIGURA 2-C

=====

INSERTOS CON ORIFICIO DOTADOS DE VALVULAS DE CONTRAPRESION
PARA UTILIZARSE EN TUBERIA DE 2" O DIAMETROS MAYORES.

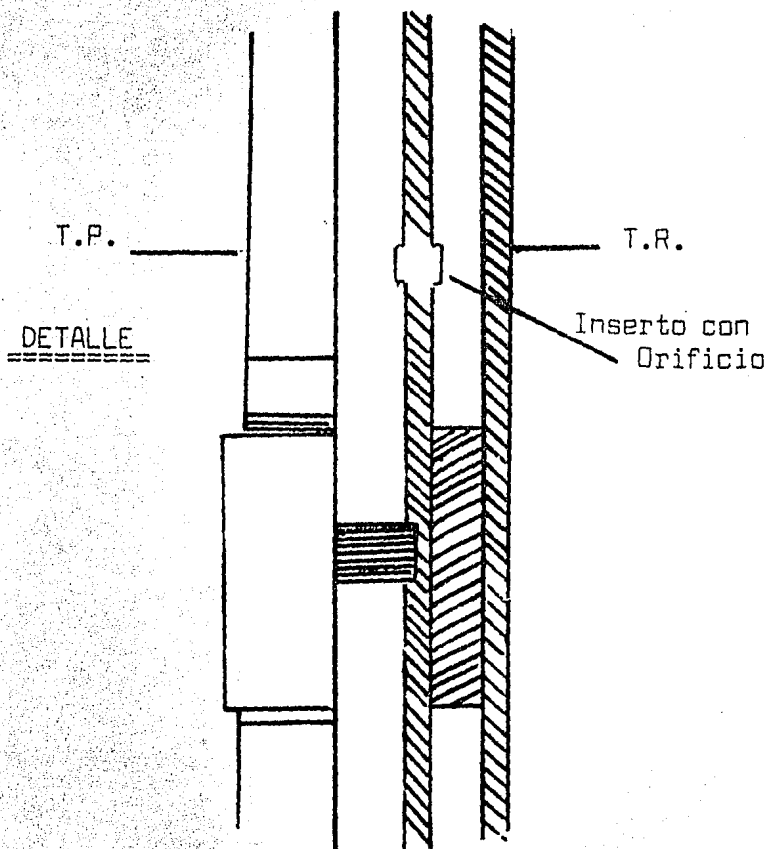
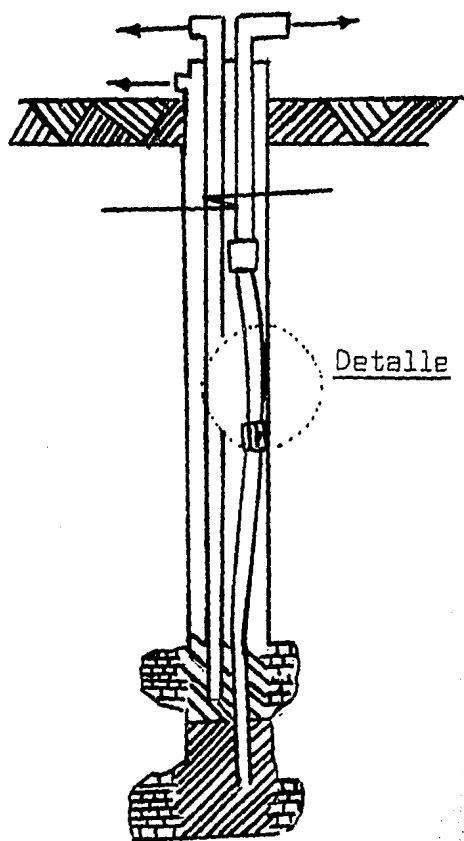
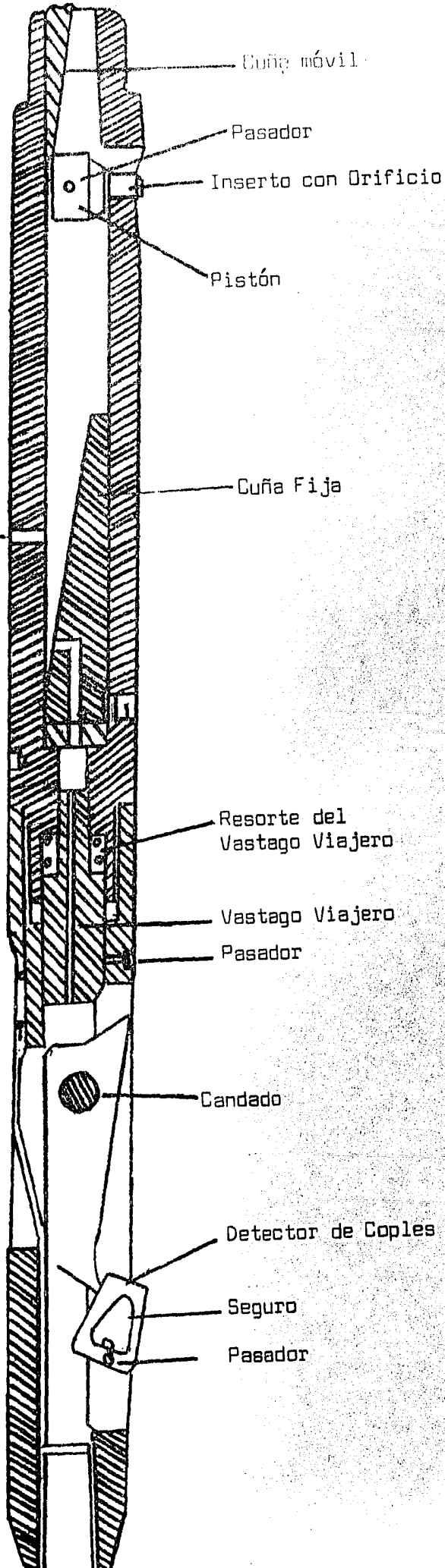


FIGURA 2-D



Agujero de Ventec



Cuña móvil

Pasador

Inserto con Orificio

Pistón

Cuña Fija

Resorte del Vastago Viajero

Vastago Viajero

Pasador

Candado

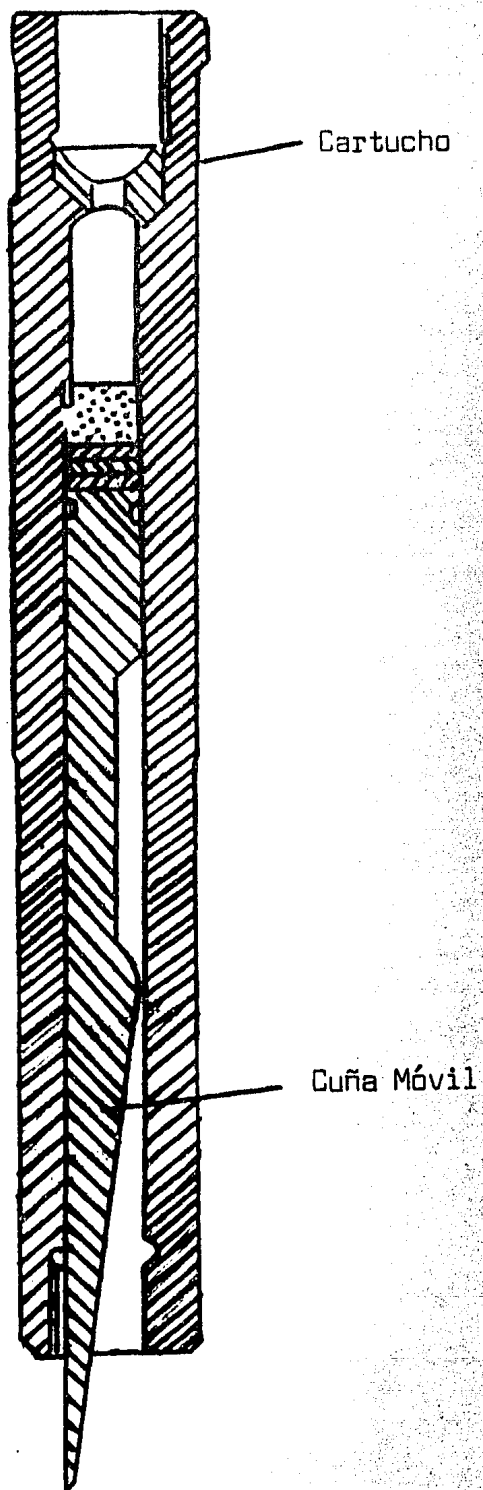
Detector de Coples

Seguro

Pasador

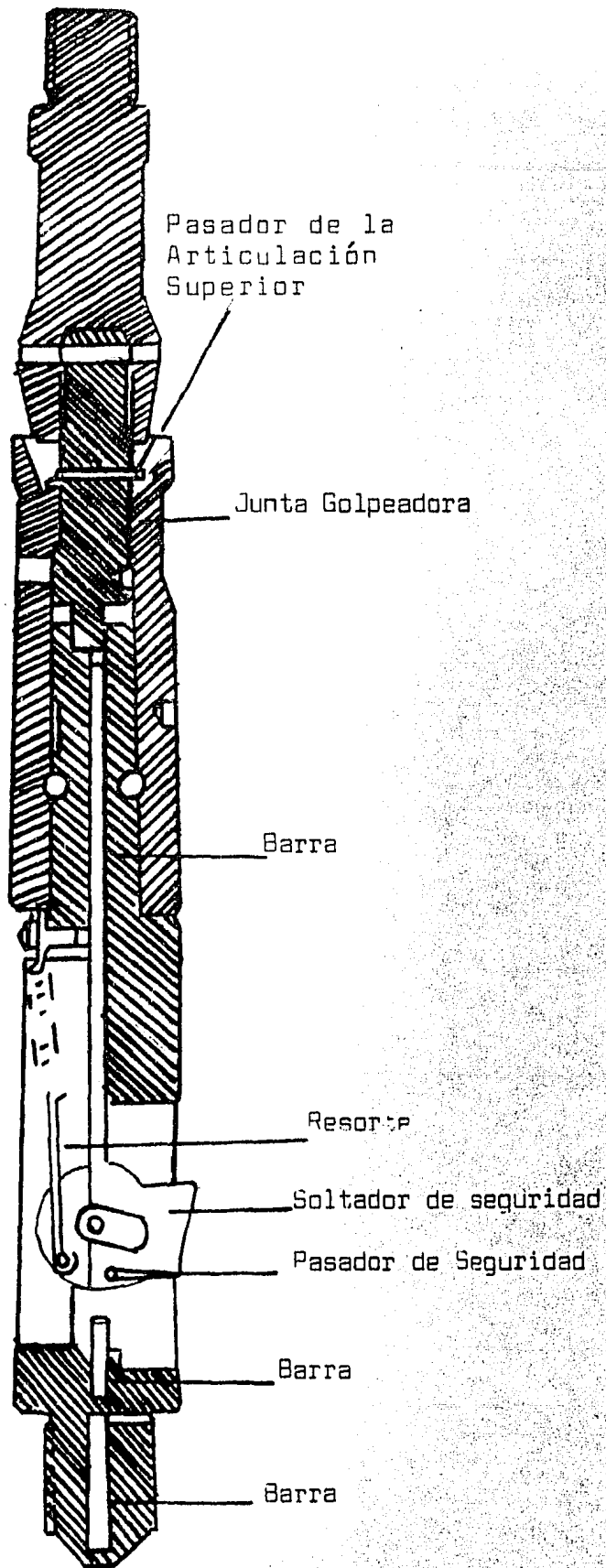
SECCION INFERIOR

Fig.No. 3



BARRIL SUPERIOR

=====
FIG. No. 4
=====



SECCION DE DISPARO

FIG. NO. 5

REFERENCIAS

- 1.- Herald W/Woncler y Sodney S. Smith
"CAMCO GAS LIFT MANUAL"
- 2.- Información del Departamento de Geofísica
de explotación del Distrito de Agua Dulce,
Ver.,
- 3.- Información de los Departamentos de Produc-
ción de los distritos de Agua Dulce, Ver., y
Comalcalco, Tab.
- 4.- Manual sobre Insertos con Orificio, editado
por Petróleos Mexicanos en el año de 1971,
elaborado por el Ing. Andrés Dávila Ascencio
con la colaboración de los Ingenieros Rodolfo
Banuelos Damian y Manfredo Flores Pagaza.