

JORNADAS DE PERFORACION DE POZOS PROFUNDOS

PANEL: EL EQUIPO PERFORADOR

INSTALACIONES DE SEGURIDAD PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE SURGENCIAS

AUTORES:

CARLOS NEVEU	Y.P.F.	ARGENTINA
RUBEN R. MARCONI	Y.P.F.	ARGENTINA

COLABORARON:

HORACIO FONTANA	Y.P.F.
ALBERTO BERGES	Y.P.F.
GUSTAVO LAZZARETTI	Y.P.F.

En pozos profundos en nuestro país, se usan normalmente instalaciones de 5.000 psi y 10.000 psi. Las normas indican que para 5.000 psi el conjunto de válvulas estará constituido por dos válvulas esclusa y una anular. Para 10.000 psi tres válvulas esclusa y una anular. Ambos conjuntos incluyen un carretel de perforación con dos salidas laterales para usar con las líneas de surgencia y de ahogo, Fig. 2 y Fig. 3.

En la Fig. 2, se muestra una instalación para 5.000 psi de presión de trabajo. La posición del carretel de perforación es opcional estando definido por la modalidad de uso o las limitaciones físicas de cada equipo.

La disposición de las esclusas es también opcional, pudiendo estar la ciega abajo o arriba indistintamente según la modalidad de operación o el tipo de instalación que se posea. En caso de dejar la esclusa ciega en la parte inferior, deberá tenerse en cuenta que es necesario contar con una línea de ahogo y otra de surgencia por debajo de la misma.

La Fig. 3, muestra un conjunto de BOP para 10.000 psi y 15.000 psi.

El mismo está constituido por tres válvulas esclusas y una anular. Esta última puede ser de una presión de trabajo de un rango inferior, es decir, que si el conjunto es de 10.000 psi, la válvula anular puede ser de 5.000 psi.

Con respecto a la ubicación de la esclusa ciega y el carretel de perforación valen las mismas consideraciones mencionadas para 5.000 psi.

El carretel de perforación es el elemento adecuado para inyectar y purgar el pozo, por lo tanto solo se podrán usar otras salidas laterales del conjunto BOP en casos excepcionales. De esta manera se evitarán desgastes que acorten la vida útil de las válvulas o deterioros en los colgadores de cañerías.

VALVULAS ESCLUSAS

Las válvulas esclusas, son uno de los componentes mas importantes en la constitución de un conjunto preventor de surgencias.

Su función, consiste en cerrar el pozo, confinando el espacio anular alrededor de las barras de sondeo o bien cuando no está la herramienta perforadora en el pozo, efectuar el cierre total del mismo, conteniendo los fluidos del subsuelo.

Para cumplir con esta función, estas válvulas están diseñadas para soportar distintos rangos de presión: 2.000 psi, 3.000 psi, 5.000 psi, 10.000 psi y 15.000 psi, de cuerpos simples, dobles o triples.

Así mismo se construyen en diversos diámetros normalizados para cubrir los requerimientos del diseño de la perforación y sus conexiones pueden ser bridadas, esparragadas, engrampadas o mixtas.

El principio de funcionamiento, consiste en la acción de deslizamiento horizontal de dos esclusas iguales, que son capaces de centrar la barra de sondeo que se encuentra en el pozo y luego empaquetar las

superficies de contacto. En el caso de cierre total, ambas esclusas quedan en contacto hermético.

Para obtener un adecuado sistema de empaque, se recurre al principio de autoalimentación del sello.

Las esclusas de los modelos "QRC" y "U" de la firma Cameron, están construidas en un bloque sólido de acero Fig. 4 con dos elementos empaquetadores postizos.

El sello frontal, se ocupa de hermetizar las superficies de contacto entre esclusas, sobre la barra de sondeo y también el lateral de las esclusas con el cuerpo de la válvula. Este sello se combina con el superior para establecer una continua aislación.

Este tipo de esclusas, sellan en una sola dirección y la presión del pozo actúa como ayuda a la acción de cierre.

Acción de autoalimentación de los sellos de las esclusas

En la Fig. 5, se muestran las placas de acero inferior y superior del elemento empaquetador de las esclusas.

Las esclusas opuestas cierran alrededor de la barra, haciendo primero las placas de metal, antes de que se alcance el máximo de la carrera de cierre. Un movimiento adicional hacia adelante de las esclusas, provoca un movimiento relativo hacia atrás de las placas. Hay una reserva de goma que al presionar ambos cierres hacia adelante, provoca su extrusión consiguiendo el empaquetamiento sobre la barra.

Cuando se hacen maniobras de deslizamiento de barras sobre las esclusas cerradas, las gomas se erosionan. La reserva de cada sello mueve hacia adelante la cantidad necesaria de elastómero para mantener la hermeticidad.

No debe realizarse nunca una prueba funcional de una válvula con esclusas anulares sin la presencia de una barra frente a ellas. La autoalimentación causa una gran extrusión de la goma que provocará desgaste prematuro y rápido deterioro de la unidad empaquetadora.

El modelo "LWS" de Shaffer, también usa el sistema de autoalimentación del elastómero para efectuar el sellado de las esclusas. Las diferencias respecto del diseño de Cameron, están en que el sello está hecho en una sola pieza, en cambio el soporte del mismo no está hecho en un solo bloque. Fig. 6.

El accionamiento de las esclusas, para todas las marcas y modelos se realiza mediante un sistema hidráulico comandado por la fuente de energía hidráulica.

La presión de accionamiento en la generalidad de las válvulas es de 1500 psi, siendo necesario reducirla cuando se deba efectuar deslizamiento de barras sobre las esclusas.

En general las válvulas esclusas tienen las siguientes características operativas.

- a) Exclusas cambiables en el campo.

- b) La posición de las esclusas son visualizables desde el exterior.
- c) Las esclusas pueden ser trabadas en posición cerrada desde el exterior.
- d) Las gomas de sello de las esclusas tienen sistema de autoalimentación.
- e) La presión de pozo ayuda a mantener las esclusas cerradas.
- f) Tiene sistema de empaquetamiento secundario sobre el vástago de accionamiento de los cierres, para aislar de la presión del pozo a la cámara de apertura de las esclusas en situaciones de emergencia.

VALVULAS DE CIERRE ANULAR

Un preventor anular es un mecanismo de cierre que opera en un compacto sistema accionado hidráulicamente. El corazón de este elemento es la unidad de sello, cuya función es realizar un cierre rápido y continuo sobre cualquier superficie. También es posible cerrar sin herramientas en el pozo dejando confinada la presión.

Otra característica que poseen los preventores anulares, es la de permitir mediante un procedimiento adecuado, sacar o bajar sondeo incluyendo el pasaje de las cuplas sin necesidad de abrir la válvula.

Las unidades de sello están construidas de caucho sintético y natural. El primero en sus dos tipos: nitrilo y neopreno son utilizados para trabajar en lodos base aceite y el caucho natural solamente con lodo base agua.

La unidad de sello posee en su interior elementos de acero cuya función es reforzar y limitar la extrusión de la goma. El sello que ofrece es continuo aún en condiciones de desgaste. En algunos modelos se puede reemplazar la unidad empaquetadora con herramientas en el pozo, procediendo a cortar longitudinalmente la misma a efectos de introducir la en forma lateral.

Dada la elasticidad natural que posee el caucho, después de aplicar presión a la cámara de apertura, la goma recupera su posición inicial dejando el pasaje despejado.

Los distintos modelos se diferencian en general por la configuración del sistema de accionamiento de la unidad de sello.

En el caso de la válvula Hydril el movimiento de un pistón, tipo cuenco cónico, comprime la goma contra la tapa provocando la extrusión hacia el centro. El sistema de operación Shaffer consiste en el movimiento ascendente de un pistón plano que empuja a la goma desde su parte inferior. La configuración esférica del cabezal y de la parte superior de la goma generan el deslizamiento de los insertos de acero que se mueven hacia el centro para efectuar el sello. El modelo Cameron posee dos elementos de caucho, el movimiento ascendente de la placa de empuje comprime el anillo de caucho que a su vez empuja radialmente el packer. Fig. 7.

A estas características que diferencian el mecanismo que acciona

el elemento de sello en los distintos diseños, se suman, otros detalles distintivos.

En la válvula Hydril GK la presión de pozo colabora en el cierre de la unidad. Es posible medir la carrera del pistón de accionamiento para determinar el desgaste del empaquetador.

En la válvula Shaffer la presión de pozo no tiene influencia sobre la presión de accionamiento. El sistema hidráulico de movimiento del pistón no queda expuesto a la suciedad cuando se realiza el cambio de empaquetador.

En los modelos Cameron la presión de pozo no colabora en el cierre de las gomas, la presión de accionamiento debe ser de 1.500 psi a 3.000 psi. El sistema hidráulico de accionamiento esta preservado de la suciedad cuando se realiza un cambio de unidad empaquetadora.

En el caso de operaciones de deslizamiento una serie de curvas presión de accionamiento vs. presión de pozo, dan valores guía, para efectuar el sello inicial. Estos son aproximados pues la presión de cierre depende del estado de la unidad de sello. En todos los casos se recomienda la menor presión de cierre posible en consideración a la vida útil de la goma, por lo tanto, es conveniente permitir una pequeña fuga de lodo para lubricar la columna y asegurar de este modo el empaquetamiento mínimo adecuado.

Para pruebas de rutina a presión también se recomiendan valores de presión de cierre en concordancia con las distintas presiones de pozo.

Para las maniobras de deslizamiento se deberá observar un determinado procedimiento establecido por el fabricante.

EQUIPO ACCIONADOR DE BOP

Es un equipo capaz de almacenar energía hidráulica para ser utilizada en el accionamiento a distancia de las válvulas del conjunto de BOP.

La norma API RP 53 - sección 5A y 5B - establece los requerimientos para los accionadores y las instalaciones de superficie.

Un equipo accionador de BOP se compone de las siguientes partes:

- 1 - Acumuladores hidroneumáticos y tanque de reserva.
- 2 - Bombas de carga.
- 3 - Manifold de control.
- 4 - Accesorios.

- 1 - Acumuladores: Su función es almacenar energía hidráulica. Son depósitos cilíndricos con una precarga de nitrógeno. Cuando se bombea fluido hidráulico al interior del acumulador, el nitrógeno se comprime actuando como un resorte que almacena energía. La separación entre el fluido y el gas se logra con un flotante sólido o con membrana separadora.

- 2 - Bombas de carga: Su función principal es almacenar energía en los acumuladores.
- 3 - Manifold de control: Permite el control de los circuitos hidráulicos mediante un conjunto de válvulas.
- 4 - Accesorios: Sistema de control remoto del manifold, líneas de conexión, manómetros y señalización luminosa.

Funcionamiento

En el esquema Fig. 8 se observa el recorrido del fluido hidráulico. Las bombas toman aceite del tanque reservorio y lo almacenan a presión dentro de los acumuladores. Las bombas, comandadas por un presostato, bombean hasta alcanzar la presión de trabajo del equipo accionador. Mediante reguladores se puede variar en el manifold la presión proveniente del acumulador de acuerdo a las necesidades del tipo de válvula a operar. Cuando se acciona alguna de las válvulas de 4 vías y 3 posiciones del manifold, se establece un doble circuito simultáneo. El primero, está dado por el pasaje de fluido del acumulador hacia la válvula del BOP a operar. El segundo, es el retorno de fluido desde la misma válvula del BOP al tanque reservorio. Esta operación, provoca una caída de presión en los acumuladores que es restituida automáticamente por las bombas.

Las válvulas de control del manifold pueden ser operadas a distancia desde un panel de control remoto.

Selección y cálculo

El mínimo volumen requerido en los acumuladores, es el necesario para cerrar el preventor anular y una válvula esclusa más la apertura de la válvula lateral de accionamiento hidráulico, con un factor de dimensionamiento determinado por la norma RP 53.

El tiempo de cierre de los preventores debe ser inferior a 30 segundos. El volumen de fluido hidráulico utilizable de cada acumulador es el recuperable entre la presión de trabajo y una presión de 200 psi por arriba de la presión de precarga.

Las bombas deberán estar accionadas por energía eléctrica y neumática de tal forma que sea posible disponer de energía hidráulica en cualquier circunstancia. Las bombas deben ser capaces de producir el accionamiento de los preventores en menos de 2 minutos.

En nuestro país, comúnmente se comercializan equipos accionadores de 3.000 psi de presión de trabajo con botellones de 60 litros de capacidad nominal y de flotante sólido. La precarga de nitrógeno es de 1.000 psi y el volumen utilizable de cada botellón es de 30 litros. Para este equipo, el factor de dimensionamiento es 2.

Las líneas de conexión son de 1" y aptas para una presión de trabajo de 3.000 psi.

MANIFOLD DE SURGENCIA

Es una instalación constituida por elementos capaces de derivar al flujo de surgencia hacia distintas instalaciones, como así también restringir el pasaje de los fluidos para provocar contrapresiones

Fig. 9. Por ser este un trabajo muy exigido, debe tener características constructivas particulares.

La entrada del manifold está conectada a la salida lateral del conjunto preventor de surgencia por medio de líneas conexiones y válvulas y sus salidas serán por lo menos una libre al campo y otra al desgasificador primario.

Consideraciones del diseño

El diseño del manifold debe considerar ciertos factores tales como: presión de formación, presión de superficie, método de control de ahogo, medio ambiente circundante, corrosión, toxicidad y abrasión de los fluidos.

Guía de instalación

Las prácticas de instalación recomendadas incluyen:

- a) El manifold debe estar diseñado para la misma presión de trabajo que el BOP. Deberá probarse completamente a esa presión.
- b) Los componentes deberán cumplir con las especificaciones de las normas API para adaptarse a las presiones, temperatura y corrosión de los fluidos de perforación y de formación.
- c) Para presiones de trabajo por encima de 3.000 psi, las conexiones de los componentes deberán ser bridadas, soldadas o engrampadas.
- d) El manifold deberá colocarse en un área de fácil acceso y preferentemente fuera de la subestructura.
- e) Las líneas que vinculan el BOP con el manifold y las líneas de salida de este, deberán: 1) Ser lo mas rectas posible. 2) Estar firmemente ancladas para absorber vibración o golpes de presión. 3) Tener un diámetro interior de tamaño suficiente para prevenir erosión excesiva o pérdida de carga innecesarias. La línea de ingreso al manifold para presiones igual o superior a 3.000 psi deberá ser de $\varnothing$ 3" como mínimo. Las líneas de venteo podrán tener diámetro mínimo de $\varnothing$ 2" y para grandes volúmenes de aire o gas se recomienda $\varnothing$ 4".
- f) Las líneas del manifold serán diseñadas de tal manera que por mal funcionamiento, erosión o taponamiento pueden ser reemplazadas sin interrumpir el control del flujo.
- g) Los manómetros de presión anular e interior de sondeo deberán instalarse en un lugar que permitan la fácil observación.
- h) Todas las salidas laterales de los preventores para presiones de 3.000 psi deberán tener dos válvulas en serie. Para 5.000 psi y presiones superiores, una de las válvulas tendrá operador hidráulico.
- i) Aguas arriba de cada orificio regulable deben instalarse dos válvulas en serie.
- j) Para 5.000 psi y superiores, deberá instalarse, como mínimo.

un orificio regulable accionado a distancia. Para uso prolongado, se deberá contar con otro instalado para reserva.

- k) Para zonas frías, todos los componentes del manifold deben protegerse del congelamiento por medio de calor, vaciado o llenado de fluido adecuado.

EQUIPO PARA OPERAR MANIFOLD DE SURGENCIA A DISTANCIA

Estos equipos permiten, mediante una consola Fig. 1 - 12, convenientemente ubicada, realizar las siguientes operaciones a distancia:

- Leer presión en el sondeo.
- Leer presión en el espacio anular.
- Leer las emboladas bombeadas y recibir una señal acústica cuando se alcanza un número prefijado.
- Operar el estrangulador Fig. 1 - 4 y leer el grado de apertura.
- Controlar automáticamente el estrangulador. Los equipos existentes en el mercado ofrecen una o más de las siguientes opciones:
 - a) Mantener constante la presión en el sondeo.
 - b) Mantener la presión en el espacio anular por debajo de cierto valor ajustado previamente.
 - c) Disminuir linealmente la presión en el sondeo a medida que el fluido densificado es bombeado hacia el trépano.

Mediante la combinación de estos modos se puede aplicar cualquiera de los métodos de ahogo de pozo.

Con la regulación automática se logra mayor exactitud en el control de las presiones, reduciendo el riesgo de dañar la formación por presión excesiva o de permitir ingreso de fluido de formación por baja contrapresión.

Los elementos más importantes del equipo son:

- 1) Transductor. Fig. 1 - 6: su función es enviar a la consola una señal neumática de baja presión, proporcional a la presión del fluido en la línea.
- 2) Estrangulador Fig. 1 - 4: provoca una pérdida de carga regulable en el circuito de surgencia de modo de controlar la presión en el espacio anular. Los sistemas más usados son:
 - a) El de asiento y manguito: Fig. 10. La restricción varía con la posición relativa de los mencionados elementos.
 - b) El de discos rotativos: Fig. 11. Dos discos superpuestos que pueden rotar uno respecto del otro, tienen dos orificios cada uno que cuando coinciden se obtiene la apertura máxima. Mediante el giro de un disco, se varía la sección de pasaje de fluido hasta lograr el cierre total.

El estrangulador es accionado por un actuador impulsado por fluido hidráulico proveniente de la consola. Un detector de posición envía una señal para indicar la apertura relativa del estrangulador.

- 3) Sensor de emboladas Fig. 1 - 8: instalado en la bomba de lodo envía una señal a la consola por cada embolada.
- 4) Consola Fig. 1 - 12: contiene los instrumentos de medición, comandos, línea de tratamiento del aire, circuito neumático de control manual y automático, circuito hidráulico y cuenta-embolada.

Energía necesaria para el funcionamiento: El cuenta emboladas posee una batería recargable como fuente propia, que se pone en funcionamiento cuando se interrumpe la generación eléctrica. Para las demás funciones recibe energía neumática del equipo perforador.

La bomba hidráulica, accionada por un motor neumático, aspira fluido de un depósito impulsándolo a través de una válvula distribuidora hacia el estrangulador. El fluido de retorno pasa a través de la mencionada válvula y regresa al depósito. La velocidad de cierre y apertura puede regularse mediante una válvula reguladora de caudal intercalada en el circuito hidráulico. Son usuales presiones hidráulicas del orden de 300 psi.

INSTRUMENTOS NECESARIOS

Indicador de peso: Mide el peso que cuelga del gancho y el peso desacoplado del mismo.

Manómetro de impulsión: Permite leer la presión aplicada al interior del sondeo en superficie.

Manómetro anular: Permite conocer la presión del espacio anular cuando se cierra el pozo.

Caudalímetros de entrada y retorno: Permiten determinar la llegada a superficie del fluido de retorno en una maniobra de llenado de pozo, así como reconocer inmediatamente una surgencia o una admisión.

Medidor de emboladas por minuto: Permite

- Tener un control adicional del caudal de entrada.
- Verificar que la epm de la bomba estén dentro de su rango de funcionamiento.
- Ante un aumento de epm detectar la entrada de gas al pozo, una admisión o una sopladura en la columna perforadora.

Contador de emboladas: Permite

- Conocer el volumen bombeado para llenar el pozo.
- Controlar maniobras de desplazamiento de fluido.

Control de nivel de piletas e integrador de volumen: Permite leer el volumen de cada pileta y el volumen total en superficie.

Ante una variación del volumen total se puede detectar una pérdida de circulación o un ingreso de fluido al pozo.

Densímetros de entrada y salida: Permiten

- Conocer permanentemente la densidad del fluido que se está bombeando al pozo.
- Conocer la densidad de salida permanentemente.

Como complemento de estas mediciones y a efectos de observar la variación en el tiempo, se recomienda el uso de un registrador de ambas lecturas.

DESGASIFICADOR PRIMARIO O GOLPEADOR

El desgasificador primario, denominado también "golpeador", tiene como principio de funcionamiento: laminar o subdividir el flujo de inyección gasificada, proveniente del pozo, para facilitar el escape del gas que de lo contrario quedaría retenido por la viscosidad del lodo.

La Fig. 12 muestra un sistema de separación por laminación. El flujo ingresa en forma tangencial por un conducto de $\varnothing 4"$ ó $\varnothing 2"$, y que por su velocidad, provoca una fina película de lodo que gira por el interior del caño permitiendo la separación gas/líquido. El gas separado, escapará por la salida de $\varnothing 6"$, que deberá ser conducida a una distancia y lugar adecuado para ser quemado.

El líquido por su parte, mediante el tubo acodado, descargará en el cajón de la zaranda. Este sistema provee un sello hidráulico para evitar el escape de gas hacia los tanques de inyección y recupera la misma pasando por zaranda.

En la parte inferior del caño vertical hay una boca de limpieza, y sobre la zona de ingreso tangencial del lodo, se debe colocar una chapa de refuerzo para evitar la perforación por erosión de las paredes del caño de $\varnothing 20"$.

El trabajo del separador primario debe ser complementado con un desgasificador de vacío, para restituir los valores originales de densidad de la inyección.

ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACION DE SEGURIDAD

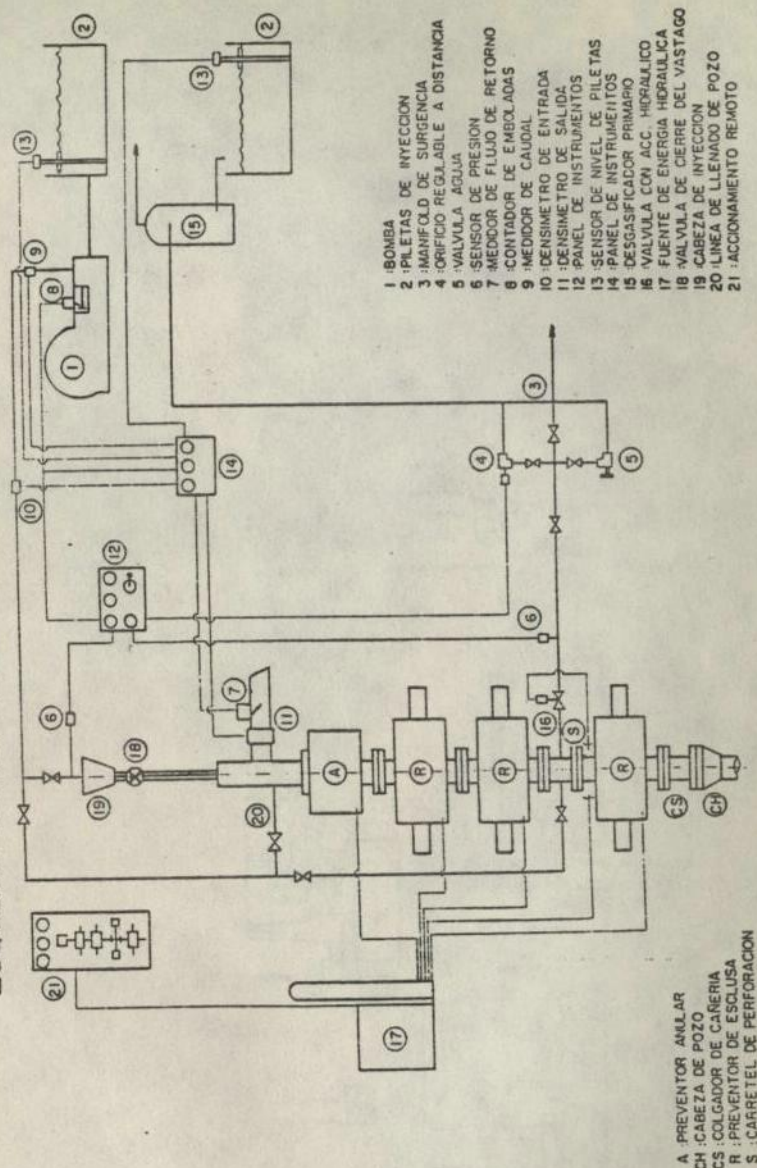


FIG. 1

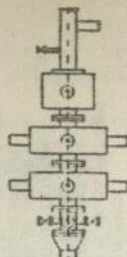


FIG. 1

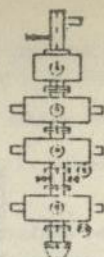


FIG. 2

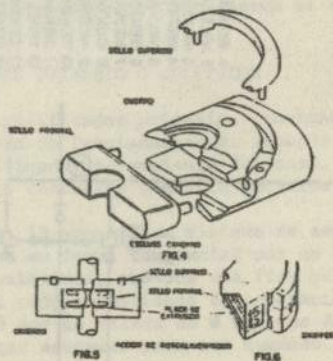


FIG. 3

FIG. 5

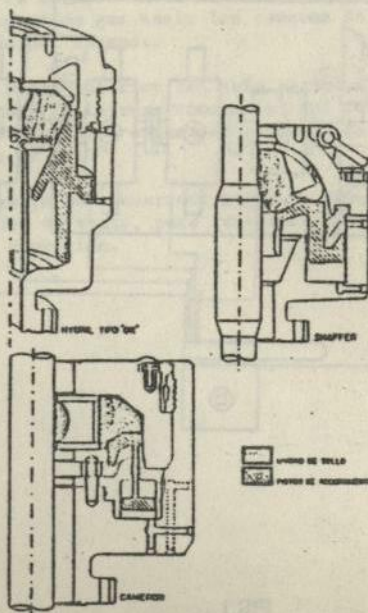
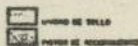
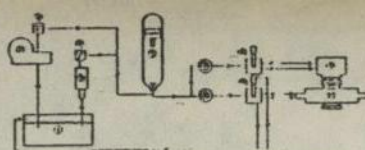


FIG. 7





1. BOMBAS DE ALIMENTACION
2. VALVULA DE ALIMENTACION
3. SENSOR DE PRESION
4. CONTROLADOR
5. INTERRUPTOR DE PRESION
6. SENSOR DE PRESION
7. VALVULA DE ALIMENTACION
8. SENSOR DE PRESION
9. BOMBAS DE ALIMENTACION
10. SENSOR DE PRESION

FIG. 8

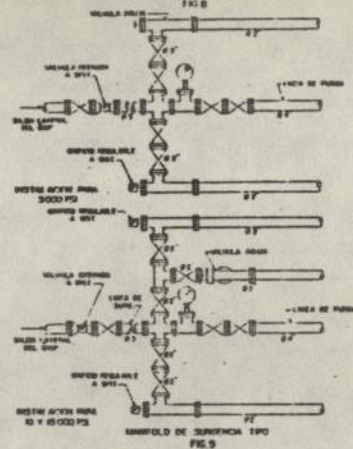
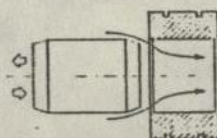
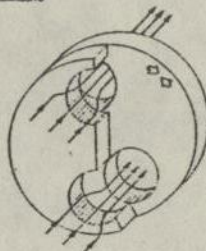


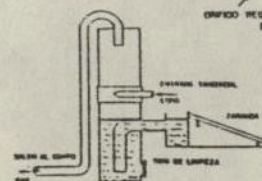
FIG. 9



ORIFICO REGULABLE A MANIFOLDO
FIG. 10



ORIFICO REGULABLE A DISCO
FIG. 11



ORIFICO REGULABLE A DISCO
FIG. 12