

2ej. 40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

**EQUIPO PARA EL CONTROL DE BROTES  
EN POZOS PETROLEROS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A

*J. Jesús Romo Juárez*



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.

# EQUIPO PARA EL CONTROL DE BROTES EN POZOS PETROLEROS

## INTRODUCCION.

- I OBJETIVO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE BROTES.
- II ARREGLO DEL CONJUNTO DE PREVENTORES.
- III LAS LINEAS PARA MATAR Y ESTRANGULAR; EL MULTIPLE DE ESTRANGULACION Y LOS ESTRANGULADORES.
- IV EQUIPO PARA OPERAR LOS PREVENTORES.

# C O N T E N I D O

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION .....	1
I. OBJETIVO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE BROTES.	
A. Objetivo .....	2
B. Los componentes de un conjunto de preventores; qué son y cómo funcionan	4
C. Tamaño y presión de trabajo de los preventores.....	8
D. El carrete de perforación.....	8
E. Líneas de alivio .....	10
F. Cabezales y carretes para tubería de revestimiento (TR).....	10
G. Conexiones.....	11
II. ARREGLO DEL CONJUNTO DE PREVENTORES.	
A. Arreglos posibles.....	14
B. Cómo diseñar un conjunto de preventores.....	21
III. LAS LINEAS PARA MATAR Y ESTRANGULAR; EL MULTIPLE DE ESTRANGULAR Y LOS ESTRANGULADORES.	
A. Las líneas para matar y estrangular..	26
B. Múltiples de estrangulación.....	30
IV. EQUIPO PARA OPERAR LOS PREVENTORES.	
A. Fuente (s) de potencia.....	35
B. Acumuladores.....	37
C. Múltiple de control.....	39
D. Fluidos de operación.....	41
BIBLIOGRAFIA.....	42

## I N T R O D U C C I O N

En los pozos petroleros, durante su perforación, se presentan diversos problemas, algunos inesperados, como es el descontrol de esos pozos.

Del descontrol o brote imprevisto de un pozo petrolero, se ocupará, este trabajo escrito; pero desde el punto de vista del equipo que se utiliza para resolver dicho problema.

## I OBJETIVO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE BROTES.

### A. OBJETIVO

El objetivo de un sistema para el control de brotes es el permitir el dominio del pozo cuando hay presión en la cabeza de éste.

Se requiere de mecanismos o dispositivos para:

1. Cerrar el pozo.
2. Desalojar los fluidos.
3. Bombear fluidos dentro del pozo.

1. Este requisito implica válvulas grandes (preventores) conectadas a la tubería de revestimiento cementada. La tubería de revestimiento debe estar cementada a una -- profundidad a la cual la formación no se fracture a la -- máxima presión esperada; debe tener una presión de ruptura mayor que la máxima esperada, y debe poder soportar el -- peso del conjunto de preventores.

Debe haber equipo para cerrar el pozo con ó sin tubería dentro del agujero, un dispositivo para cerrar el -- interior de la tubería dentro del pozo, y un método para meter o sacar la tubería a presión. La tubería dentro del

pozo puede consistir de tubería de perforación, lastrabarreras, tubería de producción o tubería de revestimiento.

2. El desfogue controlado de fluidos requiere válvulas, conexiones, tubería y estranguladores. Estos permiten el flujo de lodo, gas, aceite ó agua a las presiones deseadas. La tubería de descarga conduce estos fluidos a la presa de desperdicio, al separador, al quemador ó a las presas de lodo, según sea el caso.

3. Cuando hay tubería dentro del pozo, por lo general el bombeo de fluidos se efectúa por el sistema de circulación de lodo. Cuando las presiones se tornan excesivas, ó cuando la tubería está fuera del pozo, se requieren conexiones adicionales.

Se requiere de una fuente de potencia y un sistema de control para cerrar rápidamente los preventores.

B. LOS COMPONENTES DE UN CONJUNTO DE PREVENTORES; QUE SON Y COMO FUNCIONAN

Los componentes básicos de un conjunto de preventores son:

1. Preventor con arietes (rams) ciegos.
2. Preventor con arietes para tubería de perforación.
3. Preventor anular.
4. Carrete de perforación.
5. Línea de matar.
6. Línea de estrangular.
7. Niple campana.
8. Línea de llenado.

La figura 1 muestra un conjunto típico de dos preventores de arietes y un preventor anular.

Originalmente los preventores se operaban manualmente, pero hoy en día se operan hidráulicamente. Para operaciones terrestres, los preventores tienen candados manuales; pero para operaciones marinas es esencial que tengan - - candados hidráulicos.

Los preventores se pueden dotar con arietes para cerrar sin tubería dentro del pozo, o con arietes para cerrar contra tubería. A los arietes para cerrar sin tubería dentro del pozo se les llama arietes ciegos. Algunos preventores son unidades dobles ó triples, con dos o tres juegos de arietes en un solo cuerpo.

Los arietes se operan por medio de pistones de acción doble, impulsados por fluido comprimido. El diseño de los arietes permite que la presión del pozo ayude a mantenerlos cerrados.

El empaque frontal del ariete está vulcanizado, y reforzado con acero, y tiene una reserva efectiva de hule autoalimentable. El hule es resistente al aceite. Se puede mover la tubería teniendo el preventor cerrado, pero ésto limita la vida útil del ariete. Cuando se hace esta operación, la presión de cierre no debe exceder a la recomendada por el fabricante.

Si los arietes para tubería de perforación se cierran sobre el hombro de la junta del tubo, evitará que la presión del pozo empuje a la tubería. En una emergencia, los arietes se pueden usar para soportar el peso de la

sarta de perforación, recargando la junta sobre los --  
arietes ya cerrados y cerrando los candados de los --  
arietes.

Los preventores anulares cuentan con un anillo de -  
hule vulcanizado, reforzado con acero que puede cerrar-  
con ó sin tubería dentro del pozo, cuando se le cierra-  
hidráulicamente.

Los reguladores controlan verticalmente la presión-  
de cierre. Cuando es necesario mover o girar la tubería  
teniendo cerrado el preventor anular, y teniendo la - -  
presión en el espacio anular, el regulador de presión -  
se debe ajustar para que permita una ligera fuga entre-  
la tubería y el hule. Con ésto se deteriora menos el --  
empaque de hule. Las juntas de la tubería se pueden --  
mover a través del preventor anular cerrado, aunque - -  
esto no es aconsejable.

El preventor anular se puede cerrar y obtener un --  
sello, sin tener tubería dentro del pozo, ó contra un -  
cable de acero; ésto no debe hacerse normalmente porque  
se somete al alemento de sello a esfuerzos excesivos. -  
Las pruebas de rutina del preventor anular deben hacerse  
cerrándolo contra tubería a la presión recomendada por-

los fabricantes.

Un preventor anular tiene ventajas sobre un solo - -  
preventor de arietes.

Algunas de estas ventajas:

1. Puede cerrar contra lastrabarrenas, Keli (Kelly),  
o cualquier segmento de una sarta de perforación  
de dos ó más tamaños.
2. Puede cerrar contra otras herramientas, tales --  
como cable de registros, etc.
3. Estando cerrado, se puede reciprocarse o girar la-  
tubería.
4. Se puede cerrar el pozo más aprisa, pues puede - -  
cerrar contra Keli (Kelly).
5. Se puede meter o sacar, existiendo en el pozo, -  
presión la sarta de perforación.
6. Se puede cerrar sin tener tubería dentro del - -  
pozo.

### C. TAMAÑO Y PRESION DE TRABAJO DE LOS PREVENTORES.

Los preventores deben elegirse del tamaño que permita el paso de la tubería de revestimiento (TR) y su colgador.

La presión de trabajo debe ser mayor ó igual a la -- menor de:

1. La presión superficial máxima anticipada.
2. La presión de ruptura de la tubería de revestimiento.
3. La presión de fractura de la formación en la base de la tubería de revestimiento.

Algunos preventores tienen salidas laterales que -- pueden usarse para estrangular o matar el pozo, sustituyendo así al carrete de perforación.

### D. EL CARRETE DE PERFORACION

El carrete de perforación se conecta a las líneas de matar y estrangular, lo cual permite bombear fluidos -- dentro del pozo y controlar el flujo de éste, cuando los

preventores están cerrados. En pozos de baja presión, -- las líneas de estrangular y de matar generalmente se -- conectan a las salidas laterales del cabezal, pero en -- pozos o conjuntos de preventores de alta presión, las -- conexiones laterales del cabezal se reservan para emergen -- cias, y entonces se incluye en el conjunto de preventores uno o más carretes de perforación.

Las especificaciones de un carrete de perforación son:

1. Una o dos salidas laterales, no menores de 2" de diámetro.
2. Un diámetro interior cuando menos igual al diámetro exterior máximo de la última tubería de revestimiento. Si por el carrete deben pasar colgadores para tubería de revestimiento, o probadores de bola, el diámetro interior máximo del último cabezal para tubería de revestimiento (TR).
3. Una presión de trabajo semejante a la de la última brida del cabezal y con la de los preventores.

#### E. LINEAS DE ALIVIO.

Las líneas de alivio son de diámetro grande, y permiten reducir las presiones en el cabezal cuando el preventor está cerrado. Las líneas de alivio son importantes en tuberías superficiales someras, donde es posible fracturar la formación a presiones bajas. Se conectan al conjunto de preventores de la misma manera que las líneas de -- estrangular. Son indispensables cuando se espera encontrar gas o flujo de agua a profundidades someras, especialmente en pozos marinos. En estos casos se usan en conjuntos con un desviador de flujo.

#### F. CABEZALES Y CARRETES PARA T.R.

Los cabezales son una parte del pozo. Sirven para -- anclar y sellar alrededor de la siguiente sarta de T.R. -- Soportan al conjunto de preventores y tienen salidas laterales, para recibir las líneas de matar y estrangular. En conjuntos de alta presión, estas salidas laterales se -- deben reservar para emergencias.

Los cabezales se pueden adquirir con conexión para -- enroscar o con preparación para soldar la T.R. Las sartas

subsecuentes de T.R. se anclan en carretes que se conectan por medio de bridas al cabezal. Las especificaciones API para cabezal son aplicables al carrete para T.R. Las salidas laterales si no se usan deben tener una válvula y se debe instalar un manómetro.

#### G. CONEXIONES.

En las conexiones más comunes para preventores y carretes, existen dos tipos API básicos: 6B, que es para presiones máximas de trabajo de 140 (2 000), 210 (3 000), 350 (5 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>); 6 BX, que es para presiones de trabajo de 700 (10 000), 1 050 (15 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>), excepto para 13.3/8" y 16.3/4" que únicamente existen para 350 (5 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>).

A la presión máxima de trabajo se le llama también presión máxima de servicio. Las presiones de prueba en fábrica especificadas por el API son el doble de la presión de trabajo, excepto para las dos más altas.

Las bridas 6B tienen ranuras con el fondo plano, y aceptan anillos selladores de metal tipos R y RX. Los anillos tipo R pueden tener sección ovalada u octagonal. Se pueden usar solamente anillos tipo R con sección

ovalada en las ahora obsoletas bridas con sección redonda. Las bridas tipo BX aceptan solamente anillos BX. Los anillos tipo RX y BX no son intercambiables. (Fig. 2).

Los sellos de presión energizada tienen un mérito -- considerable. Con un sello normal, el peso del conjunto de preventores descansa sobre el anillo sellador. El peso y la vibración deforman los anillos, lo cual afloja los espárragos por lo que se requiere apretarlos periódicamente. Los anillos de presión energizada sellan aún estando flojos. Los anillos tipo RX también soportan carga, pero los anillos tipo BX son mejores puesto que su diseño permite que se junten las caras de las bridas para que soporten el peso. Los anillos tipo BX tienen algo de interferencia, y no se recomienda se usen mas de una vez.

También se usan conexiones de grampa, las cuales son más rápidas de armar y desarmar que las bridas API. Las grampas están diseñadas para soportar cargas, tanto en pandeo como en tensión.

La grampa Cameron se fabrica para recibir anillos -- tipo RX y BX, pero no para ambos. El anillo Grayloc combina labios ahusados y flexibles en cada lado de una costilla rígida. El ángulo de los labios del anillo es ligera

mente menor que el de la ranura compañera, formando así un sello al juntarse.

La costilla rígida del sello provee un tope definitivo al apretarlo y evita que el sello se deforme debido al sobre-apriete. El sello es de presión energizada. Las grampas Cameron y Grayloc son similares en apariencia.

## II ARREGLO DEL CONJUNTO DE PREVENTORES.

### A. ARREGLOS POSIBLES.

Hay muchos arreglos posibles. Pueden incluir el uso duplicado de preventores y de líneas de matar, estrangular y de alivio. Se requieren dos preventores con arietes para tubería de revestimiento. Si se usa una sarta de perforación con dos tamaños de tubería.

Las instalaciones para alta presión incluyen un preventor extra y una línea extra de estrangular conectada al cabezal. En conjuntos para alta presión se requieren estranguladores múltiples. Si se usan preventores con salidas laterales, se puede omitir el carrete de perforación. Las líneas de matar y estrangular se conectan a las salidas laterales del preventor.

El niple campana y la línea de flujo se instalan sobre el conjunto de preventores. Su objetivo es guiar el flujo normal al estar perforando y no para el control de presión.

La línea de llenar, cuyo objetivo es mantener lleno el agujero al sacar la tubería, se conecta al niple cam-

pana. El bombeo de lodo desgasta la línea de llenado, y causaría un punto débil si se conectara abajo de un -- preventor.

El preventor anular, necesario para cerrar contra-- lastrabarrenas, se instala inmediatamente abajo del - - niple campana. Para cambiar el elemento de sello del -- preventor anular se requiere levantar su tapa superior. Sería ilógico tener que levantar otros preventores para hacer este cambio, e impráctico cuando un preventor - - superior se encuentra cerrado y está soportando presión.

Ha sido imposible estandarizar el arreglo de los -- preventores de arietes porque ningún arreglo tiene ventajas o desventajas sobresalientes. Esto se ilustra en la siguiente comparación.

Se pueden hacer cuatro arreglos cuando se usan dos-- preventores de arietes y un carrete de perforación.

## ARREGLOS

PC Preventor con arietes ciegos

C Carrete de perforación.

PT Preventor con arietes para tubería

1	2	3	4
PC	PC	PT	PT
C	PT	PC	C
PT	C	C	PC

LAS VENTAJAS DE CADA UNO DE ESTOS ARREGLOS SON:

1.1 y 2: con tubería dentro del pozo, los arietes - - ciegos superiores se pueden cambiar a arietes para tube- - ría. Cuando se hace ésto, la tubería se puede mover tenien- - do cerrados los arietes superiores, manteniendo los - - arietes inferiores de reserva.

2.1: teniendo instalados dos juegos de arietes para- - tubería y algo de tubería dentro del pozo, la sarta de - - perforación se puede meter a presión hasta el fondo.

3.1: si aparece una fuga en las conexiones arriba de - - la rotatoria, la sarta de perforación se puede suspender - - en los arietes inferiores y, cerrando los arietes ciegos, - - se puede circular. Esto también es aplicable al arreglo - - 2, si hay suficiente espacio entre arietes para que se - - aloje la junta.

4.1: Los arietes inferiores para tubería se pueden - - cerrar para reparar el carrete de perforación.

5.1, 2 y 3: cuando se cierran los arietes ciegos se - - puede usar la línea de estrangular conectada al carrete - - de perforación.

6.2 y 3: con cualquier preventor cerrado, se puede usar la línea de estrangular conectada al carrete de perforación.

7.2 y 3: usando un preventor doble, la altura de la subestructura puede ser menor. Esto es especialmente cierto si se usan las salidas laterales del preventor en lugar del carrete de perforación.

8.3 y 4: el pozo se puede cerrar cuando se cambien los arietes de tubería por arietes ciegos.

9.4: si hay fugas serias arriba del preventor ciego, la tubería se puede dejar caer y cerrar el pozo como última alternativa.

\* 10.4: un número mínimo de bridas están expuestas abajo de la válvula maestra.

11.2, 3 y 4: cuando se cierran los arietes para tubería, se puede usar la línea de estrangular conectada al carrete de perforación.

12.4: cuando se cierran los arietes ciegos, todas las conexiones se pueden quitar o reparar.

## LAS DESVENTAJAS DE LOS ARREGLOS INCLUYEN:

1.1, 2 y 3: si se cierran los arietes ciegos, no se puede reparar una fuga en el carrete de perforación.

2.2 y 3: hay más bridas expuestas a la presión del pozo abajo del preventor inferior.

3.1.y 4: con el preventor inferior cerrado, el pozo se tiene que fluir por las conexiones laterales del cabzal.

Las bridas se consideran puntos débiles en cualquier arreglo. Por lo tanto, los arreglos 2 y 3 no se consideran los mejores, porque el carrete de perforación introduce una brida extra. Pero, las líneas primarias de matar y estrangular deben estar disponible cuando se cierra -- cualquier preventor. El arreglo 2 parece ser el más popular.

Cuando se usan tres preventores de arietes y un - - carrete de perforación, es posible hacer nueve diferentes arreglos:

## ARREGLOS

PC Preventor con arietes ciegos

C Carrete de perforación

PT Preventor con arietes para tubería

1	2	3	4
PT	PC	PT	PT
PC	PT	C	C
C	C	PC	PT
PT	PT	PT	PC

5	6	7	8
PC	PT	PC	PT
C	PT	PT	PC
PT	C	PT	PT
PT	PC	C	C

9

PT

PT

PC

C

No se dirán las ventajas de cada uno de estos arreglos, pero el uso del tercer preventor obviamente permite la mayoría de las ventajas anotadas para la combinación de dos preventores. El arreglo uno es probablemente el que más se usa; pero el arreglo tres también es popular.

Por ejemplo, el arreglo uno para tres preventores de arietes tiene las ventajas que se indican para el arreglo con dos preventores o sean de 1 hasta 6, 8, 9, 11 y 12, - además, hay disponible un preventor extra inferior con arietes, y se cambian los arietes ciegos por arietes - - para tubería, hay disponibles tres juegos de arietes - - para tubería. Hay más bridas expuestas a la presión del pozo, pero las ventajas son mayores que esta desventaja.

El uso de preventores dobles ahorran altura, y es -- atractivo en cualquiera de estos arreglos.

#### B. COMO DISEÑAR UN CONJUNTO DE PREVENTORES.

El conjunto de preventores se debe diseñar para que por su interior pasen la barrena, la tubería de revestimiento y su colgador. El tamaño de los preventores debe - - estar acorde con el tamaño de la tubería de revestimien-

to que los soporta. Los preventores grandes que descansan sobre tubería pequeña, aunque sean de la presión de trabajo adecuada, pueden transmitir esfuerzos severos al cabezal, debido a la vibración de su masa. Los carretes-adaptadores introducen bridas adicionales con probabilidades adicionales de fugas. De ser posible, su uso se debe evitar.

Todos los preventores, carretes, líneas y válvulas sujetos a presión deben ser de presión de trabajo que iguales ó exceda la máxima presión superficial esperada.

El conjunto de preventores se debe anclar con varillas ajustables a las piernas de la torre o a otro soporte adecuado, para evitar su vibración y para ajustar su alineamiento. Las varillas se deben instalar a nivel, o a casi nivel. De otro modo, los preventores continuarán vibrando; esto es especialmente importante en barcazas y en plataformas marinas, donde hay tramos largos de tubería de revestimiento sin soporte.

Los preventores deben estar dotados con candados de tornillo, varillas para extender los vástagos, juntas universales de ser necesario, y volantes manuales instalados fuera de la subestructura.

Al transportar los preventores deben montarse sobre -

patines, proteger las bridas con placas de acero o de --  
madera y tapar las salidas laterales; debe tenerse espe-  
cial cuidado con las conexiones hidráulicas para no dañar  
las.

La presión de trabajo del conjunto debe ser igual a-  
la máxima presión superficial esperada. Siendo que el --  
máximo gradiente de fractura de las formaciones es de una  
 $1\text{ lb/pulg}^2/\text{pies}$ , la presión de trabajo del conjunto no - -  
necesita ser mayor que este valor en la zapata, reducido  
por un gradiente de presión de gas de  $0.1\text{ lb/pulg}^2/\text{pie}$ ; -  
se observa que la profundidad de la zapata de la última-  
tubería de revestimiento cementada es el factor de con-  
trol, y no la profundidad del pozo; la siguiente tabla -  
se construyó sobre esta base.

Requerimientos máximos de presión de trabajo para --  
conjuntos de preventores, teniendo la última tubería de-  
revestimiento a diferentes profundidades:

Profundidad de la tubería de reves- timiento. m(pies)	Máxima presión de- trabajo requerida. kg./cm <sup>2</sup> (lb/pulg <sup>2</sup> )
670 m	
0 - 2 200	140 (2 000)
1 000 m	
2 200 - 3 300	210 (3 000)
1 690 m	
3 300 - 5 560	350 (5 000)
3 380 m	
5 560 - 11 100	700 (10 000)
5 120 m	
11 100 - 16 800	1 050 (15 000)

Bajo estas condiciones conocidas, estos requerimientos se pueden reducir; si se sabe que el gradiente de -- fractura de la formación en la zapata es menor de una --  $1\text{ lb/pulg}^2/\text{pie}$ , la presión de trabajo del conjunto de -- preventores no requiere ser mayor que el gradiente de -- fractura conocido menos ( $0.1\text{ lb/pulg}^2/\text{pie}$ ), multiplicado por la profundidad en pies de la zapata.

Se usan conjuntos de baja presión de trabajo para -- tamaños pequeños de tubería de revestimiento en pozos -- someros o para tuberías de revestimiento de tamaño grande cementada a profundidades someras; los conjuntos de -- alta presión se usan con sartas pequeñas y profundas.

### III LAS LINEAS PARA MATAR Y ESTRANGULAR; EL MULTIPLE DE ESTRANGULAR Y LOS ESTRANGULADORES.

#### A. LAS LINEAS PARA MATAR Y ESTRANGULAR.

Cuando no hay tubería dentro del pozo y éste tiene presión, se requiere tener manera para bombear fluidos dentro de él por abajo de los arietes ciegos; estas conexiones también son necesarias cuando se requiere colgar la tubería de perforación sobre los arietes y se cierran los ciegos.

La línea de matar se conecta al carrete de perforación, excepto en conjuntos de baja presión donde se conecta a una de las salidas laterales del cabezal; en conjuntos de alta presión generalmente se usa una segunda línea de matar conectada al cabezal, o al carrete para tubería de revestimiento, si se ha cementado otra sarta; esta segunda línea de matar se usa cuando es necesario reparar la línea primaria de matar o cuando se cierra el preventor inferior y el carrete de perforación se encuentra instalado arriba del preventor que se cierra.

Las líneas de matar deben ser de la misma o mayor --

presión que el conjunto de preventores; es conveniente que las conexiones en la línea de matar resistan la máxima - - presión superficial esperada, con el objeto de que no sea necesario cambiarlas al profundizar el pozo.

Se deben conectar una o más válvulas de compuerta en las salidas laterales del conjunto de preventores; en la línea de matar se debe instalar además una o más válvulas de contrapresión, para evitar flujo del pozo en caso de que hayan fugas en las conexiones. Cuando se instala una válvula de contrapresión en la línea de matar, las válvulas - - maestras se pueden dejar abiertas; esto permite que se - - puedan bombear fluidos dentro del pozo sin que el personal tenga que bajar del piso de trabajo a abrir las válvulas.

Algunos arreglos usan carretes de perforación con - - tres salidas laterales, con el objeto de que se puedan - - instalar dos líneas de estrangular o una línea de estrangular y una línea de alivio, colocadas a 180 grados; la línea de matar se conecta a la tercera salida, a 90 grados - - de las otras dos salidas.

Aunque las conexiones de 2 pulgadas se pueden adecuar para el bombeo de fluidos, las conexiones de mayor tamaño son más resistentes; la vibración en la línea de matar no-

es tan severa como en las líneas de descarga. Por esta razón, en la línea de matar se pueden usar conexiones con unión giratoria; la fig. 3 muestra algunos arreglos populares.

En la mayoría de los casos, las líneas de estrangular salen del conjunto de preventores y conducen hasta un múltiple de estrangulación donde hay instalados varios estranguladores; las líneas de estrangular conducen los fluidos del pozo a presión hacia los estranguladores, y deben ser de una presión de trabajo igual o mayor que la del conjunto de preventores.

La mayoría de los comentarios relativos a las líneas de matar también son aplicables a las líneas de estrangular; es muy conveniente que la primera instalación sea de la misma presión de trabajo que la que eventualmente se va a requerir; una consideración adicional es que las velocidades de flujo de los flujos a menudo son mayores que en la línea de matar, debido a la expansión del gas en el espacio anular; como resultado, las líneas de poco diámetro causan una caída de presión alta y no permiten reducir las presiones superficiales a los niveles deseados. Las lecturas de presión tomadas en el extremo de una línea de flujo de poco diámetro pueden ser erróneas.

Aunque en un múltiple de estrangulación se puede -- desviar el flujo de un estrangulador a otro, la totali-- dad del flujo disminuye cuando se incrementa el diámetro de la línea, y el desgaste de la línea es menos severo;-- para reducir aún más su desgaste, las líneas de estrangu-- lar deben ser lo mas rectas posible. Si esto no es posi-- ble se sugiere instalar curvas de radio largo; si no se-- pueden evitar cambios de dirección de 90 grados, se -- deben instalar tes para servicio rudo, con tapones sólidos o rellenos de plomo.

En instalaciones para presión la línea de estrangu-- lar se conecta al cabezal o al carrete para tubería de -- revestimiento; en conjuntos para alta presión esta línea se conecta a una salida lateral del carrete de perfora-- ción o del preventor, y una línea secundaria alterna se-- conecta al cabezal o al carrete para tubería de reves-- timiento.

La línea alterna es necesaria cuando se cierra un -- preventor que se encuentra abajo del carrete de perfora-- ción, o cuando se requiere reparar la línea primaria; -- la línea alterna se debe usar solamente en caso de -- emergencia.

Es conveniente que la válvula exterior se pueda - - operar hidráulicamente a control remoto; esto evita que el personal tenga que bajar del piso de trabajo para - - operarlas cuando el pozo tiene presión o cuando hay una fuga de flujo abajo.

#### B. MULTIPLES DE ESTRANGULACION.

Los estranguladores están sujetos a desgaste o a -- que se obturen con partículas de formación; por lo tanto, se instalan varios estranguladores aún en conjuntos de - baja presión, y se requiere un distribuidor de flujo para conectar los estranguladores a la línea correspondiente.

La presión de trabajo del múltiple de estrangula--- ción debe ser igual o mayor que la del conjunto de preventores.

La fig. 4 muestra varios arreglos populares; a fin de registrar la presión en la tubería de revestimiento, - se debe instalar un manómetro en el múltiple de estrangulación, flujo arriba de los estranguladores; el múltiple de estrangulación se debe colocar fuera de la subestructura; en un lugar fácilmente accesible.

El distribuidor de flujo debe ser cuando menos del mismo diámetro que la línea de estrangulador que generalmente es de dos pulgadas. Las líneas de descarga flujo abajo del estrangulador a menudo son del mismo diámetro que el cuerpo del estrangulador; debido a que la presión es menor, generalmente se usa tubería de baja presión;-- la velocidad de flujo aumenta considerablemente flujo -- abajo del estrangulador. El desgaste de la tubería es mayor en la descarga del estrangulador; es preferible usar líneas mayores de dos pulgadas y no se debe usar tubería de baja presión.

Los esfuerzos mecánicos pueden ser severos en las líneas de flujo, múltiples de estrangulación y líneas de descarga; el asentamiento del equipo de perforación o de la barcaza, la vibración del conjunto de preventores y la magnitud del flujo pueden inducir esfuerzos.

Los múltiples y las válvulas deben ser soportadas adecuadamente; las líneas de descarga se deben anclar;-- todas las tuberías y conexiones deben tener fácil acceso, estar soportadas adecuadamente y ancladas con miembros estructurales; debe ser posible reparar todos y cada -- uno de los elementos sin tener que cortarlos o soldarlos.

La presión de trabajo de todos los elementos debe -- ser igual que la del conjunto de preventores; todas las - conecciones de alta presión deben ser de brida, dentro -- de las especificaciones API, o del tipo de grampa.

Las válvulas macho y de compuerta no lubricadas son aceptables solamente en instalaciones para baja presión; son preferibles las válvulas lubricadas, pues su opera-- ción es más fácil. En instalaciones de alta presión se - deben usar solamente válvulas lubricadas; las válvulas - de compuerta son más fáciles de abrir que las válvulas - macho, especialmente cuando se tiene alta presión diferen-- cial.

Los estranguladores pueden ser positivos o variables; el tipo positivo tiene un elemento reemplazable de diáme-- tro fijo. Hay disponibles una gran variedad, con orificios que van desde 2/64" hasta 128/64", en incrementos de -- 1/64"; se fabrican con acero endurecido, cerámica o car-- buro de tungsteno. La mayoría de los estranguladores - - positivos se pueden convertir en variables, cambiando -- las partes apropiadas; las conexiones del estrangulador pueden ser bridas o roscadas. El cambio de estrangulado-- res positivos es algo lento; el cambio se efectúa desvian-- do el flujo hacia otro estrangulador; los estranguladores

positivos a menudo se tapan con pedazos de formación.

Los estranguladores variables son muy útiles para el control de brotes; se fabrican con agujas y asientos de acero endurecido o de carburo de tungsteno, y con conexiones de rosca o de brida. En ocasiones se tapan con partículas extrañas, pero se pueden destapar abriendo temporalmente el orificio de flujo; se desgastan rápidamente con lodos abrasivos.

Recientemente han salido al mercado estranguladores con camisa de hule; el orificio se varía aplicándole a la camisa presión por su exterior o por uno de sus extremos; es posible abrirlos con rapidez para destaparlo. Su vida útil es adecuada a baja presión, pero es corta arriba de  $210 (3\ 000) \text{ kg/cm}^2 (1\text{b/pulg}^2)$ , aunque su cuerpo sea de  $700 (10\ 000) \text{ kg/cm}^2 (1\text{b/pulg}^2)$ .

Se requieren solamente unos minutos para cambiar el elemento de hule, pero su uso no es práctico a altas presiones debido a que su desgaste es rápido; una gran ventaja es que se operan a control remoto, por medio de una consola que además registra las presiones en la tubería de perforación y en la tubería de revestimiento. A pesar de la limitación, estos estranguladores son muy

populares.

Otros desarrollos recientes incluyen dos estranguladores variables de alta presión 700 (10 000)  $\text{kg/cm}^2$  - - (lb/pulg<sup>2</sup>), con orificio variable de carburo de tungsteno. Se operan a control remoto; su vida útil es buena a alta presión; la industria ya requería este tipo de estranguladores, y son ideales para el control de brotes; ofrecen la ventaja de que se puede ir cerrando el pozo paulatina- mente hasta llegar a la máxima presión superficial anular.

#### IV EQUIPO PARA OPERAR LOS PREVENTORES.

Una parte crítica de cualquier instalación para el control de brotes es el sistema para cerrar los preventores; el sistema debe contar con dispositivos para cerrar por separado cada preventor o válvula de manera rápida y repetitiva, sin usar la potencia primaria del equipo de perforación. Los elementos son:

- A. Fuente (s) de potencia.
- B. Acumuladores.
- C. Múltiple de control.
- D. Fluidos de operación.

La figura 5 muestra un arreglo

##### A. FUENTE (S) DE POTENCIA.

Todos los preventores y válvulas hidráulicas se - - podrían operar con la potencia generada para el equipo de perforación; pero, en caso de un reventón los motores -- del equipo pueden ser parados para evitar el peligro de - un incendio. Consecuentemente, debe haber una fuente - - alterna de energía para operarlos.

La fuente de potencia debe estar disponible al - -

instante, regulada para evitar generar altas presiones, y con capacidad para cerrar el pozo rápidamente; un - - cierre lento no solo permite que escape más lodo, sino - - que prolonga el riesgo de un incendio y aumenta la posibilidad de que el flujo erosione los sellos de los - - arietes.

Las bombas impulsadas por motores de combustión - - interna son difíciles de regular; puede ser que los - - motores se tengan que arrancar en un momento crítico. -- Puede ser desastroso si no arranca rápidamente; algunos - operadores conectan las bombas de cementar al sistema de cierre; esta es una práctica no recomendable, a menos -- que se use solamente como refuerzo de otra fuente de - - energía. Se requiere tener almacenada una fuente de energía; el sistema de suministro de aire del equipo de perforación es una fuente de potencia; hasta cierto punto - es una potencia almacenada; pero, la presión disponible - es por lo regular del orden de 9-17 (125-250)  $\text{kg/cm}^2$  - - (lb/pulg<sup>2</sup>); esto no es suficiente para operar los preventores; puede ser necesario parar los compresores de aire, o pueden fallar. Las bombas operadas con aire son relativamente lentas para acumular un volumen suficiente de energía a alta presión para operar todas las unidades -- cuando menos una vez, y aún contar con una reserva; debe

haber disponible un volumen adecuado de energía.

## B. LOS ACUMULADORES.

Los acumuladores son recipientes que contienen gas a presión (generalmente nitrógeno) y líquido; estos fluidos pueden estar separados por un sello movable, sea un pistón flotante o un diafragma de hule, o por medio de un pistón flotante que sella en el fondo cuando se descarga el fluido.

Los recipientes pueden ser esféricos o cilíndricos-verticales; se bombea el líquido por la parte inferior de los recipientes, comprimiendo el gas a la presión especificada (hay en el mercado recipientes de 105 (1 500), 140 (2 000) y 210 (3 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>). Cuando se abre la válvula que opera un preventor, el gas comprimido expulsa el líquido hacia el preventor.

Debe haber disponible suficiente líquido almacenado a presión para cerrar todo el conjunto de preventores, y aún tener una reserva; después de cerrar los preventores anulares, debe quedar disponible una presión de 84 (1 200)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>). En la mayoría de las instalaciones, la mejor opción son los acumuladores de 210 (3 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>) precargados con gas compri

mido a 70 (1 000)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>).

Cuando ocurre un brote las operaciones recomendables son: abrir primero una válvula lateral de desfogue, cerrar el preventor anular, cerrar un preventor con arietes - - para la tubería de perforación y abrir el preventor anular; todo esto en forma rápida y cuando menos disponer - del volumen de fluido requerido para hacerlo. Además, -- la presión que queda en el acumulador debe mantener cerrado el preventor.

Se usan dos criterios para diseñar la capacidad de los acumuladores; uno especifica el volumen requerido -- para cerrar todas las unidades, más un 50% de fluido de reserva a 84 (1 200)  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>); el otro especifica el volumen requerido para cerrar y abrir todas las -- unidades, más un 25% de fluido de reserva a 84(1 200) --  $\text{kg/cm}^2$  (1b/pulg<sup>2</sup>). Los requerimientos varían con el tamaño de los preventores, siendo el preventor anular el que requiere el mayor volumen de fluido; se usa nitrógeno -- para precargas los acumuladores.

Las bombas que cargan de líquido los acumuladores - pueden ser impulsadas por aire o por electricidad; se -- recomienda contar con ambos. Hay un regulador que para -

la bomba automáticamente cuando se llega a la máxima -- presión de almacenamiento; se debe contar con suficiente capacidad de bombeo para recargar todos los acumuladores a la máxima presión en 10-20 minutos. Los preventores anulares requieren menos presión para cerrar que los preventores de arietes, por lo que debe haber una manera para limitar su presión de cierre; por lo tanto, se debe instalar un regulador reductor de presión en la línea de descarga, precedido por una válvula de contrapresión. También se requiere un regulador maestro para evitar que la presión del acumulador llegue a los preventores de arietes antes de ser reducida a la presión de operación.

Por conveniencia para su transporte, la unidad que opera los preventores se monta sobre patines.

Un sistema alternativo de energía almacenada, a menudo se especifica para conjuntos de alta presión; es una serie de botellas cargadas con nitrógeno a presión; estas se conectan al múltiple de cierre así como a las bombas operadas por aire. Su capacidad práctica debe ser igual a la de los acumuladores.

C. MULTIPLE DE CONTROL.

La unidad para cerrar preventores se conecta a cada uno y a la válvula con operador hidráulico, por medio -- de tubería, se usa un sistema cerrado, donde el fluido -- se regresa al tanque del acumulador. Para cada unidad -- se requieren dos líneas y una válvula de cuatro pasos.

La tubería que se usa es de acero sin costura; su -- presión de trabajo debe ser cuando menos igual a la -- presión máxima del acumulador. Las líneas de 210 (3 000)  $\text{kg/cm}^2$  ( $\text{lb/pulg}^2$ ) de presión de trabajo son comunes; -- para asegurar un cierre rápido se requiere tubería de -- cuando menos una pulgada de diámetro; pero la longitud -- de las líneas, la presión del acumulador, y las conexio- -- nes también afectan el tiempo de cierre.

Las líneas para cerrar se deben probar; no se deben usar mangueras de hule entre los preventores y la consola maestra de control, excepto bajo el agua, pues se -- destruyen rápidamente en caso de incendio.

Las líneas deben tener un número adecuado de unio- -- nes giratorias para evitar esfuerzos innecesarios; se -- deben soportar y apoyar adecuadamente; se deben colocar en un lugar seguro donde no se puedan dañar.

La consola de control remoto se instala cerca del perforador en el piso de trabajo, y puede ser una parte integral del sistema hidráulico de cierre; pero, también se usan unidades neumáticas y eléctricas. Algunas tienen líneas empaquetadas que son fáciles de instalar; estas líneas controlan las válvulas hidráulicas en la unidad maestra de control y se deben instalar de tal manera que no interfieran con los controles maestros en caso que las destruya un incendio.

Los múltiples de cierre deben tener letreros claros que indiquen las posiciones de abrir y cerrar para cada válvula; las consolas de control remoto deben tener manómetros que indiquen la presión aplicada a los preventores anular y de arietes y en el acumulador.

#### D. FLUIDOS DE OPERACION

El fluido preferido para operar los preventores y válvulas es el aceite hidráulico; no es corrosivo, no se congela, lubrica las partes con movimiento y no deteriora las partes de hule sintético. Se puede usar agua, pero requiere un inhibidor, y se puede congelar.

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

BLOWOUT PREVENTION EQUIPMENT  
Traducido por W.C. Goins Jr.  
Publicado por World Oil: Octubre 1969

API Standard 6A

BOLETIN API 13

BOLETIN API D-13

NORMA API 6A

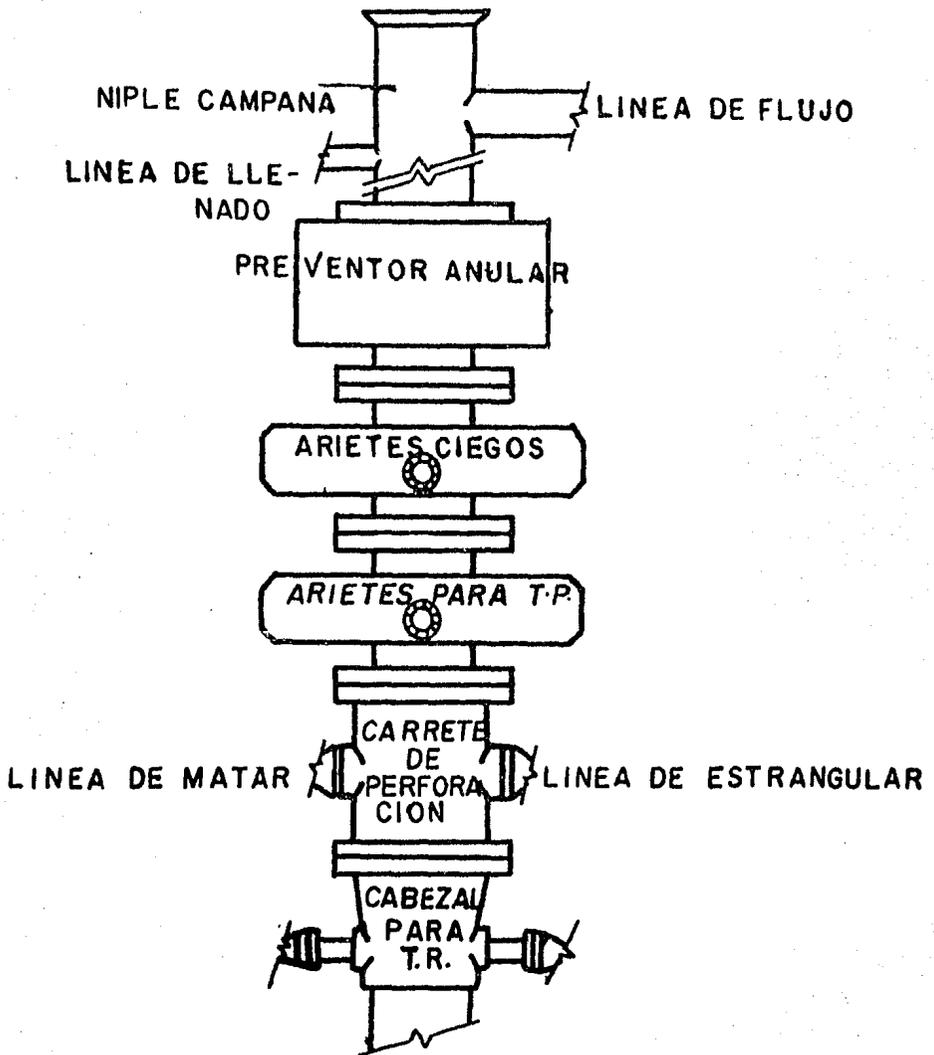
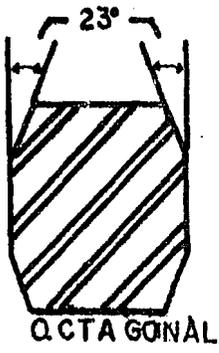
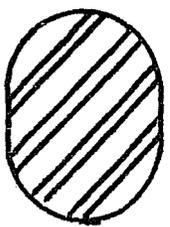


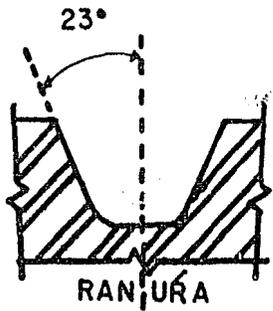
FIG. 1 SON POSIBLES VARIOS ARREGLOS DE PREVENTORES. CADA ARREGLO OFRECE VENTAJAS, ASI COMO DESVENTAJAS. ESTE ARREGLO DE PREVENTORES ES CONSIDERADO COMO UNO DE LOS MEJORES



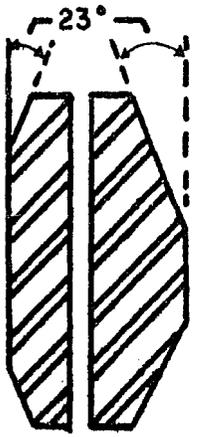
OCTAGONAL



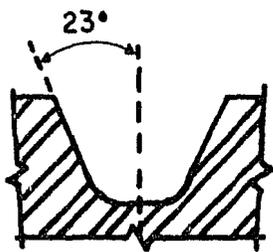
OVALADO



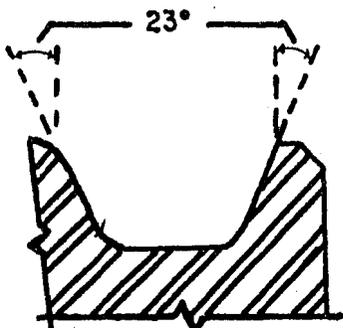
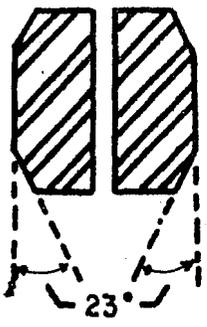
RANURA



ANILLOS DE PRESION API TIPO R



ANILLOS DE PRESION ENERGIZADA API TIPO RX

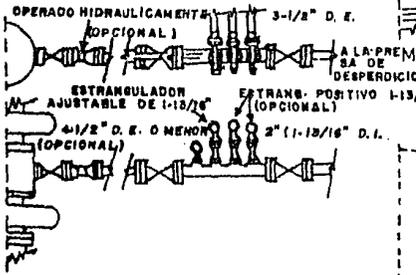
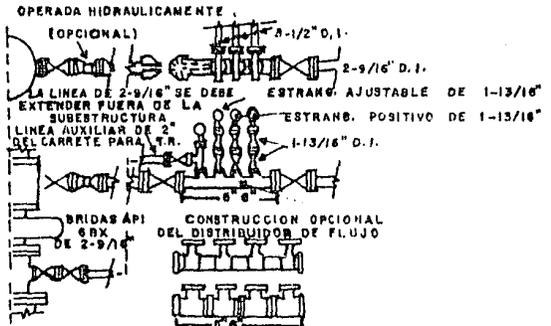
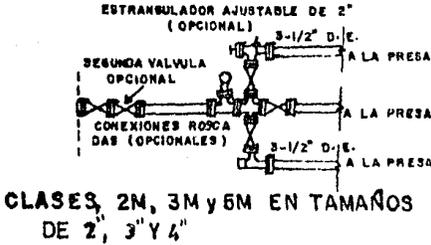


ELIMINA LA ESQUINA FILOSA

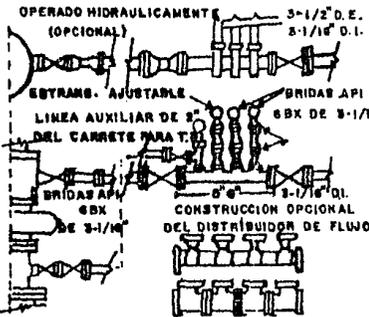
ANILLOS DE PRESION ENERGIZADA API TIPO BX

FIG.2 TIPOS DE ANILLOS API

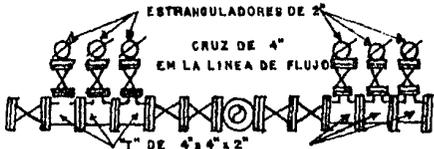
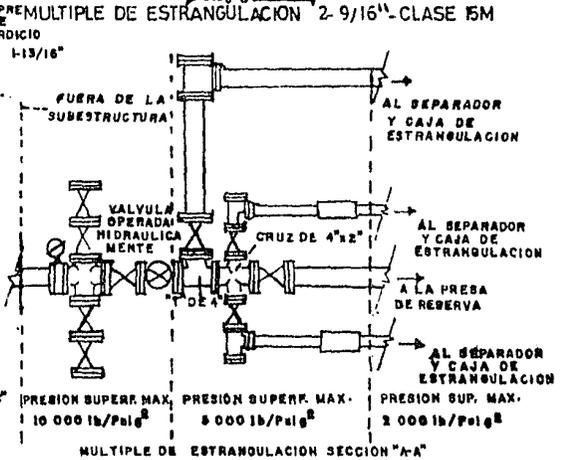




MÚLTIPLE DE ESTRANGULACION ALTERNO CLASE 5M



MÚLTIPLE DE ESTRANGULACION DE 3-1/16" CLASE 10M



MÚLTIPLE CLASE 10M CON ESTRANGULADORES

FIG. 4 TIPOS DE MÚLTIPLES DE ESTRANGULACION. SE REQUIEREN VARIOS ESTRANGULADORES PARA EN CASO DE QUE SE TAPEN O SE DESGASTAN. SE DEBEN INSTALAR VALVULAS MAESTRAS FLUJO ARRIBA DE LAS VALVULAS QUE SE USAN PARA CONTROLAR EL FLUJO DE FLUIDOS. LA VALVULA MAESTRA SE DEBE CERRAR SOLAMENTE PARA CAMBIAR O REPARAR EQUIPO FLUJO ABAJO.

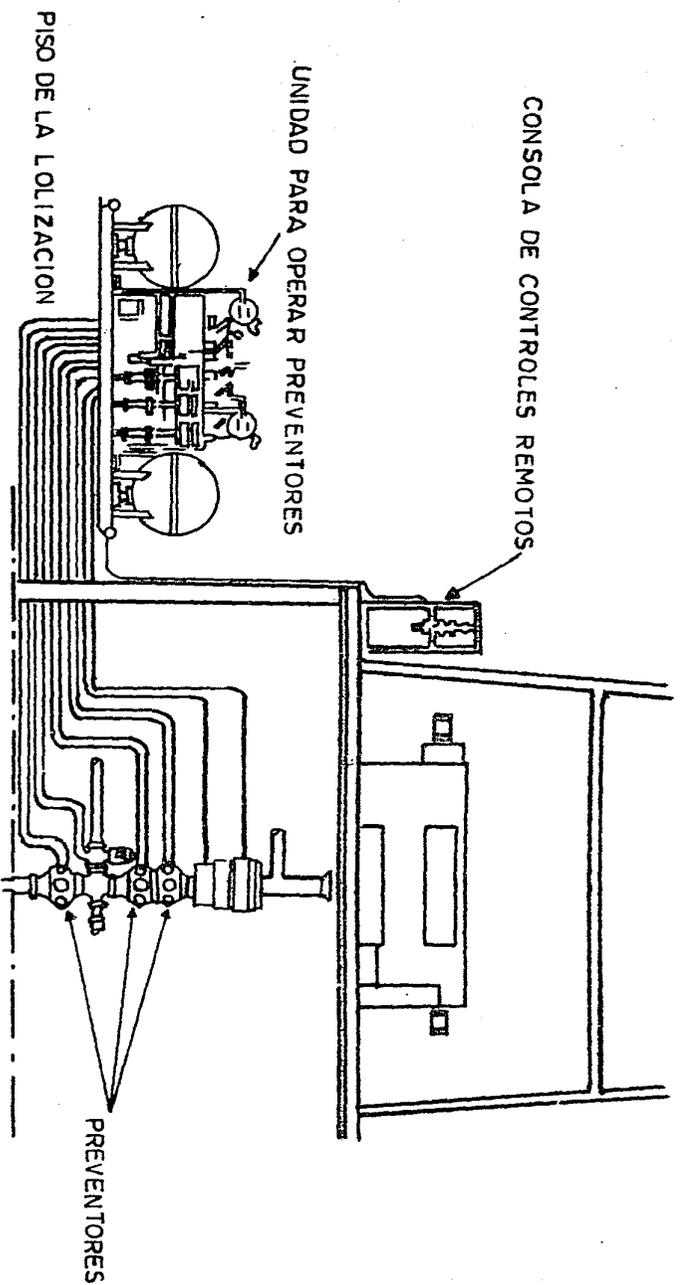


FIG.5. EL ACUMULADOR Y LAS TUBERIAS QUE LO CONECTAN, SE DEBEN COLOCAR EN UN LUGAR DONDE ESTEN A SALVO DE UN INCENDIO O DE DAÑOS MECANICOS. SI SE DESTRUYE LA CONSOLA DE CONTROLES REMOTOS, LOS CONTROLES Y LINEAS MAESTRAS DEBEN PODERSE OPERAR.