

20
20/0000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

" A R A G O N "

**ESTUDIO TEORICO EXPERIMENTAL DE UNA
VALVULA DE ESFERA**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
FRANCISCO MIGUEL RIVERA JARAMILLO

MEXICO, D. F.

1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION(5)

CAPITULO II

OBJETIVOS(13)

CAPITULO III

ANTECEDENTES(16)

 III.1 Funcionamiento de una válvula de esfera ... (17)

 III.2.1. Posición del flotador estático(18)

 III.2.2. Posición de la esfera por efecto
 de flotación(20)

 III.2. Antecedentes del modelo(22)

 III.3. Conceptos adicionales(27)

CAPITULO IV

DISEÑO DE LAS PRUEBAS(28)

 IV.1. Condiciones del equipo(29)

 IV.2. Condiciones del flujo(35)

 IV.3. Condiciones de las pruebas(41)

 IV.3.1. Variables a determinar durante
 las pruebas(42)

 IV.3.2. Tratamiento de la información(44)

 IV.3.3. Pruebas a realizar(47)

INDICE

CAPITULO V

REALIZACION DE LAS PRUEBAS	(58)
V.1. Pruebas preliminares	(59)
V.2. Pruebas experimentales	(62)
V.2.1. Calibración de los aparatos de medición	(63)
V.2.2. Preparación del modelo	(64)
V.2.3. Generación de los patrones de flujo	(64)
V.2.4. Comportamiento del modelo ante el patrón de flujo	(65)
V.2.5. Determinación de los parámetros evaluativos	(67)

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS	(69)
VI.1. Análisis de las pruebas preliminares	(71)
VI.2. Pruebas experimentales	(74)
VI.2.1. Arrastre de líquido	(74)
VI.2.2. Tiempo de cierre	(80)
VI.2.3. Alturas de cierre y flotación	(83)
VI.2.4. Análisis de flujos pulsantes	(83)

INDICE

CAPITULO VII

CONCLUSIONES	(85)
Recomendaciones	(89)
BIBLIOGRAFIA	(92)

ANEXOS

ANEXO A

Desarrollo de la Geotermia en México	(95)
--	------

ANEXO B

Válvulas	(118)
----------------	-------

ANEXO C

Flujo en dos fases	(128)
--------------------------	-------

ANEXO D

Resultados de las pruebas	(144)
---------------------------------	-------

ANEXO E

Análisis matemático de los resultados	(155)
---	-------

ANEXO F

Hojas de captura de las pruebas	(161)
---------------------------------------	-------

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION

En las plantas geotermoeléctricas la generación de la energía eléctrica se realiza por medio del manejo de las propiedades de presión y temperatura de un fluido de trabajo bifásico (líquido-gas), obtenido de un reservorio geotérmico por medio de un pozo (ver anexo A). La infraestructura de una planta geotermoeléctrica, estará en función de la distribución volumétrica de las fases a la salida del pozo, pues en base a esta distribución se requerirá un determinado equipo para el manejo de sus propiedades. Por ejemplo para los llamados pozos de vapor dominante, que son aquellos con calidades de vapor muy cercanas al 100 % se tendrá instalada una configuración como la mostrada en la figura I.1., en la cual solo se busca eliminar la poca humedad que contiene el vapor (condensado resultado de gradientes de presión y temperatura en la línea), por medio de un separador de humedad antes de ser enviado este fluido a la turbina acoplada al generador para la generación de energía eléctrica.

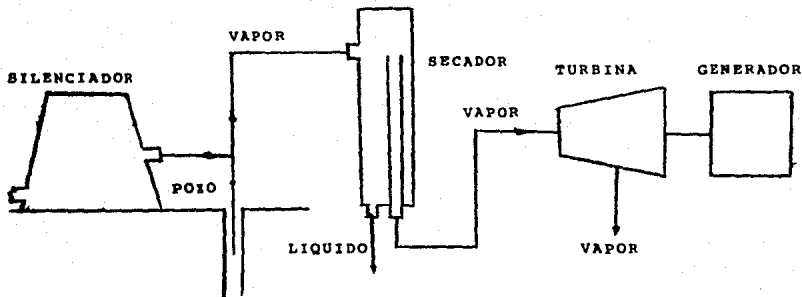


figura I.1..Configuración de una planta de vapor saturado.

En los pozos llamados de líquido dominante la distribución de las fases es muy diferente, pues la calidad del vapor a la salida del pozo es cercana al 15 %, teniéndose como finalidad en la configuración de la planta la búsqueda de la eliminación del líquido que se encuentra presente en el flujo. La configuración de una planta de este tipo de pozos es mostrada en la figura I.2., por medio de la cual se puede observar la presencia en la instalación de equipos como

separadores de vapor, válvulas de esfera y secadores, equipo totalmente dirigido hacia el control de la calidad del vapor para entregar a la turbina un vapor de 100 % de calidad.

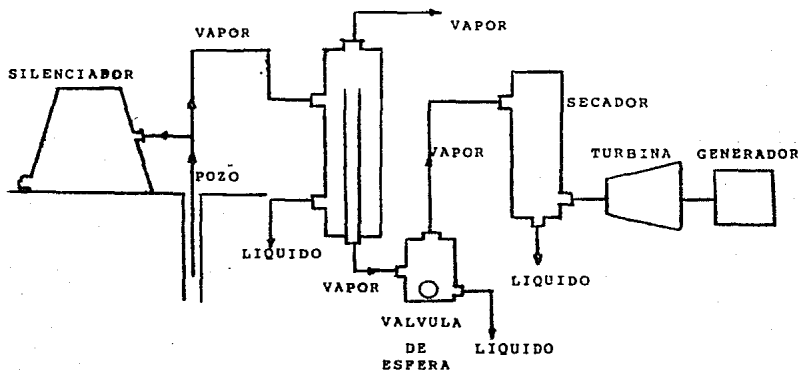


figura I.2..Configuración de una planta de líquido dominante.

En nuestro país los pozos geotérmicos de líquido dominante son los que se presentan más frecuentemente (Los Azufres, Michoacan y Cerro Prieto, Baja California), razón por la cual se realizan proyectos de estudio para la optimización tanto de diseño como de operación del equipo llamado de superficie como son separadores de vapor, silenciadores, válvulas de esfera y tuberías, por parte de instituciones

involucradas en este proceso (Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas).

Dentro de los equipos de superficie que integran una central geotermoeléctrica, la válvula de esfera es un elemento que cumple funciones de seguridad, mediante el cual se busca prevenir el paso de grandes cantidades de líquido a la turbina. La posible presencia de grandes cantidades de líquido en la turbina se da como resultado de una falla en el funcionamiento del separador de vapor, ya sea por haberse tapado el tubo de descarga del mismo o rebasarse las condiciones de operación para las que estuvo diseñado el separador (velocidad, presión y gasto de entrada), por lo cual la calidad de vapor buscada a la salida de este (99.97 % aproximadamente) no se logra.

En base a la definición y clasificación general de las válvulas (ver anexo B) se puede ubicar a la válvula de esfera entre dos tipos de válvulas ; las denominadas válvulas de seguridad y las válvulas especiales, esto se debe a que la válvula de esfera tiene como función extrema de seguridad la de cortar el flujo de vapor en forma total en determinadas condiciones de operación (explicadas ampliamente en el capítulo de antecedentes), accionando con esta operación válvulas de seguridad y discos de ruptura; es una válvula especial debido a que para la aplicación de una válvula de esfera en determinada instalación es necesario un estudio de las condiciones de esa instalación y en base a estas realizar el diseño específico que

se ajuste a esas necesidades.

La geometría básica de una válvula de esfera puede ser observada en la figura I.3.. La válvula de esfera consta de un tanque de almacenamiento colocado entre dos ductos con orientación perpendicular uno con respecto al otro, un cuerpo obturador (esfera o flotador) y una purga en el tanque para desalojar el condensado que se encuentre almacenado en él. Para su operación es básica la posición en que se encuentra ya que en base a esta se busca acumular el condensado (líquido) y dejar pasar el gas (vapor) en función de la inercia del flujo y su diferencia de densidades.

La válvula de esfera es un dispositivo necesario en una planta geotermoeléctrica ya que es el único elemento de seguridad que protege de golpes de líquido a la turbina. Su función en el caso de pasar agua después del separador es la de cerrar el paso del vapor al vaporducto, esto provoca que se eleve la presión de la sección precedente a la válvula, accionando con esto la válvula de seguridad y discos de ruptura sacando con esto de operación la sección de la planta que se alimenta de ese pozo.

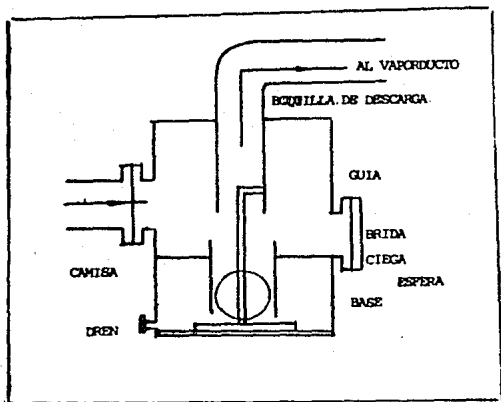


figura I.3..Válvula de Esfera.

La válvula de esfera por el hecho de ser una válvula especial no ha sido suficientemente estudiada y la literatura respecto a su diseño y operación es escasa por no decir inexistente, razón por la cual al realizarse un diseño de esta se encuentra la dificultad de que la relación entre sus parámetros físicos de entrada y salida del flujo que circulan a través de ella no se tienen establecidos y esto se debe a que se desconocen totalmente las relaciones internas de los

elementos que integran la válvula, sobre todo el comportamiento mismo de la esfera el cual es el elemento interno más importante de la válvula, teniendo con esto que para la evaluación y cuantificación de su eficiencia es prácticamente imposible de realizar.

CAPITULO II

OBJETIVOS

CAPITULO II

OBJETIVOS

En el presente estudio se buscara cumplir con los siguientes objetivos:

1) Tomando como base un diseño de una válvula de esfera instalada actualmente en campo (Cerro Prieto, Baja California y Los Azufres, Michoacan), se hara una escalación a fin de construir un modelo en acrílico, con objeto de poder visualizar el comportamiento interno de este dispositivo durante su operación en una determinada instalación.

2) Se integrara al modelo de la válvula de esfera una serie de equipos, a fin de poder crearle condiciones de trabajo lo más reales posibles con objeto de realizar un estudio cualitativo de la válvula. Estas condiciones de trabajo seran creadas a partir de modificaciones, tanto en condiciones de velocidad y gasto como en modificaciones en la distribución geométrica interna y externa de la válvula.

3) Las pruebas a realizar deberán se dirigidas hacia la observación del comportamiento y funcionamiento de una válvula de esfera y al modificar su geometria determinar los elementos a tomar en cuenta para su diseño óptimo.

4) Se realizara un análisis cuantitativo de los datos recabados durante la fase de experimentación y en base a un análisis estadístico se plantearan conclusiones y recomendaciones respecto a la geometría y condiciones a las que debe someterse la válvula de esfera para su operación óptima.

CAPITULO III

ANTECEDENTES

CAPITULO III

ANTECEDENTES

III.1. Funcionamiento de una válvula de esfera

La válvula de esfera esta definida como un dispositivo de seguridad mediante el cual se evita el paso de grandes cantidades de liquido hacia el vaporducto y por consiguiente a equipos como secadores y turbinas. En la figura III.1 se muestran los principales componentes de una válvula de esfera.

El funcionamiento de una válvula de esfera gira en base al comportamiento de su único elemento movil llamado esfera o flotador, para la descripción del comportamiento de la válvula se explicara en base a las dos posiciones extremas en las que puede ser localizada, como son; cuando el flotador se encuentra estatico y cuando el flotador se encuentra en movimiento por efecto de flotación.

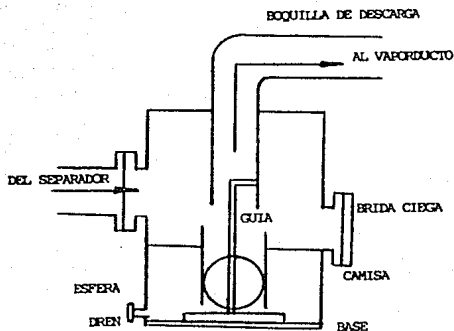


figura III.1 Geometría de una Válvula de Esfera.

III.1.1. Posición del Flotador Estático. Cuando la planta geotermoeléctrica trabaja en forma normal, esto es que opera bajo condiciones de presión, temperatura, calidad de vapor y generación de energía eléctrica esperadas, el comportamiento de la válvula de esfera estará en función de la calidad del vapor que entrega el separador, que para este caso será de alta calidad, debido a dos factores principalmente, uno de ellos es que el separador de vapor es altamente eficiente ya que en

operación normal entrega a su salida vapor con una calidad del 99.97 %, el otro factor es que el gradiente de temperaturas durante la transmisión del vapor son generalmente pequeñas, pues las tuberías encargadas de manejar el vapor se encuentran aisladas térmicamente, de ahí que al existir poca distancia entre el separador y la válvula de esfera la presencia de líquidos por efecto de condensación sea escasa, no variando sensiblemente la calidad del vapor circulante.

Bajo estas condiciones el vapor cuando entra a la válvula de esfera, golpea debido a su inercia el cuerpo interno de la válvula, principalmente a partes como la boquilla de descarga y la camisa del flotador, perdiendo en este momento el vapor la dirección con que entró y debido a la forma de la válvula, el gas de baja densidad (menor siempre que la del aire que pudiera contener la válvula) tiende a cambiar su dirección y sentido, saliendo por la boquilla de descarga pasando hacia el vaporducto que lo conduce hacia el secador y la turbina.

Mientras se conservan las condiciones descritas anteriormente la esfera se mantendrá estática sobre la base de la válvula al no existir nivel de agua que la eleve por efecto de flotación.

III.1.2. Posición de la esfera en movimiento por efecto de Flotación. Cuando en la planta Geotermoeléctrica se presentan problemas de operación principalmente en el control de la calidad del vapor, esto es que circula vapor con una calidad inferior.

La baja calidad del vapor se presenta cuando hay una falla en el separador de vapor siendo esto consecuencia de dos posibles razones. La primera de ellas es que por lo general el fluido circulante que proviene de la salida del pozo geotérmico, contiene sales y material en estado sólido (arenas principalmente) lo cual provoca una fuerte corrosión e incrustación en la tubería, que llega en un momento determinado a obstruir la salida del líquido (tubo de descarga) del separador de vapor parcial o totalmente, esto causa que el cuerpo del separador se inunde y haya un arrastre de agua a la salida, que se incrementará conforme se vaya incrementando el nivel dentro del separador, disminuyendo con esto en forma alarmante la calidad del vapor. La otra razón es que el gasto que se suministra al separador, rebase las condiciones para las que fue diseñado éste, con lo cual se provoca una inundación del cuerpo del separador con las mismas consecuencias que en la situación anterior, esto es una disminución gradual de la calidad del vapor.

Como se mencionó anteriormente ante la inundación del cuerpo del separador la calidad del vapor circulante es muy inferior a la que se tiene durante operación normal (99.97 %), dándose la presencia de grandes cantidades de líquido a la salida del separador, este vapor de baja calidad es el fluido de entrada a la válvula de esfera.

Dentro de la válvula de esfera el flujo bifásico (vapor y líquido) golpea la parte interna de la válvula, principalmente la boquilla de descarga y la camisa de la esfera que son las secciones internas que se encuentran directamente enfrente del tubo de entrada de la válvula. Al entrar el flujo en la válvula, el líquido presente en él tiende, debido a su densidad y a la forma de la válvula, a depositarse en el fondo de esta y a ser drenado por la descarga que se tiene para este fin, el vapor también debido a su densidad, tiende a subir y salir por la boquilla de descarga, pero debido a su alta velocidad (hasta de 40 m/s) arrastra grandes cantidades de agua que llegan a los secadores. Debido a la gran cantidad de líquido que se deposita en el fondo de la válvula, el dren que se tiene no es suficiente para desalojar el líquido y el nivel de este comienza a aumentar en el cuerpo de la válvula, hasta alcanzar un valor suficiente para crear una fuerza de empuje mayor que el peso total del cuerpo de la esfera, por lo cual esta comenzara a flotar, elevándose de acuerdo a la trayectoria que le marca su guía, con lo que se irá estrangulando u obturando el paso del flujo hacia el vaporducto hasta llegar en un

momento determinado a cerrar la válvula cuando se presente el ajuste entre la esfera y los asientos localizados en la boquilla de descarga, dejando sin circulación de fluido a la instalación.

El cierre del paso del fluido por la válvula en dirección hacia el secador y turbina trae como consecuencia un aumento de presión en la sección anterior a la válvula en la instalación, presión que pondra en funcionamiento la válvula de seguridad y a su vez los discos de ruptura asociados a ella, sacando de operación totalmente la parte de la instalación alimentada por ese pozo, dándose con esto paso a un proceso de mantenimiento correctivo para la sustitución de los discos de ruptura, revisión y reparación de los elementos de la instalación que causaron la falla.

III.2. Antecedentes del Modelo.

Ante el desconocimiento total de los parámetros que rigen el comportamiento de una válvula de esfera, los diseños de esta se realizan en base a pequeñas modificaciones geométricas (cambio en la posición del dren de la válvula, modificación de la relación entre el diámetro de la boquilla de descarga y diámetro de la esfera, diferentes posiciones de camisa y boquilla de descarga dentro de la válvula, etc.) y

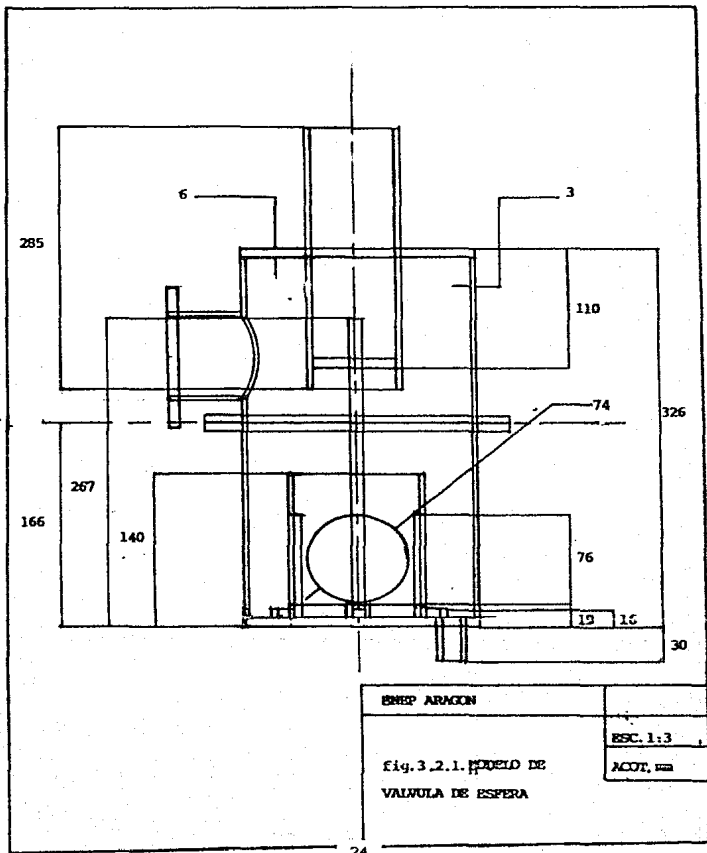
Principalmente a extrapolaciones de las dimensiones de una válvula ya diseñada, dándole las dimensiones adecuadas según la instalación, como resultado de la falta de puntos de apoyo que sustenten un análisis teórico para el diseño óptimo.

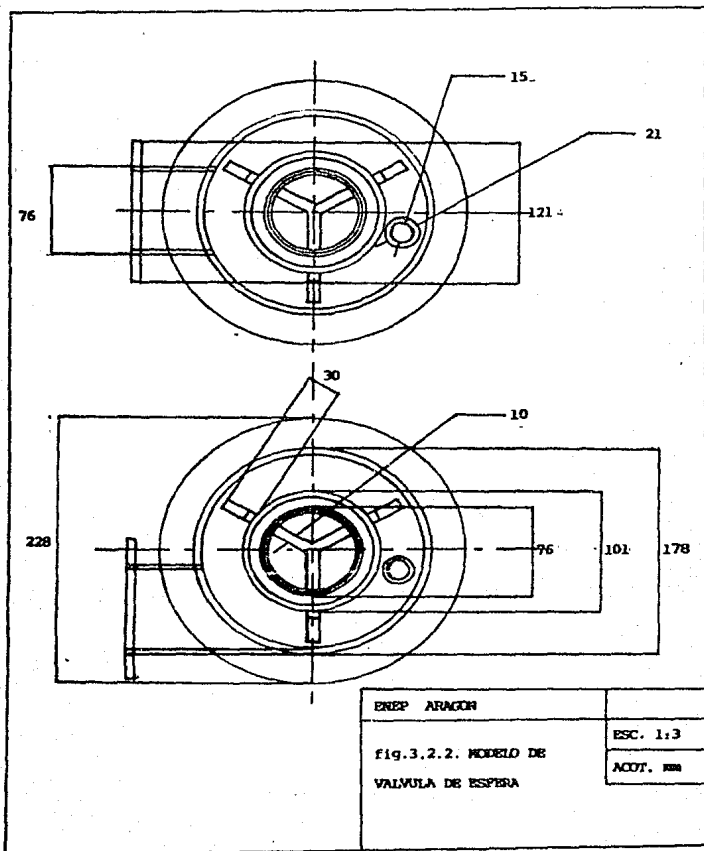
El modelo a analizar fue realizado bajo el mismo procedimiento, extrapolando para esto las dimensiones de las válvulas de esfera utilizadas en los campos geotérmicos de los Azufres, mostrados posteriormente en las figuras 3.2.1. y 3.2.2., se realizó la extrapolación por medio de una escalación de 5:1, siendo el material escogido para su elaboración el acrílico, las dimensiones también son mostradas en páginas siguientes.

Se puede afirmar que el único antecedente de diseño para el modelo fueron los planos de donde se copiaron, aunque en la práctica se tienen establecidos algunos criterios que nos dan una idea sobre lo adecuado o no del diseño de este tipo de válvula, estos criterios son:

a) El tiempo de cierre de la válvula durante su operación debe ser, lo más aproximado posible a el tiempo en que tardara en cerrar la válvula si estuviera circulando un fluido en estado líquido a la entrada de la válvula.

b) El arrastre de líquido por el vapor circulante en el momento





anterior al cierre de la válvula de esfera debe ser el mínimo posible.

c) Debe buscarse una estabilidad en la esfera en el momento de flotar en el líquido, ya que los saltos de esta puede causar que no se de un cierre correcto de la válvula.

Además para el modelo en especial se tomaron en cuenta algunas consideraciones extras como son:

a) Versatilidad del modelo a fin de que permita cambios en el tipo de entrada, cambios en la altura de la boquilla de descarga, cambios en la altura de la camisa de la esfera y posibilidad de poder eliminar la guía de la esfera. Esto es para fines de las pruebas experimentales a realizar (descritas en el siguiente capítulo).

b) Conservar la flotabilidad de la esfera o sea la relación peso por unidad de volumen de la esfera a fin de tener un nivel de flotación de la esfera igual al manejado en campo (40 % del total de diámetro de la esfera debe de encontrarse fuera del líquido).

III.3. Conceptos Adicionales.

Estos son algunos conceptos que se manejaran constantemente durante la realización de las pruebas:

a) Nivel en que la esfera empieza a flotar (NF).

Es el nivel medido en la válvula que se alcanza cuando el volumen de líquido dentro de la misma, es tal que produce una fuerza de empuje superior a la producida por el peso de esfera sobre el líquido.

b) Nivel en que la esfera asienta en la boquilla de descarga (NA).

Es el nivel alcanzado por el líquido en la válvula en el cual asienta la esfera en la boquilla de descarga obstruyendo el paso del vapor hacia la boquilla de descarga.

c) Tiempo de cierre (t_c).

Es el tiempo medido a partir de que se cierra el dren de la válvula de esfera en forma total, hasta que la esfera obstruye el paso del fluido a través de la válvula cerrandola.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

CAPITULO IV

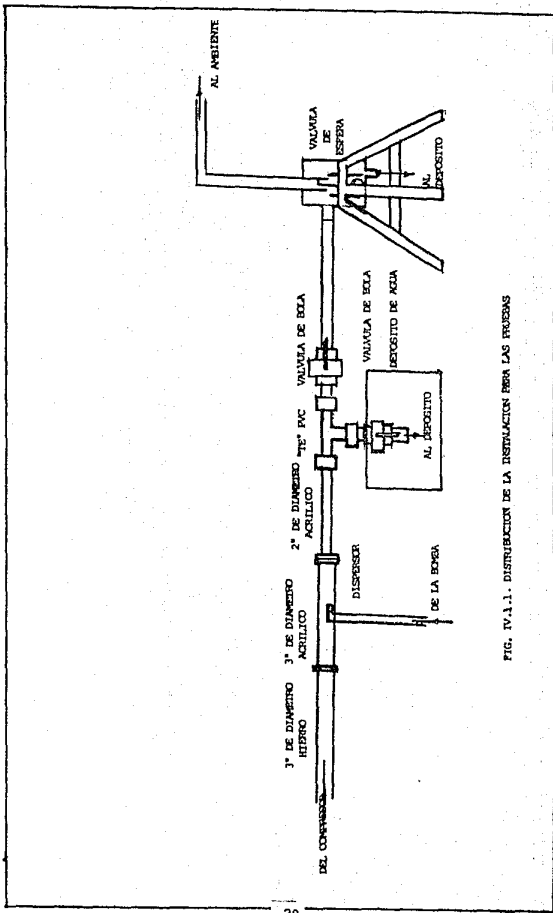
DISEÑO DE LAS PRUEBAS

Partiendo del planteamiento del funcionamiento real de una válvula de esfera realizado en el capítulo anterior, en el presente capítulo se realizará el diseño de las pruebas a realizar, presentando inicialmente las condiciones del equipo mediante el cual se simularan las condiciones reales de operación, se especificaran además las condiciones del flujo de entrada (en cuanto a su velocidad) para generar los patrones de flujo a utilizar en las pruebas (patron anular, pulsante y ondulado), y finalmente se señalaran las variables a manejar en cada una de las pruebas y el registro que se llevara de cada una de estas en hojas de captura de datos.

IV.1. Condiciones del equipo

El equipo que se tiene actualmente instalado para simular las condiciones de trabajo y operación real del equipo de superficie geotérmico, son los que a continuación se mencionan y que son mostrados en la figura IV.1.1. y IV.1.2..

Un compresor de tipo tornillo rotatorio marca JOY modelo



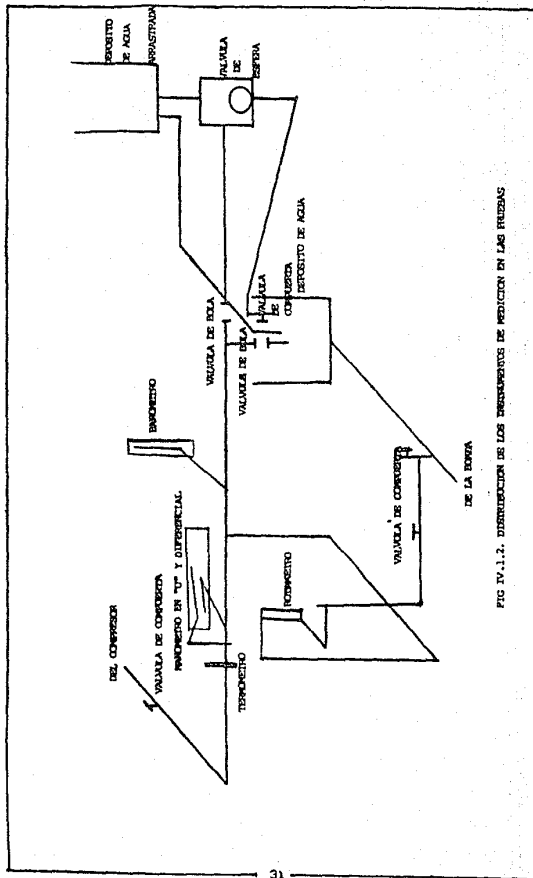


FIG. IV.1.2. DISTRIBUCION DE LOS INSERVICIOS DE REFRIGERACION EN LAS FREZAS DE LA BARRA

TA-340, mediante el cual se alimenta de aire la instalación. Este compresor entrega un gasto de aire de 9.6 m³/min (340 ft³/min) a una presión de 8.8 kg/cm² (125 psig).

Una bomba tipo centrífuga marca ZERO, para el suministro de agua a la instalación. Esta bomba tiene un gasto de salida de 56 lts/min (15 gpm) a una presión de 2.5 kg/cm² manométricos (36 psig).

Una boquilla atomizadora marca SPRAYING SYSTEM CO. tipo 3/4-765 en bronce, tiene como fin esta boquilla la de atomizar el flujo de agua proveniente de la bomba centrífuga, como condición para poder generar los patrones de flujo requeridos. Suministra a la instalación un gasto de agua de 0 a 57 lts/min (15 gpm) a una presión entre 0 y 2.5 kg/cm².

Para el control y manejo del flujo se cuenta con el siguiente equipo:

Válvula tipo globo marca URREA con un diámetro de 25 mm, para el control del gasto de agua, se encuentra colocada a la salida de la bomba.

Dos válvulas tipo bola marca URREA con un diámetro de 76 mm, para el control de la dirección del flujo de aire, se encuentran localizadas en una "te" de la instalación.

Los instrumentos de medición para la determinación del valor de los diferentes parámetros de las pruebas serán los que

a continuación se mencionan:

Tubo de pitot marca AIRFLOW con una longitud de 300 mm y 4 mm de diametro, con un diametro de orificio de 2.3 mm. este tubo de pitot es uno de los elementos a utilizar para la medición del flujo masico de aire circulante en la instalación.

Manómetro diferencial marca AIRFLOW que trabaja en un rango de operación 0 a 5000 pascales con una precisión de 0.1 kpascales, con aceite refinado como fluido de trabajo con una densidad relativa de 0.784 a 20 grados centigrados. Este instrumento se utilizara conectado con el tubo de pitot a fin de determinar la presión dinámica del aire.

Manómetro tipo "U" de la marca AIRFLOW que trabaja en un rango de operación de 0 a 50 kilopascales y con una precisión de 0.1 Kilopascales, utilizando mercurio como fluido de trabajo con una densidad relativa de 13.600 a una temperatura de 15 grados centigrados. Este instrumento se encuentra conectado al tubo de pitot a fin de medir la presión estática del aire.

Rotámetro marca DWAYER construido en acrílico para tubería de 25.4 mm de diámetro que trabaja en un rango de operación de 0 a 38 lts/min (10 gpm) con una precisión de 1 gpm. Este se utilizara en la instalación para medir el flujo másico de agua circulante.

Cronómetro marca TIMEX con un rango de trabajo de 0 a 24 horas y una precisión de 0.001 seg.. Se utilizara para la

medición del tiempo de cierre de la válvula.

Termómetro con una rango de trabajo de 0 a 200 grados centígrados y una precisión de 1 grado centígrado . Se utilizara para la medición de la temperatura de bulbo humedo y la temperatura de bulbo seco para el calculo de la humedad relativa del aire.

IV.2. Condiciones del flujo

Las pruebas van a realizarse en base a cambios en la distribución geométrica de los elementos que integran una válvula de esfera y a modificaciones en las condiciones de flujo que se van a utilizar en las pruebas y son los que se llegan a presentar en condiciones reales de operación, como son la presencia de algunos patrones de flujo tales como flujos ondulados, pulsante y anular (ver anexo C), a fin de observar como se comporta la válvula ante diferentes cambios geométricos. Tomado en cuenta que la entrada a la válvula es horizontal para la determinación de las velocidades de agua y aire es necesario hacer uso de la Carta de Mandhale para plantear las magnitudes de estas velocidades necesarias para la generación de determinados patrones de flujo en tuberías en posición horizontal (ver anexo C).

Antes de determinar las velocidades a utilizar en las pruebas se determinaran las condiciones críticas del equipo como un antecedente a tomar en consideración en la determinación de las velocidades y flujos máximos a utilizar en las pruebas.

El flujo crítico de aire que maneja el compresor sera de:

$$Q_{ca} = 9.6 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Se tiene que en Sistema Internacional:

$$Q_{ca} = 0.16 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para el calculo de la densidad del aire a la salida del compresor:

$$P V = m R T \quad (1)$$

Se tiene que la presión del compresor a la salida es de:

$$P_{eal} = 100 \text{ PSI} = 6.938 \text{ bars}$$

$$P_{alm} = 0.863 \text{ bars} \quad (\text{Cuernavaca})$$

$$P_{ealabs} = 7.801 \text{ bar} = 780100 \text{ Pa}$$

Para la R de aires:

$$R_a = 287 \text{ Joule / Kg } K^{\circ} = 287 \text{ m}^2 / \text{s}^2 K^{\circ}$$

La temperatura media es de:

$$T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad (\text{Cuernavaca})$$

Calculando la densidad se tiene que:

$$\frac{m}{V} = \frac{P}{R T} \quad (2)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Sustituyendo (2) en (3) se tiene que:

$$\rho_a = \frac{P}{R T} \quad (4)$$

Sustituyendo valores:

$$\rho_a = \frac{78100}{287(298)} = 9.1212 \text{ Kg/m}^3$$

Para las condiciones de flujo criticas de agua se tiene que:

$$w_{ca} = Q_{ca} (\rho_a)$$

Calculando el gasto masico critico de aires:

$$w_{ca} = 9.1212 (0.16) = 1.4593 \text{ Kg/s}$$

Calculando la velocidad critica para una tuberma de 70 mm de diametro:

$$V_c = \frac{Q_{ca}}{A} = \frac{0.16}{\frac{\pi (0.07)^2}{4}} = 41.57 \text{ m/s}$$

Para el flujo de agua se tiene que sus condiciones criticas son:

$$Q_{H_2O} = 15 \text{ gpm} = 9.4625 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Manejandose un flujo masico critico de agua de:

$$w_{CH_2O} = Q_{H_2O} \rho_{H_2O} = 0.9462 \text{ Kg/s}$$

A una velocidad critica para un diametro de 70 mm de:

$$V_c = \frac{9.46 \times 10^{-4}}{\frac{\pi (0.07)^2}{4}} = 0.2458 \text{ m/s}$$

Para tener el rango de trabajo se calcularon los valores minimos de la siguiente forma:

Partiendo de una velocidad minima del aire (por condiciones del compresor) de:

$$V_{amin} = 10 \text{ m/s}$$

Calculando el flujo masico se tiene que:

$$w_{amin} = \rho_a V_a A = 10(1.12)(3.84 \times 10^{-3}) = 0.043 \text{ kg/s}$$

Para el caso del aire el flujo minimo de agua (determinado en la practica) que se puede manejar es de :

$$Q_{minH_2O} = 0.06 (1/1000) = 6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Esto implica que el gasto y la velocidad minimas a manejar seran:

$$V_{minH_2O} = \frac{6 \times 10^{-5}}{\frac{\pi (0.07)^2}{4}} = 0.015 \text{ m/s}$$

La velocidad maxima del aire a utilizar sera de:

$$V_{\text{amax}} = 40 \text{ m/s}$$

Tomando en cuenta que la densidad de aire (medida en campo) a la salida es de:

$$\rho_a = 1.12 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Resulta un flujo másico máximo de:

$$\dot{m}_{\text{amax}} = \rho V A \dot{V} = 1.12 (0.192) = 0.172032$$

Para el agua el flujo másico máximo (medido en campo) es de:

$$\dot{m}_{\text{maxH}_2\text{O}} = 0.78 \text{ kg/s}$$

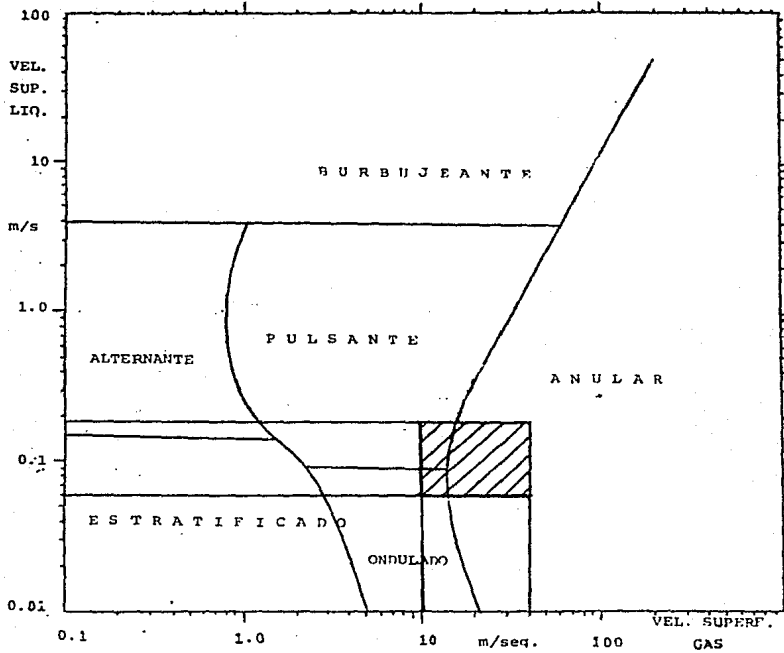
Con una velocidad maxima de agua para un diametro de 70 mm de:

$$V_{H_2O} = 7.3 * 10^{-4} / 3.84 * 10^{-3} = 0.190 \text{ m/s}$$

Tomando en cuenta los valores maximos y minimos de las velocidades tanto del agua como el aire se graficarón en la Carta de Mandhale, generandose con esto la siguiente tabla donde se muestran las condiciones del flujo a las que se van a someter las pruebas.

Tabla IV.2.1. Condiciones de flujo de la Mezcla Aire-Agua

A I R E		A G U A		Gasto	Patrón	Calidad
Velocidad	Flujo	Velocidad	Flujo			
(m/s)	Másico (kg/s)	(m/s)	Másico (kg/s)	(GPM)	de flujo	
10.0	0.043	0.015	0.0614	1.0	Ondulado	41.0
10.0	0.043	0.065	0.252	4.0	Ondulado	14.5
10.0	0.043	0.10	0.384	6.0	Ondulado	10.0
12.5	0.053	0.10	0.384	6.0	Pulsante	12.1
12.5	0.053	0.12	0.461	7.1	Pulsante	10.3
12.5	0.053	0.14	0.538	8.3	Pulsante	8.9
40.0	0.153	0.016	0.065	1.0	Anular	70.0
40.0	0.153	0.065	0.252	4.0	Anular	37.8
40.0	0.153	0.010	0.384	6.0	Anular	28.5



CARTA DE MANDIANE PARA PATRONES DE FLUJO EN TUBERIAS HORIZONTALES

Fig. IV.2.1.ZONA DE EXPERIMENTACION.

IV.3. Condiciones de las pruebas

Para establecer las condiciones bajo las cuales se realizaran las pruebas se debe definir varios elementos como preliminares a estas como son las ya establecidas de condiciones del equipo y flujo, pero ademas de esto hay que definir los datos que se recogeran durante las pruebas, el tratamiento que se le dara a la información y finalmente las condiciones bajo las cuales se realizaran cada una de las pruebas estableciendo un calendario fisico para su ejecución a fin de de conseguir los objetivos propuestos en el capitulo II.

IV.3.1. Variables a determinar durante las pruebas.

a) Condiciones de flujo

Variables	Medición	Unidad	Instrumento
Gasto Masico de aire	Gasto	kg/s	Tubo de pitot
Gasto volumétrico de agua	Gasto	gpm	Rotámetro
Presión estática del aire	Presión	Pa	Columna de Hg
Temperatura del aire	Temperatura	C	Termómetro
Patrón de flujo			Visual

b) Variables del Proceso

Variables	Medición	Unidad	Instrumento
Gasto de agua de drenaje	Acum/tiempo	mlts/s	Depósito Cronómetro
Nivel en que la esfera empieza a flotar	Nivel	cm	Visual
Nivel en que la esfera asienta en boquilla	Nivel	cm	Visual
Tiempo de cierre	Tiempo	s	Cronómetro

c) Variables del Equipo.

Variables	Disposición	Variantes
Boquilla de entrada	Radial Tangencial	
Camisa del flotador		Altura normal Incremento de altura
Boquilla de descarga		Altura Normal Incremento de altura
Guia del flotador	Sin Guia Con Guia	

IV.3.2. Tratamiento de la información.

a) Gasto másico de aire.

Se calcula la velocidad por medio de la formula:

$$V_a = 1.291 \sqrt{\left[\frac{1000}{P_b} \right] \left[\frac{T_a}{289} \right] \left[\frac{100000}{100000 + P_s} \right] P_b}$$

Donde:

V_a = velocidad del aire en m/s

P_b = presión barométrica en mbar

T_a = Temperatura absoluta del aire °K

P_s = presión estática en Pa

P_v = presión dinámica en Pa

Calculando el gasto masico de aire por medio de la formula:

$$\dot{w}_a = \rho_a V_a A$$

Donde:

\dot{w}_a = flujo de aire en kg/s

ρ_a = densidad del aire en kg/m³

A = area del tubo en m

Para calcular el area se utiliza:

$$A = \pi D^2/4$$

Donde:

D = diametro del tubo en m²

b) Gasto masico de agua:

Se calcula por medio de :

$$\omega_{H_2O} = \text{gpm} (3.785) / 60$$

Donde:

ω_{H_2O} = flujo másico del agua en kg/s

gpm = flujo medido en el rotámetro en gal/min

c) Calidad del aire.

Se calcula por medio de:

$$X = \frac{\omega_a}{\omega_{H_2O} + \omega_a} (100)$$

Donde:

X = calidad del aire en %

ω_{H_2O} = flujo másico del agua en kg/s

ω_a = flujo másico del aire en kg/s

f) Gasto de agua drenada de la válvula.

Se cuantifica por medio de la operación resultante de dividir la cantidad de agua desalojada por la válvula dividida entre el tiempo en que se un depósito calibrado a 1000, 2000 y 3000 mlt es llenado encontrandose estable el nivel de agua dentro de la válvula de esfera.

$$D_r = \frac{\text{Acumulacion}}{t_c}$$

Donde:

D_R = gasto drenado de agua en kg/s

t_c = tiempo de cierre de la válvula de esfera en s

IV.3.3. Pruebas a realizar

Las pruebas que van a realizarse al modelo como se mencionó anteriormente serán en base a dos tipos de modificaciones:

a) Modificaciones en los variables físicas que definen el flujo de aire y agua suministrados (velocidad, presión y gasto) por el compresor y bomba a fin de generar los patrones de flujo ondulado, pulsante y anular, a utilizar en las pruebas.

b) Modificaciones en la geometría interna y externa de la válvula a fin de buscar la determinación de la distribución y disposición óptima de funcionamiento de la válvula de esfera.

Es importante aclarar que estas pruebas van en busca del entendimiento en el funcionamiento de la válvula de esfera y que en caso de que no opere adecuadamente (dejar pasar agua por efecto de arrastre hacia el ducto de salida), se buscará a través de modificaciones geométricas un diseño tal que cumpla con su objetivo principal.

Para realizar estas actividades se partirá de la construcción e instalación de la válvula de esfera (ver figura IV.3.3.1 y 2), siendo esta válvula un modelo en acrílico y ya conectada a la instalación se harán ciertas pruebas preliminares como son:

i) Verificar la no existencia de fugas en el cuerpo de la

válvula.

ii) Probar la flotabilidad de la esfera.

iii) Probar la factibilidad de generación de los patrones de flujo propuestos, por el equipo con que se cuenta en la instalación.

iv) Establecer los pasos necesarios para la realización de cada una de las pruebas.

Los valores geométricos en las pruebas fueron establecidos en base al diámetro de la boquilla de descarga (0.07 m en el modelo) por ser este un valor dado en las instalaciones geotermoeléctricas, en base al gasto de salida del pozo. Así las alturas de la camisa de la esfera y la boquilla de descarga estarán en función del diámetro de la boquilla (Db). En las hojas de captura de datos para mayor facilidad estos valores serán capturados en centímetros, mediante una simple conversión por medio de la multiplicación de cada valor de las alturas antes mencionadas entre el valor del diámetro de la boquilla.

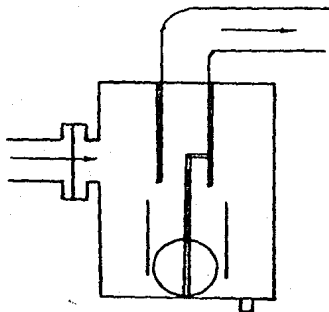
v) Plantear la forma en que se llevarán a cabo las mediciones de cada uno de los parámetros a determinar en las pruebas.

Una vez realizado esto se llevarán a cabo las pruebas definitivas modelo. Se pretende que estas sean distribuidas en un calendario físico de la siguiente manera:

Tabla IV.3.3. Pruebas experimentales a realizar

Prueba	% de Tiempo a Utilizar
I. Construcción e instalación del equipo y válvula	50.0
II. Pruebas preliminares	12.5
III. Variación de la altura de la camisa de la esfera	12.5
IV. Variación de la altura de la boquilla de descarga	12.5
V. Variación del mecanismo de ascenso de la esfera	5.0
VI. Variación del tipo de entrada	7.5
TOTAL	100.0

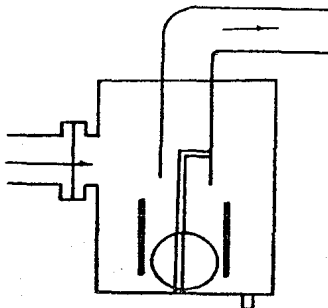
Prueba 1. Variación de la altura de la Boquilla de descarga



No	Entrada	Guía del flotador	Altura de la camisa	Altura de boquilla	Patrón de Flujo
1	"	" "	0.14	2.0	Ondulado
2	"	" "	0.14	2.0	Pulsante
3	"	" "	0.14	2.0	Anular
4	Radial	Con guía	0.14	1.37	Ondulado
5	"	" "	0.14	1.37	Pulsante
6	"	" "	0.14	1.37	Anular
7	Radial	Con guía	0.14	2.64	Ondulado
8	"	" "	0.14	2.64	Pulsante
9	"	" "	0.14	2.64	Anular

Las pruebas se iniciarán con las dimensiones geométricas originales (escaladas del plano original). Después se harán variaciones en la altura del tubo de salida de aire dentro de la válvula, esto se hace con la finalidad de determinar si este parámetro tiene influencias sobre el funcionamiento del equipo, para esto se considera el arrastre de agua y tiempo de cierre de la válvula.

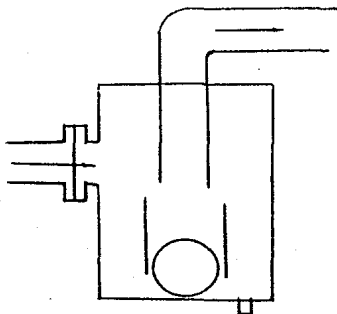
PRUEBA 2. Variación de la altura de la camisa de la esfera



No	Entrada	Guia del flotador	Altura de la camisa	Altura de boquilla	Patrón de Flujo
13	Radial	Con guía	0.42	2.0	Ondulado
14	"	" "	0.42	2.0	Pulsante
15	"	" "	0.42	2.0	Anular
16	Radial	Con guía	0.71	2.0	Ondulado
17	"	" "	0.71	2.0	Pulsante
18	"	" "	0.71	2.0	Anular
19	Radial	Con guía	1.0	2.0	Ondulado
20	"	" "	1.0	2.0	Pulsante
21	"	" "	1.0	2.0	Anular

Similarmente al parámetro anterior , se haran variaciones esta vez con la altura de la camisa de la esfera, con la finalidad de determinar si este parámetro influye en la operación del equipo y si es posible determinar su altura óptima.

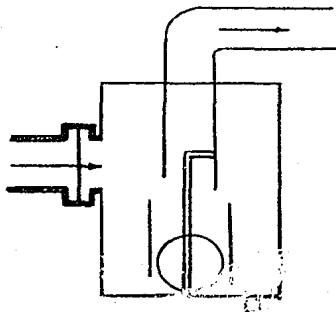
Prueba 3 . Variación en el mecanismo de ascenso



No	Entrada	Guia del flotador	Altura de la camisa	Altura de boquilla	Patrón de Flujo
25	Radial	Sin guia	0.14	2.0	Ondulado
26	"	Sin guia	0.14	2.0	Pulsante
27	"	Sin guia	0.14	2.0	Anular

Igualmente en esta prueba se buscara determinar si la presencia o no de la guia de la esfera afecta de una manera sustancial la operación de la válvula de esfera, encontrando la determinación de si es o no indispensable la presencia de la guia dentro de la configuración interna de la válvula.

Prueba 4. Variación del tipo de entrada.



No Entrada	Guía del flotador	Altura de la camisa	Altura de boquilla	Patrón de Flujo
28 Tangencial	Con guía	1.0	14.0	Ondulado
29 Tangencial	" "	1.0	14.0	Pulsante
30 Tangencial	" "	1.0	14.0	Anular

En esta prueba por medio de un cambio en el tipo de entrada (de radial a tangencial), se tratara de observar en que forma efecta la modificación de este parámetro en el arrastre de agua hacia la salida de aire de la válvula.

Los resultados de cada una de las pruebas fueron capturados en la forma que se muestra a continuación.

CAPITULO V

REALIZACION DE LAS PRUEBAS

CAPITULO V

REALIZACION DE LAS PRUEBAS

Como se mencionó en el capítulo anterior, se realizaron dos tipos de pruebas, las que llamaremos preliminares y las experimentales. Estas serán descritas y analizadas en forma separada tanto en el presente capítulo como en los posteriores.

V.1. Pruebas preliminares.

Las pruebas preliminares al modelo abarcarón, desde el planteamiento de la instalación donde se va a localizar la válvula de esfera, hasta la realización de una serie de pruebas que tenían como objetivo la determinación de la factibilidad de creación de los patrones de flujo (ondulado, pulsante y anular) a los cuales va a ser sometido el modelo.

La instalación se llevo acabo según lo planteado en las figuras IV.1.1. y IV.1.2. del capítulo anterior. Posteriormente se hizo circular agua a través de la instalación a modo de detectar las posibles fugas existentes, que en cuanto fuerón detectadas se procedió a su corrección sellando esa parte de la instalación. Una vez terminado esto se llevo acabo la generación de los patrones de flujo en base a la matriz experimental de patrones de flujo (tabla IV.2.1.) del capítulo anterior, mediante la creación de las condiciones propuestas iniciales para cada patrón de flujo.

Durante la determinación de las presiones estáticas, dinámica, barométrica y la temperatura del aire necesarias para cada velocidad propuesta (10 y 40 m/s), no se presentaron problemas en la generación del patrón de flujo ondulado y anular.

El patrón de flujo pulsante fue generado de la siguiente manera, se cerro las válvulas de bola 1 y 2 (fig V.1.1.) conectadas en la "te" de la instalación, teniendo el flujo de aire a una velocidad de 20 m/s y un flujo de agua de 11 gpm. Con el cierre de las válvulas se provocó un aumento en la en la presión y cantidad de agua presente en la sección de la instalación que antecede a las válvulas ,esta condición es mantenida de 8 a 20 segundos con gastos de entrada de 6 u 11.5 gpm, posteriormente se abre rapidamente la válvula 1 permitiendo el paso de agua hacia la válvula de esfera.

Esta forma de generación de un flujo pulsante es valida en cuanto a que, los patrones de flujo, más que definirse por una serie de condiciones de velocidad como en la carta de Mandhale, se definen como una distribución geométrica de un flujo en dos fases al circular dentro de un ducto, donde el patrón de flujo que fue generado con la operación descrita presenta las características geométricas que definen al flujo pulsante.

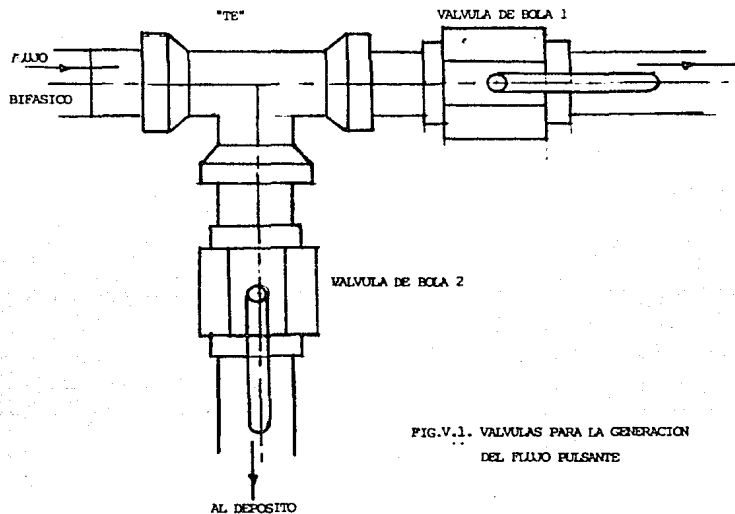


FIG.V.1. VALVULAS PARA LA GENERACION DEL FLUJO PULSANTE

Ademas en las pruebas preliminares se hicieron algunas modificaciones en los parámetros geométricos como probar la entrada tangencial, la entrada tangencial sin guia de la esfera, movimientos en la camisa de la esfera y movimientos en la boquilla de descarga, obteniendose de estas algunos resultados no previstos que seran planteados en capitulo siguiente.

En las pruebas preliminares tambien se definió el modo de medir los parámetros mediante los cuales se realizarán la

evaluación de la válvula de esfera, de esta manera se definió la forma de medir el arrastre que fue en forma indirecta, ya que será obtenida como resultado de la diferencia entre el flujo de agua de entrada y el flujo de agua drenado por la válvula de esfera.

Para la medición de los tiempos de cierre se definieron los criterios que se tomarían en las pruebas, por ejemplo que en caso de que se tenga la válvula del dren abierta y haya un cierre en la válvula de esfera, se tomara el tiempo de cierre a partir del momento en que llega el flujo bifásico a la válvula de esfera hasta su cierre; en caso de que en esta condición del dren no se presente el cierre de la válvula de esfera y se encuentre la esfera tanto en el fondo de la válvula como flotando en un nivel estable, se considerara el tiempo de cierre infinito y se procedera a medir el tiempo de cierre teórico (ver capítulo III) cerrando la válvula del dren y midiendo el tiempo a partir de que el flujo entra a la válvula de esfera, hasta que esta cierra.

V.2. Pruebas experimentales.

La realización de las pruebas experimentales pueden ser descritas y organizadas de la siguiente forma:

Calibración de los aparatos de medición

Preparación del modelo.

Generación del patrón de flujo.

Comportamiento del modelo ante el patrón de flujo.

Determinación de los parámetros evaluatorios.

V.2.1. Calibración de los aparatos de medición.

El tubo de pitot se encuentra conectado a un manómetro diferencial y a un manómetro tipo "U", se utiliza para la medición de las presiones estáticas y dinámicas, el primer paso para la calibración de los aparatos de medición, es calibrar a cero por medio de un tornillo de ajuste los manómetros, teniéndose la instalación a la presión atmosférica. Debido a la posición del tubo pitot dentro de la tubería es muy fácil que se introduzcan tanto agua como aire al manómetro tipo "U", razón por la cual hay que tener cuidado de eliminar en las columnas de aceite de ambos brazos del manómetro la presencia de burbujas de estos dos fluidos, ya que traería grandes errores en las lecturas.

Tanto el barómetro utilizado para medir la presión barométrica en la instalación, como el termómetro para medir la temperatura del aire y el cronómetro para medir los tiempos de cierre no tienen ningún problema de calibración.

Para la determinación de las alturas de cierre y de flotación de la esfera, se graduó con una cinta el cuerpo de la válvula con una precisión de 1 cm y para el caso del rotámetro que se encuentra a la salida de la bomba se recalibró

a solo tener graduados los valores a utilizar (1, 4 y 6 gpm), la calibración se realizó descargando el gasto de salida de la bomba en una probeta de 3000 ml y tomando el tiempo que tarda en llenarla hasta obtener los valores buscados, marcados estos como líneas en una cinta pegada al rotámetro.

V.2.2. Preparación del modelo.

Para la preparación de cada una de las pruebas, se tenía como preparativo preliminar la colocación de la distribución geométrica interna y externa del modelo de la válvula de esfera, como son la posición de la boquilla, la altura de la camisa, la correcta posición de la guía y selección del tipo de entrada que se va a trabajar.

V.2.3. Generación de los patrones de flujo.

Una vez calibrados los instrumentos de medición y colocados los elementos que constituyen la válvula de esfera en su posición, se procedió a abrir la válvula de bola que descarga hacia el depósito de agua de la instalación, se arranca el compresor y se controla su gasto por medio de la válvula, que se encuentra en su descarga a la tubería de la instalación, pudiéndose observar esta variación en el barómetro y en el manómetro en "U", en función del cierre o apertura de esta válvula.

Se seleccionó el patrón de flujo a generar en base a la matriz experimental de patrones de flujo propuesta anteriormente, para esto es llevada la presión dinámica a un rango de valores aproximados (determinado en base a la experiencia del personal encargado de operar el equipo), a los valores deseados de velocidad (10 y 40) para las pruebas, una vez hecho esto se introducen los valores de presión estática, dinámica y temperatura del aire a la formula para el cálculo de la velocidad del aire, tomando la temperatura del aire desde el desfogue localizado en la tubería de hierro de la instalación. En caso de no considerarse como valida la velocidad del aire se modifica con la apertura o cierre de la válvula.

Cuando ya se tiene fijado el valor de la velocidad se procede a suministrar agua arrancando la bomba de la instalación partiendo del flujo de 1 gpm. Una vez que se ha estabilizado el flujo se cierra la válvula de bola que esta descargando al depósito de agua dejando pasar el flujo hacia la válvula de esfera.

V.2.4. Comportamiento del modelo ante el patrón de flujo.

Ya generado el patrón de flujo se aplica este a la

válvula de esfera la cual presenta para el flujo tipo anular, la separación del flujo en dos fases; uno que es arrastrado por el aire hacia la salida y otro que es drenado por el ducto que tiene la válvula de esfera para este propósito, mientras que para el flujo de tipo ondulado no se presenta arrastre en la boquilla de descarga, además se presentan los siguientes comportamientos; el flujo de agua es separado por el cuerpo de la válvula de esfera y es mayor que el que se drena en la válvula, comenzando a flotar, cerrándose con esto la válvula de esfera o estabilizándose el nivel del agua antes de que cierre; en caso del que el flujo de agua separada sea menor que lo que puede drenar la válvula, la esfera se mantiene estática en el fondo de la válvula.

Cuando se presentó el primero de los comportamientos descritos anteriormente, en caso de no alcanzarse una altura de cierre (al estabilizarse el nivel de agua), se midió el volumen de agua drenado en una probeta de 3000 ml contra el tiempo en que se llenaba, ya medido este líquido, se procedió a cerrar la válvula que controla la salida del dren y fueron medidos el tiempo de cierre, la altura de flotación y la altura de cierre. En caso de alcanzarse la altura de cierre aún con la válvula del dren abierta se midió la altura de flotación, la de cierre y el tiempo de cierre.

Para el segundo comportamiento (cuando el flotador se encuentra en el fondo de la válvula) una vez estabilizado el sistema, se midió el arrastre para después cerrar la válvula

que controla el dren midiendose el tiempo de cierre, la altura de flotación y la altura de cierre.

V.2.5. Determinación de los parametros evaluatorios.

Como se mencionó en el capitulo anterior, los parametros mediante los cuales se evaluará el comportamiento de la válvula de esfera son los de arrastre de agua, tiempo de cierre, altura de flotación y altura de cierre, los cuales fueron obtenidos de la siguiente manera:

El arrastre de agua se midió desde la salida de la válvula, colocandose esta en la entrada de una probeta calibrada para 1000, 2000 y 3000 ml, el llenado de este depósito se toma el tiempo registrandose en la hoja de captura de datos tanto el valor en mililitros medido como el tiempo.

La altura de flotación fué el nivel de agua que se midió en el cuerpo de la válvula de esfera, a partir de que la esfera empezó a flotar.

La altura de cierre es la altura de agua que se midió, en el nivel marcado en el cuerpo de la válvula de esfera en el momento del cierre de esta.

El tiempo de cierre es el tiempo que se midió a partir de el flujo entra en el cuerpo de la válvula de esfera hasta que

esta tierra.

CAPITULO VI

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

Durante el presente capítulo se hace un estudio de los resultados obtenidos en las pruebas preliminares y experimentales al modelo de válvula de esfera (Anexo F), estos datos fueron analizados en los anexos D y E. El análisis de estos datos en los anexos antes mencionados partió de una organización de estos datos, a fin de agrupar todos los de una misma especie (todos los tiempos de cierre, alturas de cierre, alturas de flotación y gastos desalojados) y fueron puestos en función de la variable denominada "Gastos de Entrada", para ser manejados de ahí por medio de las operaciones descritas en la sección VI.3.2. Tratamiento de la información.

Teniendo esta información organizada se analizaron estos datos en forma estadística, obteniéndose en caso de tenerse varios datos de una misma prueba (iguales condiciones en el patrón de flujo de entrada e iguales condiciones geométricas en la válvula de esfera), se obtuvo una media de estos valores para obtener un dato más representativo, en caso de observarse que la tendencia de los datos de una prueba eran diferentes a una constante se ajustaron estos datos por el método de los mínimos cuadrados, siendo posteriormente graficados tanto los datos experimentales, como los datos resultado de una regresión sobre el ajuste.

Los ejes que se manejaron en las gráficas son resultado de la matriz de patrones de flujo para la variable Y "Calidad del aire de Salida" , contra la variable X "Altura de la Boquilla" de descarga, en el caso de medición de gastos de arrastre y para los "Tiempos de Cierre" el eje X "Calidad de salida del aire" y eje Y "Tiempo de Cierre".

Para el análisis estadístico y la realización de las gráficas se hizo uso del paquete de programación para computadoras personales Lotus 123 y del paquete de graficación Energraphics ya que éstos satisfacía las necesidades que se tuvieron para este análisis.

VI.1 Análisis de las pruebas preliminares

Las pruebas preliminares abarcaron una serie de actividades, dentro de las cuales se incluyó el probar la factibilidad de generación de las condiciones deseadas para cada prueba, tanto en lo que se refería a condiciones de patrón de flujo de entrada a la válvula, como movimientos en la geometría interna de la válvula.

A fin de lograr las condiciones anteriormente mencionadas, se hicieron una serie de pruebas de las cuales una parte de ellas fueron de observación y algunas otras (medición de arrastre de líquido a la salida de válvula de esfera) fueron cuantificadas (como se puede observar en los anexo D y E), y sus resultados son mostrados en el anexo D.

De las observaciones que se realizaron durante estas

pruebas se simplificaron, tanto la forma de medición de los parámetros de evaluación como el mismo número de las pruebas, estas arrojaron una serie de elementos de juicio, en cuanto al mejoramiento de la operación de la válvula de esfera que debido a su importancia se mencionarán a continuación:

a).- La válvula de esfera ante entradas de hasta 28.5% de calidad de aire en patrones de flujo anular (patrón de salida natural de un pozo geotérmico), nunca presenta un cierre. Esto se debe a que aún cuando entra un flujo de baja calidad de aire a la válvula de esfera, el nivel del líquido presente en ella aumenta, pero siempre se estabiliza en cierto nivel sin alcanzar la altura suficiente para que la válvula cierre. Este comportamiento se da ante cualquier tipo de entrada (tangencial o radial), cualquier altura de boquilla de descarga, altura de camisa de la esfera y dren de la válvula abierto en su totalidad (tal y como se encuentra en operación normal de una geotermoeléctrica).

b).- Para el tipo de entrada tangencial, la esfera tiene un comportamiento muy inestable, pues ante cambios en presión y velocidad del flujo de entrada, la esfera comienza a girar cerrando inesperadamente, siendo esto muy independiente de la calidad del aire del flujo de entrada y del nivel del líquido presente en el interior de la válvula. En casos donde la guía de la esfera se desprende de su posición o desaparece de la configuración interna de la válvula, el cierre de esta llega a darse incluso sin la presencia del líquido en el interior de la

válvula.

c).- En entradas de patrón de flujo anular, se presenta un fenómeno de succión, por parte de la boquilla de descarga sobre la esfera flotante en el líquido. Es decir a determinada altura (dependiendo de la altura de la boquilla de descarga de la válvula) la esfera no sube por flotación sino que es succionada por la boquilla, presentándose un cierre por salto de la esfera.

d).- Los movimientos en la altura de la camisa de la esfera, no contribuyen al aumento en la calidad de salida del aire circulante y con ello no contribuyen al mejoramiento de la operación de la válvula, ya que se pudo observar que los elementos que afectan esta calidad son aquellos que, por su posición dentro de la válvula de esfera son golpeados directamente por el flujo de entrada en la válvula. En el modelo de trabajo, la camisa de la esfera no tenía la posibilidad de movimiento tal que, le permitiera llegar a tal altura. Además se pudo observar que las funciones que cumple la camisa de la esfera son otras, ya que en la entrada tipo tangencial, la camisa genera un medio líquido estable alrededor de la esfera, que es muy diferente al que se encuentra fuera de ella, en cuanto a la entrada tipo radial, no cumple la camisa esta función, sin embargo, se observó que en los casos donde la boquilla de descarga sube alcanza sus mayores distancias (2.64Db), se crean por la presencia de la camisa, dos niveles, uno interno a ella y otro entre la camisa y el cuerpo de la válvula, siendo mayor el del interior, condición que reduce el

tiempo de cierre de la válvula, pues se requiere un menor volumen de agua para cerrar la válvula.

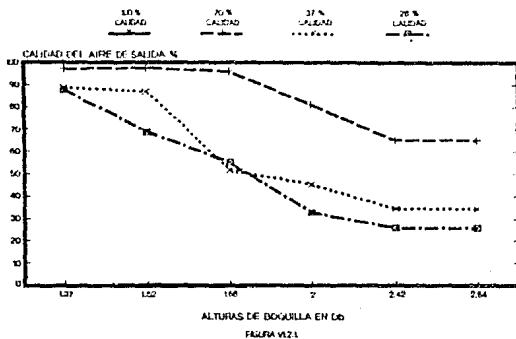
VI.2. Pruebas experimentales.

En base a los resultados obtenidos de las pruebas, se realizó un análisis matemático y gráfico, siguiendo el procedimiento que se mencionó al principio de este capítulo, buscando con esto tener los elementos suficientes para realizar la evaluación del comportamiento de la válvula de esfera. Las corridas correspondientes a estas pruebas y el análisis matemático son mostradas en los anexos D, E y F de este estudio, mientras que el análisis gráfico y la evaluación de los parámetros manejados en estas pruebas se plantearán a continuación.

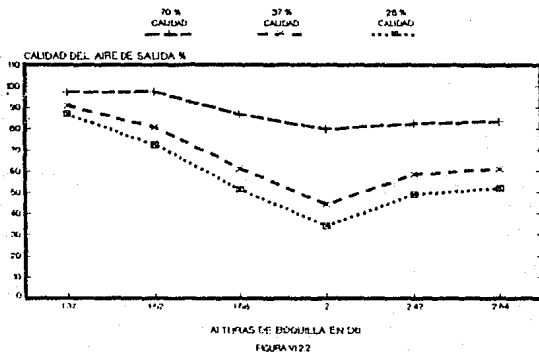
VI.2.1. Arrastre de líquido

Para la variable de evaluación de arrastre de líquido, se hizo referencia a otra variable, a fin de tener una conceptualización más clara, esta variable es la calidad del aire de salida (obtenida a partir de las ecuaciones de la sección IV.3. Tratamiento de la información). Así tenemos, que las gráficas referentes a la calidad del aire de salida (figura VI.2.1, VI.2.2, VI.2.1B, VI.2.2B), conforme se incrementa o disminuye la altura de la boquilla de descarga, respecto a la posición en que normalmente se encuentra (2Db), hay un aumento

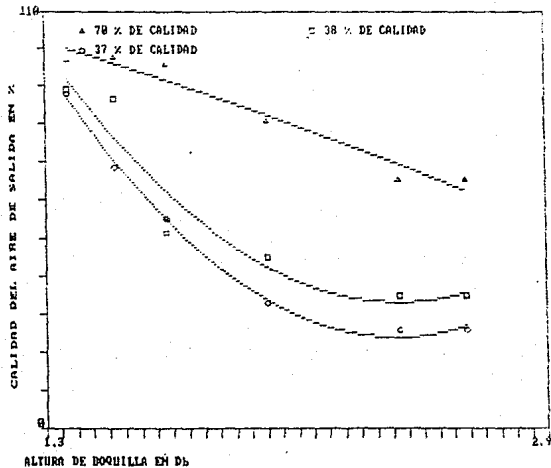
COMPORTAMIENTO PARA DIFERENTES ALTURAS
DE BOQUILLA Y CAUDALES DE ENTRADA EXPERIMENTALES



COMPORTAMIENTO PARA DIFERENTES ALTURAS
DE BOQUILLA Y CAUDALES DE ENTRADA POR AJUSTE



COMPORTAMIENTO PARA DIFERENTES ALTURAS DE BOQUILLA



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.320E+02) + (-1.972E+01)*X + (-2.486E+00)*X^2$$

THE VARIANCE - 9.581E+00

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(3.443E+02) + (-2.570E+02)*X + (5.310E+01)*X^2$$

THE VARIANCE - 4.060E+01

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

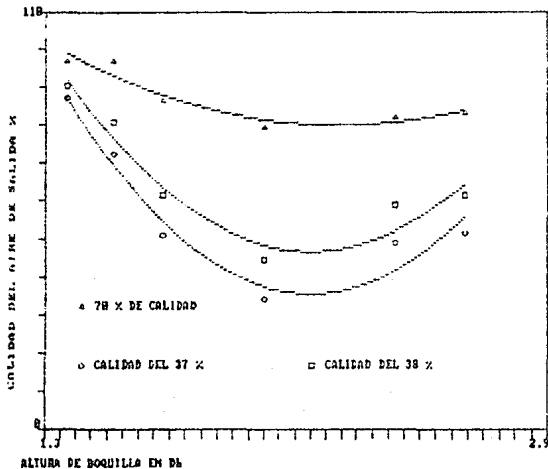
$$(2.611E+02) + (-2.796E+02)*X + (5.796E+01)*X^2$$

THE VARIANCE - 1.310E+00

EnerGraphics 03-08-1989

figura VI.2.1.b

COMPORTAMIENTO ANTE DIFERENTES ALTURAS DE BOQUILLA



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -
 $(2.070E+02) + (-1.132E+02)*X + (2.526E+01)*X^2$
 THE VARIANCE = 4.830E+00

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -
 $(2.915E+02) + (-3.139E+02)*X + (7.433E+01)*X^2$
 THE VARIANCE = 1.563E+01

THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -
 $(4.271E+02) + (-3.640E+02)*X + (8.461E+01)*X^2$
 THE VARIANCE = 1.674E+01

EnerGraphics 03-08-1989

figura VI.2.2.b

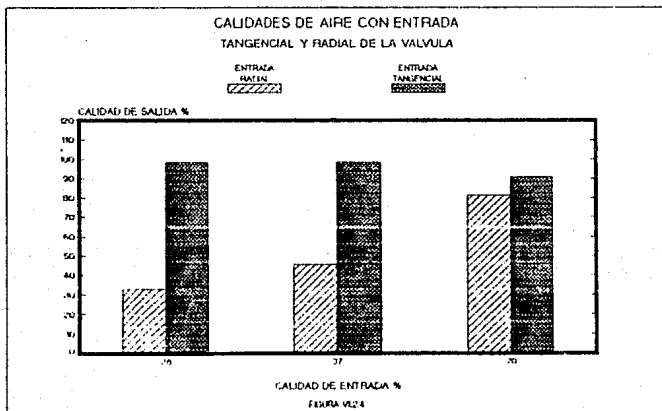
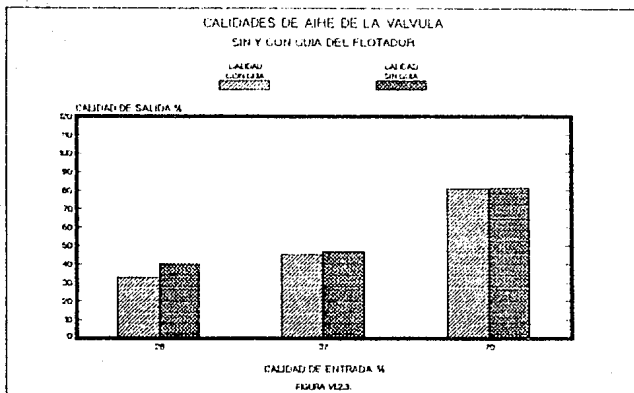
en la calidad de salida del aire, siendo esto más notorio al disminuir la altura de la boquilla. Es decir hay una mayor calidad de aire a la salida de la válvula de esfera, mientras se incremente o disminuya más la altura de la boquilla de descarga.

En las pruebas sin guía del flotador (figura VI.2.3), se puede establecer por medio de una comparación con la posición normal (2Db) con guía, que no hay diferencia en el comportamiento de la esfera, ya que la función de la guía (de dirigir la esfera hacia la boquilla), es realizada por la camisa de la esfera.

En la entrada tipo tangencial (figura VI.2.4), se obtuvo en las pruebas una calidad muy alta de aire (superior al 95 %), ante todas las calidades en patrón de entrada tipo anular, calidad muy alta en comparación con la entrada tipo radial en condiciones geométricas similares (2Db).

Según se puede observar en las gráficas de arrastre de líquido, la calidad de salida del aire en la válvula de esfera no es constante, ante la variación de las calidades de entrada, dándose una disminución en la calidad del aire a la salida, conforme disminuye la calidad del aire a la entrada.

Los mejores resultados en cuanto al menor arrastre de líquido se dieron en la dimensión mínima de la boquilla de descarga (1.57Db). Los resultados más inconvenientes para el arrastre de líquido se dieron en la altura normal de la boquilla de descarga (2Db), posición de todas las boquillas de descarga en las válvulas de esfera instaladas.



VI.2.2. Tiempo de cierre

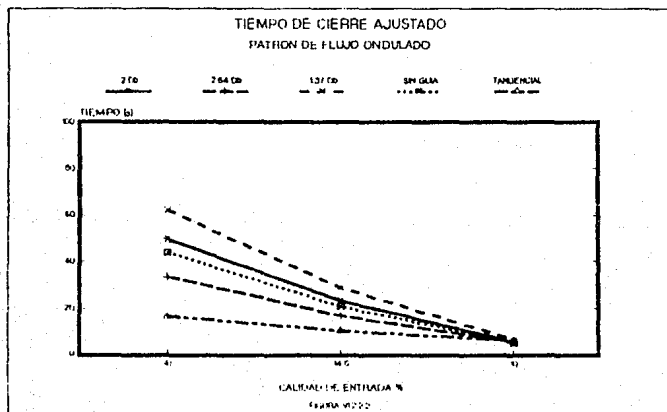
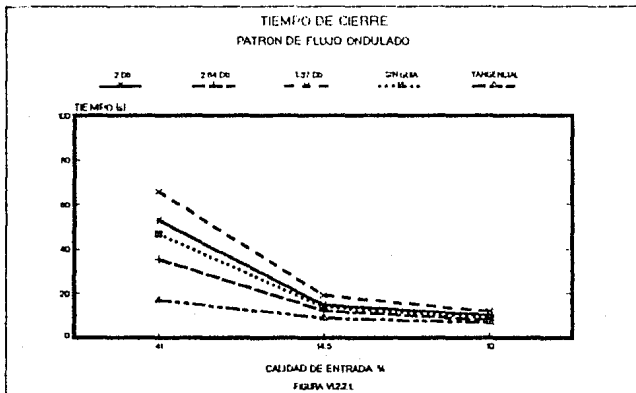
Como se puede observar en las gráficas de tiempo de cierre (fig.VI.2.2.1 a VI.2.2.4), se tiene un comportamiento muy predecible, ya que a mayor calidad de aire, mayor es el tiempo que tarda en darse el cierre de la válvula de esfera.

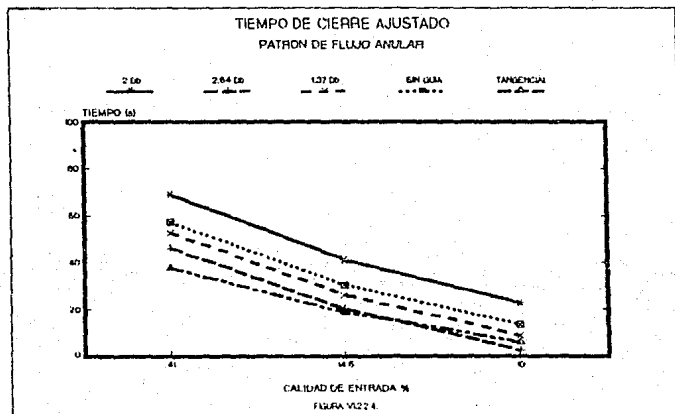
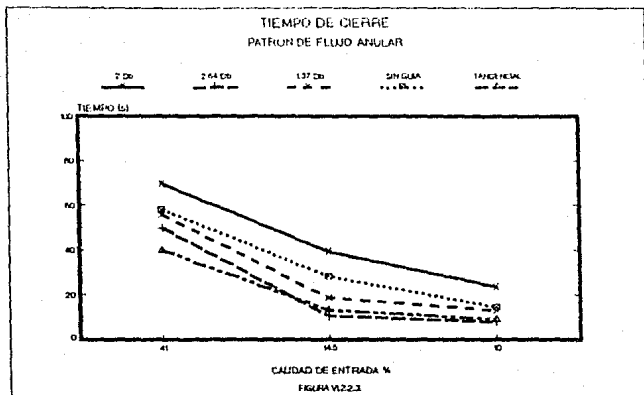
Se debe hacer notar que todos estos cierres se presentaron con el dren de la válvula cerrada ya que como se dijo anteriormente para patrones de flujo de entrada anulares, nunca cerró la válvula con el dren abierto.

Es importante señalar que las gráficas también nos muestran que la diferencia de tiempos de cierre entre la altura máxima y mínima de la boquilla de descarga no es muy grande, por lo que podemos afirmar que el tiempo de cierre no es muy afectado por la altura de la boquilla de descarga.

Para la entrada de tipo tangencial con patrón de flujo anular (fig.VI.2.2.3 y VI.2.2.4.) el tiempo de cierre es aproximadamente el 50% del tiempo que presentaron las demás condiciones.

Para condiciones sin guía de flotador presentó un comportamiento muy similar al de las condiciones normales, con lo cual podemos afirmar que la presencia o no de la guía dentro de la válvula no afecta sensiblemente la variable tiempo de cierre.





VI.2.3.- Alturas de cierre y flotación.

Por lo que respecta a la altura de flotación se puede notar en los resultados (Anexo E) son alrededor de 0.78Db para todas las pruebas, excepto la posición 2.64Db de boquilla de descarga en la cual la altura de flotación fue de 0.5Db, esta diferencia de alturas fue generada por la camisa de la esfera (inciso e sección VI.1.), que fue de 0.28Db. Esta altura de flotación como se puede notar es muy similar a la altura de flotación para la que fue diseñada la esfera (75%).

En cuanto a la altura de cierre los resultados indican (Ver anexo E), que para diferentes alturas de boquilla de descarga la altura de cierre va de acuerdo con ellos, a menor altura de boquilla de descarga se tiene mayor altura de cierre y viceversa. También se puede observar que la distancia que recorre la esfera para cierre no es constante en todos los casos, esto es para cada altura de boquilla, hay una altura de cierre afectada tanto por la altura de la misma boquilla como por la succión que ejerce ésta sobre la esfera y esta altura es diferente en cada caso.

Para las entradas sin guía de flotador y tipo tangencial, el comportamiento no fue muy diferente al presentado por las otras pruebas.

VI.2.4.- Análisis de flujos pulsantes.

Los resultados en las pruebas con patrones de flujos pulsantes (Ver anexo E), se refiere más que nada a pruebas que se realizaron para determinar con que cantidad de agua aplicada en forma de flujo pulsante cerraba la válvula en forma inmediata, ante un flujo de entrada de 15% de calidad. Se determinó en algunos casos, sobre todo en condiciones de altura de boquilla mínima (1.37Db), se da el cierre de la válvula ante pequeñas acumulaciones, y para alturas máximas de boquilla se requieren grandes acumulaciones de agua. Se presentaron dos diferentes tipos de cierre para estos patrones de flujo de entrada, en el primero de ellos se generó un flujo pulsante de tres tapones de agua presentándose un cierre de la válvula muy lento incrementándose la cantidad de agua acumulada, se generaron flujos pulsantes de dos tapones con los cuales se presenta un cierre inmediato, estos son los que se muestran en la tabla de resultados (Anexo E).

Para el cierre con patrones de flujo pulsante de entrada, las variables tiempo de cierre, altura de flotación, altura de cierre y arrastre de líquido fueron imposibles de determinar por el cierre inmediato de la válvula.

En cuanto al comportamiento para el tipo de entrada tangencial y la configuración sin guía de flotador no es muy diferente respecto al comportamiento en operación normal de la válvula.

Los resultados en las pruebas con patrones de flujos pulsantes (Ver anexo E), se refiere más que nada a pruebas que se realizaron para determinar con que cantidad de agua aplicada en forma de flujo pulsante cerraba la válvula en forma inmediata, ante un flujo de entrada de 15% de calidad. Se determinó en algunos casos, sobre todo en condiciones de altura de boquilla mínima (1.37Db), se da el cierre de la válvula ante pequeñas acumulaciones, y para alturas máximas de boquilla se requieren grandes acumulaciones de agua. Se presentaron dos diferentes tipos de cierre para estos patrones de flujo de entrada, en el primero de ellos se generó un flujo pulsante de tres tapones de agua presentándose un cierre de la válvula muy lento incrementándose la cantidad de agua acumulada, se generaron flujos pulsantes de dos tapones con los cuales se presenta un cierre inmediato, estos son los que se muestran en la tabla de resultados (Anexo E).

Para el cierre con patrones de flujo pulsante de entrada, las variables tiempo de cierre, altura de flotación, altura de cierre y arrastre de líquido fueron imposibles de determinar por el cierre inmediato de la válvula.

En cuanto al comportamiento para el tipo de entrada tangencial y la configuración sin guía de flotador no es muy diferente respecto al comportamiento en operación normal de la válvula.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

CAPITULO VII

Conclusiones

Tomando como base el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, en el presente se plantearán las conclusiones y recomendaciones para mejorar el funcionamiento de la válvula de esfera dejando esto como base para un estudio posterior a realizar.

Las conclusiones a las que se llegó son las siguientes:

a) Por medio de la construcción de un modelo en acrílico e integrando a este una serie de equipos como compresor, bomba, tubería de acrílico, tubería de metal, válvulas de globo, válvulas de compuertas e instrumentos de medición, se pudo simular y cuantificar las condiciones reales de operación de una válvula de esfera en campo, tal y como funcionan en las geotermoelectricas de nuestro país (Los Azufres, Mich., y Cerro Prieto, Bja.Cal.), tanto en condiciones externas (velocidades de flujo de entrada y calidades de aire de entrada), como internas (distribución geométrica en la válvula de esfera). Además por la versatilidad de este modelo, se pudieron realizar modificaciones a la geometría interna de la válvula, cuantificándose estas modificaciones en diferentes pruebas y siendo evaluadas por medio de estudios estadísticos y gráficos

a los parámetros principales de la válvula.

b) La válvula de esfera no cumple con la función para la que fue diseñada, ya que permite el paso del agua a través de ella ante una falla del separador de vapor.

c) La distribución geométrica de las válvulas de esfera instaladas actualmente en las geotermoeléctricas, que se denominó posición normal de la válvula de esfera, es la que presentó los peores resultados en la evaluación de sus parámetros más importantes, sobre todo el de arrastre de líquido, tomándose como base que precisamente la función de la válvula de esfera es la de evitar el paso de líquido hacia el vaporducto que conduce hacia secadores y turbina, función que no realiza la válvula en esta posición.

d) Durante la operación normal de la válvula de esfera en una geotermoeléctrica, la válvula que controla el dren permanece siempre abierta, con lo que podemos afirmar que aun ante entradas de baja calidad de aire (hasta 14.5%), nunca cierra la válvula de esfera.

e) Al modificar el parámetro de altura de la boquilla de descarga, ya fuera en aumento o disminución, se presentó una mejora sustancial en la calidad del aire (desde un 30% en operación normal hasta un 95% con las modificaciones), pero aún así no cumple totalmente la válvula de esfera con su función.

f) Las modificaciones en la altura de la camisa de la esfera no modifican la calidad del aire de salida.

g) La eliminación de la guía de la esfera no modifica de manera sustancial el comportamiento de la esfera durante la flotación y cierre en el tipo de entrada radial. Mientras en el tipo de entrada tangencial la esfera tiene un comportamiento impredecible.

h) La entrada tangencial es la que presentó las más altas calidades de salida (superiores al 95 %), tuvo los tiempos de cierre más pequeños (aproximadamente la mitad de los de las demás pruebas con entrada radial), pero el comportamiento de la esfera es totalmente inestable ante cualquier calidad de aire de entrada en patrón de flujo anular.

Recomendaciones

Tomando como base que en estos momentos no hay ningún dispositivo, que pudiera sustituir a la válvula de esfera, cumpliendo con el objetivo de evitar el paso de agua al vaporducto en caso de fallas del separador, podemos dar ciertas recomendaciones para el mejoramiento de la válvula de esfera, haciendo la aclaración que todos ellos están sujetos a verificación en estudios posteriores, estas recomendaciones son:

1) Se debe utilizar la entrada tipo radial, ya que ante esta entrada el comportamiento de la esfera durante su flotación y cierre es predecible.

2) La altura de la boquilla de descarga debe ser la mínima, tomando en cuenta para determinar esto, tanto la altura de flotación de la esfera, como el efecto de succión que ejerce la boquilla sobre esfera.

3) Para reducir el tiempo de cierre de la válvula, se propone la disminución de las dimensiones de la válvula, es decir, se propone la disminución de la distancia existente entre la tapa inferior de la válvula de esfera, y la parte inferior del tubo de entrada a la válvula, hasta por lo menos una distancia igual al diámetro de la esfera, pudiendo ser disminuida esta por medio de un estudio más riguroso sobre la altura de succión que afecta la esfera.

4) Se debe seleccionar entre colocar o no la guía, para el tipo de entrada radial, en caso de tener instalada la camisa de la esfera, ya que en caso de no existir la guía, la camisa sustituye su función. Tomando en cuenta que si la boquilla de descarga se encuentra en su altura mínima, la guía estará expuesta al golpe del flujo de entrada y por lo tanto muy expuesta a la incrustación de sólidos provenientes del flujo de entrada con lo cual aumentarán las dimensiones de la guía y no se permitirá el cierre.

5) El dren de la válvula de esfera debe permanecer lo más cerrado posible, pues solo así podrá darse el cierre en la válvula de esfera.

6) Por último se recomienda la realización de un estudio posterior que ponga énfasis en fenómenos como el efecto de succión sobre la esfera y en la incrustación dentro de la válvula de esfera, utilizando para esto gases como CO2 en vez de aire y salmuera (agua y sales de sodio y potasio principalmente) en vez de agua, para simular más las condiciones de operación de una válvula.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- EPRI/IEE, Seminario EPRI/IEE sobre Programas de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México D.F., Febrero de 1982.
- 2.- EPRI/IEE, Segunda Conferencia sobre Programas de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctrica, México D.F., Junio de 1985.
- 3.- H. Christopher y H. Amstread, Geothermal Energy, John Wiley and Sons, Estados Unidos de America, 1978.
- 4.- Instituto de Investigaciones Eléctricas/División de Adiestramiento, Seminario Sobre Energéticos, volumen I y IV, IIE/D.A., Palmira, Morelos, México, 1978.
- 5.- Mitsubishi Heavy Industries, LTD, Geothermal Power Generation, Mitsubishi Heavy Industries, LTD, Japón, 1983.
- 6.- M. A. Soler Manuel, Los Elementos de Control Llamados Válvulas. Artículos Técnicos, Tecnología del Agua, número 34, España, 1987.
- 7.- William O'Keefe, Valves, Power, revista mensual, Estados

Unidos de America. Febrero de 1988.

8.- H. O. Clarck, Descripción de los Principales Tipos de Válvulas Utilizados en la Industria y Factores a Considerar en su Selección y Aplicación, Empresas Lazagorda, S. A. de C. V. , División Industrial, España.

9.- Sabin Crocker, Reno C. King, Pipping Handbook, MacGraw-Hill, Estados Unidos de America, 1968.

10.- Florencio Sanchez, Algunas Consideraciones sobre el Manejo de Flujo Bifásico, Boletín IIE, volumen 5, número 10, México D.F., octubre 1981.

11.- G. W. Hewitt, Measurement of Two Phase Flow Parameters, Academic Press, Londres, Reino Unido, 1978.

12.- P. L. S. Peeding y Van Thanh Nguyen, Data on Holdup, Pressure air-water flow in an inclined pipe, University of Auckland, Estados Unidos de America, 1976.

ANEXO A

DESARROLLO DE LA GOETERMIA EN MEXICO

Anexo A.

Desarrollo de la Geotermia en México.

Durante los años cincuentas los medios de obtención de energía eléctrica denominados convencionales, comienzan a presentar algunas dificultades. En las plantas termoeléctricas y carboeléctricas, por la disminución de los yacimientos petroleros y carboníferos y con esto su encarecimiento. Las plantas hidroeléctricas no aportan el suficiente potencial eléctrico para substituir a las fuentes antes mencionadas, esto propicia la búsqueda de otras alternativas para la generación de la energía eléctrica a nivel mundial, siendo las más estudiadas la energía nuclear, solar, eólica, plantas maremotrices, biomasa y geotermia, de donde fue esta última la que se encontró más viable a corto plazo ya que su manejo y disponibilidad es casi inmediata a diferencia de las otras para las cuales hace falta un mayor desarrollo tecnológico.

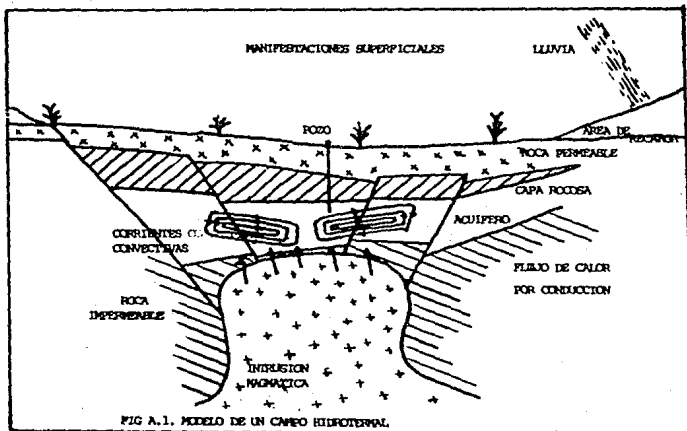
La geotermia consiste en el aprovechamiento del calor de la tierra para la generación de la energía eléctrica. La

fuente de la generación de este calor varia dependiendo del tipo de rocas imperante en la zona de estudio, en zonas donde imperan rocas poco permeables la generación de este calor se debe a la conductividad térmica de la placa continental, en zonas donde las rocas son permeables se facilita la formación de mantos acuíferos mediante los cuales se trasmite el calor por convección térmica, aunque en ambos casos se presenta también la transmisión por radiación de elementos como uranio, torio y potasio 40. Además hay otras fuentes internas que aunque menos importante en un momento determinado pueden acumular cantidades considerables de calor, como el calor generado por reacciones químicas exotérmicas dentro de la placa continental, calor generado por fricción en fallas donde la acción de grandes masas de roca crean grandes presiones tectónicas, causadas por el reajuste de agitaciones tectónicas y el calor latente generado por la cristalización o solidificación de mantos rocosos en enfriamiento.

Las zonas donde se localizan manifestaciones geotérmicas son clasificadas de acuerdo al gradiente de temperatura por km de profundidad, así tenemos que áreas "No Termiales" se les denomina a aquellas que tienen gradientes de temperatura de 10 a 40 grados centígrados, áreas "Semitermales" las que tienen gradientes de temperatura cercanas a 70 grados centígrados y áreas "hipertermales" las que tiene gradientes varias veces

superior a los del area Semitermal. Estas dos últimas zonas son llamadas Termal y son las que revisten importancia para la generación de energía eléctrica, aunque para definir perfectamente los puntos geográficos de interes geotérmicos debemos incluir otro concepto, como es el de Campo Geotérmico.

Un Campo Geotérmico es una zona termal que presenta en su estructura geológica la presencia de rocas permeables que permiten la acumulacion de fluidos de trabajo (vapor o agua-vapor combinados con algun otro gas), a una zona que reúne estas características se le conoce Campo Hidrotermal. Los campos Hidrotermales se clasifican a su vez en; Campos Semitermales aquellos que producen agua caliente de cerca de 100 grados centígrados, a profundidades de uno a dos Kilometros, Campos Hipertermales aquellos en los cuales se encuentran de dos tipos; Campos Húmedos los cuales producen agua presurizada con temperaturas superiores a 100 grados centígrados que cuando sube a la superficie parte de este vapor cambia de fase, convirtiendose en vapor, pero la mayor parte queda como agua caliente; y los conocidos como Campos Secos que son productores de vapor saturado o sobresaturado a presiones abajo de la atmosférica, algunas veces a estos campos se les conoce como de vapor dominante y a los anteriores como de agua dominante.



El campo de mayor interés que es buscado para la generación de energía eléctrica es el hipertermal, el cual presenta generalmente en la superficie manifestaciones termales visuales como geysers, fumarolas y fuentes termales. Este campo se presenta cuando generalmente hay en ese lugar una intrusión magmática, combinada con otras fuentes de calor como altas concentraciones de elementos radiactivos, reacciones químicas exotérmicas, calor por fricción entre masas de rocas o por fallas geológicas, calor latente resultado de cristalización o solidificación de roca fundida, en estos

campos el ingreso directo de gases magmaticos calientes al acuífero es forzado a través de fallas en las rocas.

A medida que el tamaño del campo, su temperatura y su permeabilidad, sea mayor su capacidad para generar energía eléctrica crecera en igual proporción. El aprovechamiento de esta reserva energética conocida como Reservorio Geotérmico se realiza con la instalación y puesta en funcionamiento de pozos que permitan la salida del fluido y el manejo óptimo de su energía cinética por medio de una infraestructura como la que se muestra en la figura A.2. instalación conocida como Planta Geotermoeléctrica.

El funcionamiento de una Planta Geotermoeléctrica se basa en el manejo de un fluido (líquido-gas) de trabajo localizado dentro de un reservorio geotérmico, que es forzado a salir a la superficie por medio de un orificio llamado pozo, el cual tiene como fin el de guiar el fluido. Conforme sube el fluido la presión a la que se encuentra sometido disminuye, lo cual trae como consecuencia que el líquido, que se encuentra a una temperatura aproximada de 200 grados centígrados no se mantenga ya en esta fase y parte del fluido pase a ser vapor sobresaturado.

A la salida del pozo esta localizado un árbol de válvulas que se encarga de dirigir el flujo del fluido dependiendo si la planta se encuentra en un período de mantenimiento o se encuentre operando normalmente.

Quando la Planta Geotermoeléctrica se encuentra en un periodo de mantenimiento el total del flujo es dirigido hacia el silenciador de mezcla por medio del árbol de válvulas, este silenciador se encarga de enviar el total del flujo hacia una zona de descarga a la atmosfera bajandole al fluido a su paso por el, lo mas posible su velocidad y el ruido que implica esta operación.

En caso de estar funcionando normalmente la planta el flujo del fluido sera dirigida hacia el separador de vapor, el cual tendra la función de separar las fases de las que esta compuesto el fluido (liquido y gas), de tal forma que a la salida el vapor circulante en la instalación tenga una calidad superior a 99% y sea descargado el liquido presente en el flujo a la atmosfera. El vapor pasa a la válvula de esfera el cual es un dispositivo de seguridad, ya que debe de evitar que se presente la circulación de grandes cantidades de liquido por la linea de vapor conocida como vaporducto, en caso de presentarse lo anterior, la válvula cerrará el paso del flujo y la mezcla sera descargada a la atmósfera por discos de ruptura accionados por una válvula de seguridad. Cuando el flujo proveniente del separador tiene la calidad de vapor requerida para operar (más del 99 % de calidad), pasa de la válvula de esfera al secador el cual tiene dos funciones; una es que en caso de una falla en el separador de vapor y que la válvula de esfera no respondiera de inmediato a el paso del liquido en el vaporducto, el secador protegiera a la turbina de un flujo de

este tipo, su otra función es la de elevar la calidad del vapor eliminando el condensado generado por el gradiente de temperatura existente de la salida del separador de vapor hasta la entrada al mismo secador.

Saliendo del secador el flujo entra en la turbina golpeando los álabes de esta y transmitiéndole a esta su energía cinética imprimiendo un movimiento de rotación al eje de la turbina y a su vez al generador unido a él.

Cuando la energía cinética del vapor fué transmitida a la turbina sale de esta y es dirigida hacia un eyector el cual extrae los gases no condensables a fin de no dañar el equipo que maneja este vapor, por el efecto de corrosión creado por estos gases. Del eyector se pasa a un condensador que se encarga de cambiar de fase el vapor hacia agua caliente y pasar a la torre de enfriamiento para bajar su temperatura a el agua de manera que, pueda ser descargada a la atmósfera o ser utilizada como fluido de trabajo en el condensador.

La generación de la energía eléctrica por medio de plantas geotermoeléctricas ha tenido un amplio desarrollo a partir de la convención de 1961 organizada por las Naciones Unidas para la búsqueda de nuevas fuentes de energía ,en la cual se presentó la geotermia al mismo nivel que la energía eólica y solar, posteriormente fue tal su avance que en septiembre de 1970 las Naciones Unidas organizó un simposio geotérmico en Pisa y otro cinco años mas tarde en San Francisco el cual contó con cerca de 1400 participantes. A partir de

estas contribuciones por parte de la ONU con colaboración de la UNESCO, se han formado grupos o comites de energía geotérmica en muchas partes del mundo, publicandose numerosos trabajos sobre explotación de Reservorios Geotérmicos.

Hay varios factores que influyeron para que se despertara grandemente el interes por este medio de obtención de energía eléctrica entre estos se puede nombrar:

a) Bajo costo por kilowatt producido. Este es uno de los factores mas importantes, pues mientras más se encarece el precio de combustibles como el petróleo y con esto el costo en las fuentes de energía que dependen de el, el costo de energía generada por geotermia es mas barato. De aqui se puede decir que la competitividad de las plantas geotermoeléctricas, depende en mucho de los precios en el mercado de los combustibles, en especial del petróleo, pudiendo en algunos casos al extremo de no ser competitivo este modo de generación de energía eléctrica, de seguir la tendencia de los precios del petróleo a bajar.

Esa competitividad del costo por Kilowatt/hora con respecto a otros medios de generación de energía eléctrica puede ser observada por medio de los cuadros A.1 Y A.2..

Tabla A.1. Costo estimado de generación de energía eléctrica
para nuevas plantas (1979)

(pesos/Kilowatt-hora)

	Geotermo- eléctrica	Carbo- eléctrica	Hidro- eléctrica	Nucleo- eléctrica	Termo- eléctrica
TOTAL	0.37	0.47	0.48	0.52	0.69
Costos de Inversión	0.25	0.18	0.44	0.32	0.12
Costos de Explotación	0.12	0.07	0.04	0.05	0.04
Costos de Combustible	----	0.22	---	0.15	0.53

Tabla A.2. Costo de Kilowatt/hora en pesos (1984)

Tipo de Central	Inversión	Combustible	Operación y Mantenimiento	Total
Termoeléctrica				
2 X 350 MW	2.08	6.39	0.15	8.62
2 X 160 MW	2.52	6.64	0.26	9.42
2 X 84 MW	2.96	6.86	0.39	10.21
2 X 37.5 MW	3.47	7.15	0.67	11.29
Turbogas				
Gas (1 X 30 MW)	5.44	11.51	1.31	18.26
Diesel (1 X 30 MW)	5.59	14.87	1.31	21.77
Ciclo Combinado				
Gas (1 X 250 MW)	2.34	7.48	0.17	9.99
Diesel (1 X 250 MW)	2.38	9.48	0.17	12.03
Diesel (1 X 30 MW)	3.97	6.38	0.68	11.03
Carboeléctrica				
2 X 350	3.21	2.95	0.28	6.44
Nucloeléctrica				
2 X 1000 MW	5.53	1.05	0.81	7.39

Tipo de Central	Inversión	Combustible	Operación y Mantenimiento	Total
Hidroeléctrica				
Chicoasen(5 X 300 MW)	6.45	----	0.06	6.51
El Caracol(3 X 198MW)	11.63	----	0.15	11.78
Penitas (4 X 105 MW)	6.46	----	0.19	6.65
Comedero (2 X 55 MW)	5.05	----	0.66	5.71
Bacurato (2 X 46 MW)	5.44	----	0.84	6.28
Amistad (2 X 33 MW)	3.84	----	1.59	5.43
Geotermoeléctricas				
Cerro Prieto(2X110MW)	3.96	----	1.52	5.98
Los Azufres(5 X 5 MW)	5.11	----	1.70	6.81
Los Hornos(1 X 5 MW)	4.69	----	0.94	5.62

En los cuadros anteriores (A.1. y A.2.) podemos observar la forma en que se afecta esa competitividad. En el año 1979 el precio del petróleo se encontraba en una tendencia a subir su precio, razón por la cual la generación de energía eléctrica por medio de geotermoeléctricas era la forma más barata. Posteriormente hay una caída en los precios del combustible a partir de 1982, con lo cual el costo por Kilowatt-hora generado por termoeléctricas se abarata con respecto al de una geotermoeléctrica, pudiéndose observar esto al comparar los dos cuadros en las dos plantas de 350 MW de la termoeléctrica y la geotermoeléctrica de Cerro Prieto de 2 plantas de 110 MW cada una.

b) Ahorro en Combustible. La no utilización del petróleo en esta forma de generación permite que sea destinado a otros fines industriales, como en la industria petroquímica, para la generación de productos farmacéuticos y plásticos.

c) Grandes Recursos a Futuro. En estos momentos no se han explotado fuentes geotérmicas como el calor producido por las rocas, calor generado por el magma y por la actividad de los volcanes que serían fuentes inmensas de energía calorífica susceptible a ser convertida en energía eléctrica.

d) Altos Factores de Planta. Se define al Factor de Planta como:

El Factor de Planta es el cociente resultante de dividir el número de Kilowatt-hora generados en un año, entre el número de Kilowatt-hora que podrían generarse trabajando a plena carga.

Esto se debe a los pocos elementos susceptibles a sufrir desperfectos que intervienen en las plantas geotermoelectricas. Los factores pueden llegar a ser hasta de 90 % a comparación de las termoelectricas de un 70 % y las hidroelectricas 20 a 60 %.

El interés por la energía geotérmica y su utilización en la generación de la energía eléctrica, surge en los años cincuentas en México y se realizan los primeros estudios para la explotación de la energía geotérmica, buscandose con esto la diversificación de las fuentes de obtención de la energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad, basandose esta en una recopilación de información referente a manifestaciones superficiales como geyser, fumarolas, fuentes termales, y otros tipos de manifestaciones hidrotermales.

El primer intento por instalar una planta geotermoelectrica fue llevada a cabo en Pathe en el estado de Hidalgo, seleccionandose principalmente por su cercania con el Distrito Federal, instalandose ahí una planta piloto de 600

kilowatt-hora en el año de 1959. Aunque en esta zona se tenía una mezcla de agua y vapor de baja entalpia y producción pobre, esta planta demostro la factibilidad de explotación de este tipo de recurso y por medio de ella se logro el adiestramiento del personal técnico para estas funciones.

Posteriormente se realizaron exploraciones en diferentes partes del país como en los Negritos e Ixtlan de los Hervores en Michocan y en Cerro Prieto en Baja California, en este último campo en base a las primeras exploraciones se descubrió un gran potencial al obtenerse temperaturas y presiones muy altas (presiones mayores a 6.27 Kg por centimetro cuadrado y temperaturas mayores de 220 grados centigrados),comenzandose en el año de 1963 la perforación del primer pozo geotérmico é instalando la primera central geotermoeléctrica en el año de 1973 para fines comerciales, obteniendose 75 MW, en base a su continua operación se duplica su capacidad en 1979, teniendose hasta la fecha 120 pozos y produciendose 620 MW, siendo con esto la segunda más grande del mundo.

En base a los resultados obtenidos en Cerro Prieto se levantó un inventario contando con información de manifestaciones hidrotermales por parte de los gobiernos de los estados, a fin de tener elementos para la programación del desarrollo de campos geotérmicos de acuerdo a su potencial y a las regiones de demanda del país y tener a su vez el

conocimiento de las zonas de reserva para el futuro, con lo cual se logró localizar las zonas geotérmicas más relevantes del país que se mencionaran a continuación.

1.- Cerro Prieto, Baja California localizada a 30 Km al sur de Mexicali en esta zona se encuentra la geotermoeléctrica más importante del país segunda en el mundo por su magnitud.

2.- Zona del eje Neovolcánico localizada entre los paralelos 18 y 22, a lo largo de esta aparecen numerosos aparatos volcanicos. Las zonas que comprende son:

a) La Primavera, Jalisco en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara comprende una área de 700 Kilometros cuadrados .

b) Los Azufres, Michoacan zona ubicada al sureste del lago de Cuitzeo abarca un área de 400 Kilometros cuadrados en donde se han encontrado numerosas manifestaciones hidrotermales .

c) Lago de Cuitzeo, Michoacan zona que abarca cerca de 500 Kilometros cuadrados que incluye la zona de Araro al sur de Michoacan.

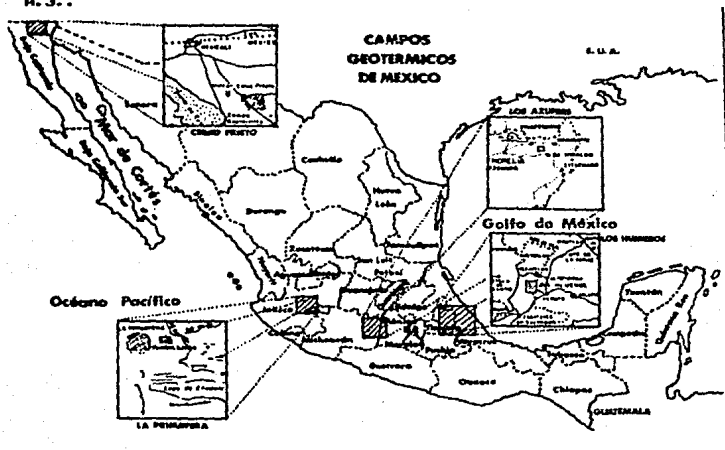
d) Ixtlan de los Hervores y los Negritos, Michoacan zona con un área de 550 Kilometros cuadrados.

e) Los Humeros, Puebla se encuentra ubicado cerca de la ciudad de Perote y tiene una superficie aproximada de 700 Kilometros

cuadrados.

La localización de estos campos se muestra en la Figura

A.3..



A.3. Localización de los cuatro campos geotérmicos de México, perforados hasta Junio de 1985

En base al grado de avance en que se encuentran las plantas geotérmicas se les clasifica de la siguiente manera.

a) Reservas Probadass: representan la potencia que se pueda instalar asegurando una operación continua de 20 años, basandose en la certidumbre obtenida de haber realizado perforaciones de exploración y explotación teniendo ademas la

simulación numeral del yacimiento.

b) Reservas Probables: Son aquellas que mediante estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos se ha podido cuantificar de manera aproximada el volumen y la energía térmica almacenada en el yacimiento.

c) Reservas Posibles: Así se clasifican aquellas que pueden estimarse basandose en los Inventarios de Manifestaciones Térmicas Superficiales.

De acuerdo con lo anterior tenemos que los recursos geotérmicos son:

Probadas	1220 MW
Probables	4800 MW
Posibles	7000 MW

Las reservas probadas corresponden a los campos de Cerro Prieto, los Azufres y los Humeros.

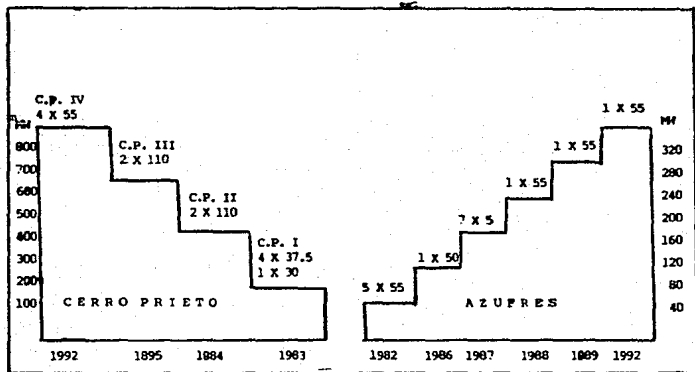
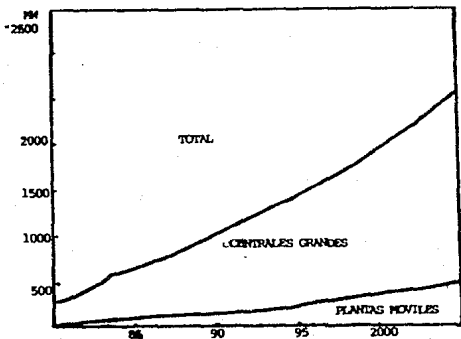
Las reservas posibles corresponden a campos que se encuentran en la fase de perforación exploratoria como La Primavera, Ixtlan de los Hervores, Los Negritos, Tres Virgenes, Ceboruco, Araro, parte de Cerro Prieto y ampliaciones en demas campos de desarrollo.

Las posibles corresponden a los 1283 focos detectados durante los inventarios realizados en los estados. Actualmente la potencia instalada es la siguiente:

Cuadro A.3. Potencial Geotérmico Instalado (MW)

Cerro Prieto I	Unidad 1	37.5
	Unidad 2	37.5
	Unidad 3	37.5
	Unidad 4	37.5
	Unidad 5	30.0
Cerro Prieto II	Unidad 1	110.0
	Unidad 2	110.0
Cerro Prieto III	Unidad 1	110.0
	Unidad 2	110.0
Los Humeros		3 X 5.0
Los Azufres	Unidad 1	5 X 5.0
	Unidad 2	7 X 5.0

Se ha programado para el futuro la expansión de Los Azufres y Cerro Prieto de la siguiente manera:



Programa de Expansión de Energía Geotérmica

Para el año 2000 se espera un total de la siguiente forma.

En base a este programa se pretende instalar una potencia adicional de 110 MW a Cerro Prieto con la puesta en marcha de dos plantas de 55 MW cada una y en Los Azufres se tiene planeado a fines de 1991 una planta de 55 MW buscandose además la construcción de Los Azufres III en 1990 con una aportación aproximada de 55 MW, en el caso de La Primavera, Jalisco y Tejamaniles, Michoacan se planean dos unidades de 5 MW y una de 50 MW respectivamente. Teniendose que en base a la tendencia de crecimiento sostenido de 15 % anual se espera una potencia de 2440 MW en el país a mediados de siglo.

ANEXO B

VALVULAS

ANEXO B

VALVULAS

La válvula es un dispositivo mecánico mediante el cual se busca el control de un fluido que se encuentra circulando a través de una tubería. Se dice que existe una válvula perfecta cuando se cumplen dos condiciones esenciales. La primera es cuando la válvula se encuentra totalmente abierta la resistencia que ofrece al paso del flujo (caída de presión) no sea mayor a la que ofrecería un tramo de tubería de la misma longitud. La segunda condición es que cuando se encuentra cerrada no debe permitir en absoluto el paso del fluido esto es que su cierre debe ser perfecto.

El objetivo que se busca al utilizar una válvula puede ser muy diverso pero podemos decir que entre las funciones básicas para las que se recurre a la utilización de una válvula son: obturar, permitir o contener el paso del fluido, regular el paso del fluido, controlar presión, controlar dirección, controlar elementos de seguridad.

Las válvulas pueden ser clasificadas en base a diversos parámetros, estos pueden ser:

- a) En base a su forma. Globo, mariposa, macho, bola, etc..
- b) Por su mecanismo de operación. Solenoide, embolos hidráulicos, electromagnetos, etc..
- c) Por su elemento de obturación. Compuerta, diafragma, cuña, etc..
- d) Por su grado de utilización. Uso continuo, uso intermitente, uso en circunstancias especiales.
- e) Por su tipo de servicio. Válvulas de paso, válvulas de regulación, válvulas de contraflujo, etc..

Esta última es la mas importante, por lo cual a continuación se explicara mas ampliamente esta clasificación.

Clasificación de las válvula según su tipo de servicio:

1) Válvulas de paso o de corte de flujo. La interrupción o paso del fluido es una de las más amplias aplicaciones de las válvulas. Un requerimiento básico en el diseño de este tipo de válvulas es que ofrezcan al paso del fluido un mínimo de resistencia y con esto una mínima caída de presión cuando estan abiertas totalmente. En la mayoría de las aplicaciones el ajuste entre asientos y el mecanismo de corte al flujo es también una propiedad esencial, aunque en algunas otras no es necesariamente critica.

Las válvulas de compuerta, bola, corte y mariposa son las más ampliamente utilizadas para estos servicios. En

aplicaciones donde se presentan propiedades corrosivas del fluido se acostumbra usar para este servicio las válvulas de diafragma.

2) Válvulas de regulación de flujo. Muchas aplicaciones requieren que el flujo del fluido (líquido o gas) sea regulado (obturado) en varios pasos antes de ser cortado totalmente o ser abierto hasta su límite. Esto se logra por medio de la introducción de un cuerpo que ofrezca resistencia al flujo, por medio de cambios de dirección o por una combinación de ambos. Para estos fines comunmente se utilizan las válvulas de globo, aguja y algunos tipos de mariposa.

3) Válvulas para prevención de contraflujo. En algunas aplicaciones como en la protección de equipo aguas abajo se necesitan dispositivos mediante los cuales se evite el contraflujo como en el caso de protección a bombas, para este propósito las válvulas de contraflujo o Check son utilizadas, este tipo de válvulas a diferencia de las anteriores no es accionada por mecanismos externos ya que es operada por el mismo flujo en el momento de abrirse y al cerrarse son accionadas por gravedad o por un flujo en sentido contrario al que la abrio. Los tipos mas utilizados y que mejor resultado han dado son los de tipo columpio y la de pistón.

4) Válvulas de control de presión. En ciertas aplicaciones es necesario que la presión de entrada a la linea sea disminuida, regulada o sostenida en forma uniforme cuando se requiere que

para determinados puntos de la línea los cambios de presión sean ligeros. Las válvulas utilizadas para estos fines son conocidas como válvulas reguladoras de presión. El tipo de válvulas más utilizado para estos propósitos es la válvula de alivio.

5) Válvulas de seguridad de presión. En instalaciones donde pueden existir grandes presiones que pueden llegar a causar un daño o una falla al sistema se acostumbra por regla general utilizar válvulas de seguridad de presión. Su función consiste que en caso de una gran acumulación de presión en la línea que pueda causar alguna falla desastrosa la válvula reaccione ante esto con una ruptura de discos de seguridad o en algunos casos una ruptura de la misma válvula, aunque la ruptura de discos ofrece la ventaja de permitir el escape de la presión por medio de grandes secciones de tubería rápidamente.

6) Válvulas especiales. Muchos otros tipos de válvulas han sido desarrollados para aplicaciones especiales como en los sistemas de aire acondicionado, industria nuclear y otras más razón por la cual sus diseños responden únicamente a las necesidades de la instalación, de ahí que no puedan ser reconocidas por un tipo de servicio en especial.

Para la selección de las válvulas se requiere tomar en cuenta diversos factores ya establecidos de alguna forma, tanto por la experiencia en el manejo de las mismas ,como por el conocimiento de las características propias del del fluido a manejar. Estos factores son los que se exponen a continuación:

FACTORES PARA LA SELECCION DE UNA VALVULA

Factor	Variantes Posibles	Observaciones a Considerar
I. Tipo de servicio	Paso de flujo Corte de flujo Regulación de flujo Prevención de contraflujo Regulación de presión Seguridad de presión	Grado de hermeticidad Caída de presión Presión máxima de trabajo Tipo de regulación deseada Velocidad de cierre Dirección del flujo
II. Naturaleza del fluido.	Aceite, vapores de aceite agua, vapores de agua, compuestos químicos, productos, alimenticios, etc..	Acción corrosiva Acción erosiva Peligro de fugas (toxicidad inflamables, etc.) Densidad.
III. Temperatura del fluido.	Máxima Mínima Bajo cero (criogenica)	Efecto de la Temperatura en los materiales (cuerpo, guarniciones, empaques, lubricantes, etc.)

FACTORES PARA LA SELECCION DE UNA VALVULA

Factor	Variantes Posibles	Observaciones a Considerar
IV. Presión del fluido.	Máxima Vacío	Resistencia de los mate- riales Efecto de la temperatura sobre la presión de tra- bajo Posibilidades de golpe de ariete.
V. Tamaño de la válvula	Paso completo Paso completo y continuado Paso restringido Venturi	Gasto Caída de presión Paso de herramientas Distancia entre extremos
VI. Conexión a la tubería	En el piso Elevada Enterrada	Cambio de temperatura y corrosividad del medio ambiente

FACTORES PARA LA SELECCION DE UNA VALVULA

Factor	Variantes Posibles	Observaciones a Considerar
	Bajo agua En espacio limitado En lugar inaccesible En lugar remoto En cantiliver	Posibilidad de operación de la válvula (cadena, extensión de vastago, vastago saliente o fijo, operador y contraremoto etc. Dimensiones de la válvula Resistencia estructural de la válvula Salida para lubricación drenaje, alivio, etc..
VII. Operación de la válvula	Manual Trasmisión de engranes Cadena Embolos hidráulicos Embolos neumáticos Motor eléctrico	Frecuencia de operación Presión diferencial máxima Ubicación Grado de automatización Control remoto

FACTORES PARA LA SELECCION DE UNA VALVULA

Factor	Variantes Posibles	Observaciones a Considerar
VIII. Normas	Servicio refinarias Servicio contra incendios Servicio en calderas Servicio en producción de hidrocarburos Servicio en plantas químicas Servicio en productos alimenticios	Diseño de la válvula de seguridad Intercambiabilidad Reglamentos
IX. Costos	Tipo de válvula Materiales especiales para cuerpo, guarniciones , empaques, etc., tamaño de la válvula, aditamen- tos especiales.	Costo inicial Costo de manteni- miento Costo de reposición Costo de desperfecto

ANEXO C

FLUJO EN DOS FASES

ANEXO C

FLUJO EN DOS FASES

La generación de la energía eléctrica en las plantas geotermoelectricas se lleva acabo por medio de la transmisión de la energía cinética del vapor hacia los álaves de la turbina generando con esto un movimiento en el mismo generador. Este vapor es obtenido de la separación de una mezcla líquido-gas que es el fluido que entrega el pozo geotérmico a su salida, para la separación de estos elementos hay que tomar en cuenta las propiedades de este tipo de flujo conocido como flujo bifásico.

Se conoce como flujo en dos fases o bifásico al movimiento de un fluido constituido por una mezcla de dos fases a través de un ducto. Este tipo de flujo se clasifica de la siguiente manera:

- a) En base a la naturaleza de los componentes de la mezcla: líquido-sólido, gas-sólido, líquido-líquido y líquido-gas.
- b) De acuerdo a los componentes de la mezcla: Flujos bifásicos de dos componentes (agua-aire, aceite-gas), flujo bifásico de un componente (vapor-agua).
- c) De acuerdo a su distribución espacial: fases separadas, cuando ocupan secciones bien definidas y estratificadas, fases dispersas cuando se esparce el líquido dentro de la fase gaseosa o viceversa; fases transitorias cuando se encuentra en

un periodo intermedio tendiente a una de las anteriores.

Naturaleza fisica del flujo en dos fase.

La Principal característica de los flujos bifásicos de gas-liquido es que muchas veces no es posible la distinción de las fases ya que su interfase es deformable, esto representa una dificultad debido a que para conocer sus características es crítico saber la distribución de las fases.

En caso de los flujos bifásicos de gas-sólido y liquido-sólido la interfase no es deformable, pero llega a complicarse su análisis debido a que la distribución de la fase sólida dentro de la fase continua, es generalmente desconocida y con base en esta distribución se hace la localización de la interacción entre las fases.

En los flujos acanalados del tipo que sean es muy importante conocer las interacciones específicas de las fases dentro del canal en el gobierno de los patrones de flujo y distribución de las fases. En flujos bifásicos gas-liquido la posible presencia de una superficie activa como interfase puede crear efectos críticos durante el flujo. Afortunadamente para flujos con interfases deformables, los efectos de la tensión superficial es causa de una tendencia hacia la formación de interfases curvas con pequeñas burbujas y gotas, las cuales son elementos aproximadamente esféricos. Esta característica combinada con otros factores nos da la posibilidad de

categorizar la naturaleza de los flujos en base a su distribución geométrica en el ducto lo que generalmente se conoce comúnmente como "Patrones de Flujo" o "Regímenes de Flujo" mostrados en la figura C.2.

Los patrones de flujo son identificados y su comportamiento se describe en base a los siguientes parámetros:

Flujo volumétrico de la fase k (líquido o vapor). Es la fracción del flujo volumétrico total correspondiente a la fase k.

$$G_k = \frac{W_k}{\rho_k}$$

Velocidad aparente de la fase k. La velocidad promedio de la fase k en la sección del ducto total.

$$V_{sk} = \frac{1}{A} \int_0^A V_k dA = \frac{W_k}{\rho_k A}$$

Flujo másico total por unidad de área.

$$G_T = \frac{W_T}{A}$$

Fracción volumétrica aparente de la fase k. Es la relación entre el flujo volumétrico de la fase k y el flujo volumétrico total (es la fracción volumétrica cuando se considera al flujo como homogéneo).

$$\lambda_k = \frac{G_k}{G_L + G_V}$$

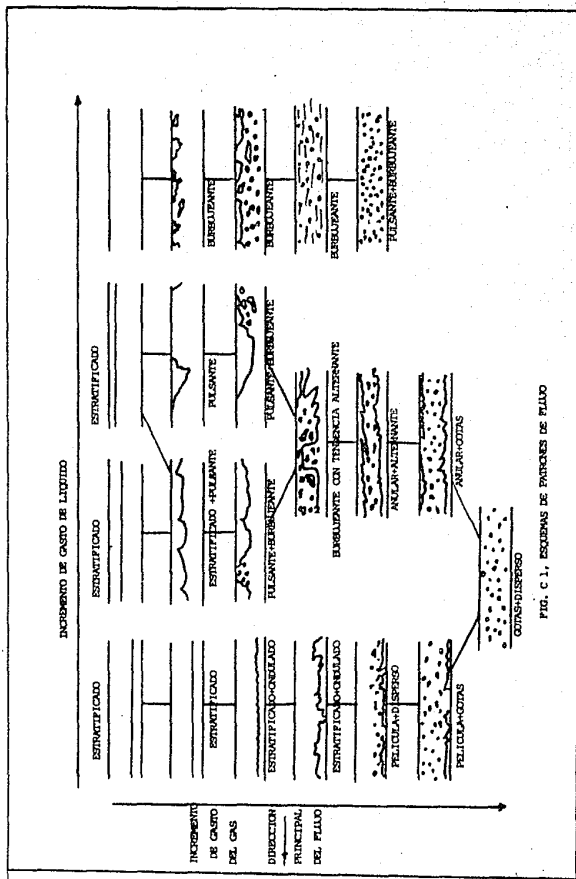


FIG. C 1. ESQUEMAS DE FLORES DE FLUJO

Fracción volumétrica de la fase k. Es la sección del volumen del ducto ocupada por la fase k en un momento dado, cuando hay un deslizamiento entre las las fases.

$$R_k = \frac{A_k dz}{A dz} = \frac{A_k}{A}$$

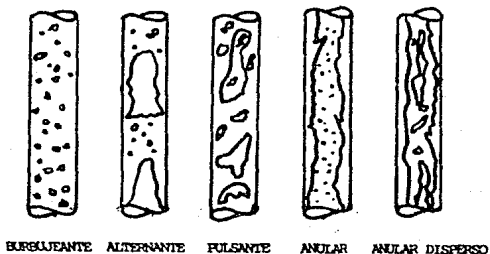


figura C.2. Flujo en dos fases gas-líquido en ductos verticales hacia la parte superior del ducto.

Los regímenes de flujo gas-líquido en ductos verticales son mostrados en la figura C.2..

Patrones de flujo en tuberías verticales

- 1) Flujo burbujeante. Burbujas discretas de gas se presentan en forma continua en el líquido moviéndose con una velocidad igual aproximadamente a la de la fase líquida.
- 2) Flujo alternante. Cuando el flujo de gas aumenta, la concentración de burbujas en el ducto se vuelve mayor, estas se agrupan formando bolsas de gas de un diámetro cada vez más aproximado al diámetro del ducto, llenándose gran parte de su sección transversal.
- 3) Flujo pulsante. Con un incremento en la cantidad de gas, la velocidad en las burbujas del flujo alternante se produce una ruptura de estas creando un régimen inestable y dando un movimiento oscilatorio al líquido en el tubo.
- 4) Flujo anular. En este caso el flujo del líquido en las paredes del tubo forman una película con el flujo de gas en el centro del ducto. En este tipo de flujo se encuentra generalmente una parte de la fase líquida como gotas en el centro por donde pasa el gas.
- 5) Flujo anular-disperso. Cuando la cantidad de líquido es incrementada la concentración de gotas en el centro del ducto por donde circula el gas se incrementa igualmente agrupándose formando grumos de líquido en la zona por donde pasa el gas. Este régimen se caracteriza por las altas velocidades del flujo másico.

Patrones de flujo en tuberías horizontales

Para flujos en ductos de posición vertical la complicación más trascendental consiste en la acción de la fuerza de gravedad sobre la fase líquida ya que la fuerza a desplazarse hacia la parte inferior del ducto. Los regímenes de flujo que se presentan son los mostrados en la figura C.3..

1) Flujo burbujeante. En ductos orientados horizontalmente las burbujas que definen este tipo de flujo tienden a concentrarse en la parte superior como se ilustra (figura C.3.).

2) Flujo alternante. En este régimen se presentan burbujas con forma semejante a una bala en la parte superior del ducto al agruparse las burbujas del régimen anterior como resultado de aumentar el volumen de gas.

3) Flujo estratificado. Cuando los flujos de líquido son más pequeños que los necesarios para crear flujos burbujeantes y alternantes, la velocidad del fluido es baja o el diámetro del tubo es grande, se presenta una separación gravitacional completa de las fases, ocupando el gas una fracción constante de la sección transversal del ducto en su parte superior y el líquido en la parte inferior.

4) Flujo ondulado. Al aumentar la cantidad del gas, se producen ondas de amplitud creciente en la interfaz, como resultado de la alta velocidad del gas.

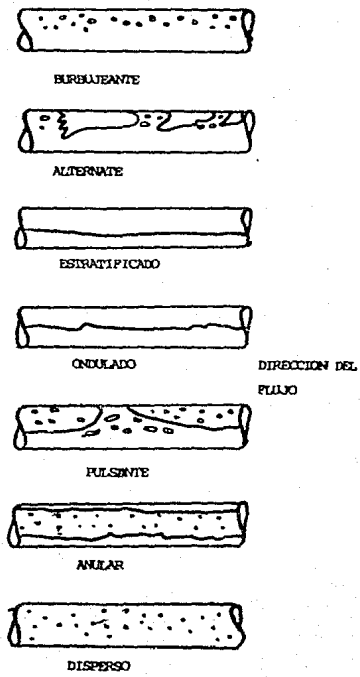


figura C.3. Flujo en dos fases liquido-gas con dirección horizontal

5) Flujo pulsante. En este régimen, grandes cuerpos de gas con forma semejante a una bala son formados (por una magnificación del ondulamiento que define al flujo anterior) al aumentar el flujo de gas y mantener constante el líquido, estos cuerpos son transportados rápidamente a lo largo del ducto. En algunos casos estos cuerpos ocupan grandes espacios en la sección longitudinal del ducto y en otros toman formas muy largas dejando unas pequeñas capas de líquido en el fondo del ducto. En ambos casos el líquido es gradualmente depositado en la parte superior del canal y es alimentado por golpes de líquido lanzados gradualmente por la acción de los cuerpos de gas.

6) Flujo anular. En ductos horizontales el flujo anular ocurre en presencia de flujos con grandes cantidades de gas. En este la fuerza de gravedad es vencida por las existentes entre las fases, donde el gas arrastra el líquido, como resultado de efectos gravitatorios se puede observar que la película de líquido circulante en la parte inferior del ducto es varias veces más grande que la circulante en la parte superior del mismo.

7) Flujo disperso. Se presenta al aumentar la velocidad del gas, causando que este arrastre cada vez más líquido del que esta formada la película del flujo anular, hasta que todo el líquido esta arrastrado, en este momento ambas fases estan disueltas mutuamente. En este flujo las gotas de líquido y el gas viajan a velocidades iguales, que es generalmente a altas

velocidades.

La clasificación de los regímenes y su comportamiento en diferentes condiciones ha traído como resultado que sean representados en términos de " Gráficas de Patrones de Flujo ", en los cuales se representa bidimensionalmente los diferentes regímenes de flujo que se tienen.

Con los diagramas que se cuenta actualmente no se puede considerar como totalmente satisfactorio a alguno de ellos, sin embargo hay algunos que son muy aceptados como el diagrama para flujos bifásicos horizontales de Mandhale (figura C.4.), para sistemas aire-agua, el diagrama de Hewitt-Roberts (figura C.5.), para sistemas agua-aire y el de Govier-Azis (figura C.6.), para sistemas gas-líquido. En el diagrama de Mandhale para flujos horizontales se grafico en términos de la velocidad superficial de las respectivas fases por medio de la relación:

$$(1 - x) W_r / A \rho_L$$

$$x W_r / A \rho_V$$

Donde:

- x = Calidad de la mezcla
- W_r = Flujo másico total
- A = Área del ducto
- ρ_L = Densidad del líquido
- ρ_V = Densidad del vapor

En el digrama de Hewitt-Roberts para flujos verticales los patrones son graficados en términos del momentum de flujos

superficiales que es producto del cuadrado de las velocidades superficiales de las respectivas fases y la densidad de las fases.

En la grafica Govier-Azis las coordenadas que se emplean se determinan de la forma siguiente:

$$x = \left[\frac{\rho_K}{\rho_A} \right]^{1/3} \left[\rho_L \tau_{WA} / \rho_W \tau \right]^{1/4} \frac{x W_T}{A \rho_V}$$

$$y = \left[\rho_L \tau_{WA} / \rho_W \tau \right]^{1/4} \left[\frac{1-x}{A \rho_L} \right] W_T$$

Donde:

ρ_V, ρ_L = Densidad del gas y el líquido en las condiciones de flujo

ρ_A = Densidad del aire a 1.10 bars y 15.6 °C

τ = Tensión superficial en las condiciones de flujo

τ_{WA} = Tensión superficial agua aire a 1.10 bars y 15.6°C

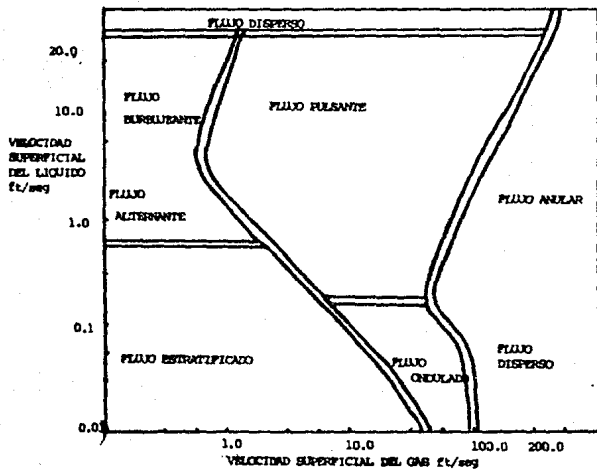


figura C.4. Diagrama de patrones de Flujo de Mandhale (1974) para Flujos Gas-Líquido en Tuberías Horizontales.

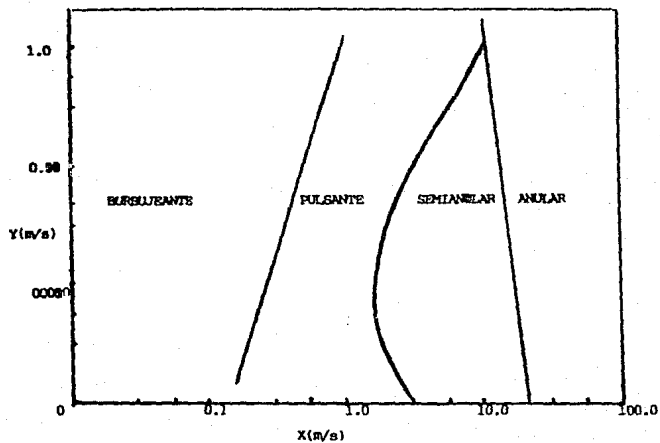


figura C.5. Diagrama de Patrones de Flujo de Hewitt-Roberts (1969) para Flujos Verticales Ascendentes.

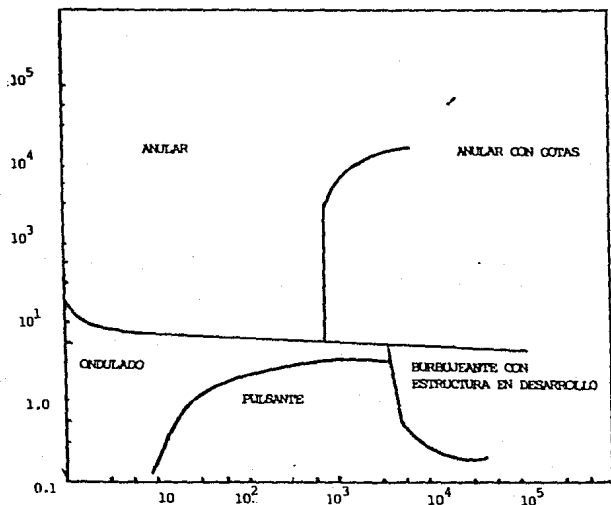


figura C.6. Diagrama de Govier-Azis Flujo Vertical Ascendente.

La uniformidad de estos patrones a lo largo de un ducto generalmente no se presentan nunca ya que son afectados directamente por las pérdidas de presión y por los accesorios colocados a lo largo del ducto. Las pérdidas de presión debido

a los gradientes de temperatura del fluido, al circular provocan que el gas tienda a expandirse y con esto a cambiar la distribución de las fases en el ducto. En cuanto a los accesorios que se encuentran en tuberías, hay casos como los codos que cambian el patrón de flujo hasta por distancias hasta de 50 diámetros.

El conocimiento de los patrones de flujo es importante para el diseño adecuado de los sistemas y equipos, ya que si se llega a tener un régimen disperso y se desea por algún medio separar las fases, esto será imposible pues no se tendrá un interfase definido, por otra parte si se tiene patrones del tipo pulsante y alternante se debe de buscar la forma de cambiar el patrón lo antes posible, ya que estos son peligrosos por lo inestable que son y las vibraciones sobre el equipo. Por lo tanto es necesario conocer el patrón de flujo de la sección de interés para un mejor diseño y operación.

ANEXO D

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

DATOS PRELIMINARES

VARIABLES DEL EQUIPO
 Entrada: Radial Con Guia del Flotador Altura
 Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.0000	0.0000	100.00
1	0.6874	0.3126	87.39
4	1.2705	2.7295	44.24
6	2.0384	3.9616	35.34

VARIABLES DEL EQUIPO
 Entrada: Radial Con Guia del Flotador Altura
 Camisa:0.14Db Boquilla:2.64Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.0000	0.0000	100.00
1	0.6373	0.3627	85.65
4	2.4898	1.5102	58.91
6	5.0217	0.9783	68.88

VARIABLES DEL EQUIPO
 Entrada: Radial Con Guia del Flotador Altura
 Camisa:0.14Db Boquilla:1.37Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.0000	0.0000	100.00
1	1.1060	-0.1060	105.15
4	3.4262	0.5738	79.05
6	5.7574	0.2426	89.93

VARIABLES DEL EQUIPO
 Entrada: Radial Sin Guia del Flotador Altura
 Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.0000	0.0000	100.00
1	0.5937	0.4063	84.20
4	1.6923	2.3077	48.41
6	2.6943	3.3057	39.58

VARIABLES DEL EQUIPO
 Entrada: Tangencial Con Guia del Flotador Altura
 Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.0000	0.0000	100.00
1	0.9769	0.0231	98.94
4	4.0233	-0.0233	101.09
6	5.7643	0.2357	90.18

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial Con Guia del Flotador			Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de Cierre (s)		
	Ondulado		Anular
	Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado
1	52.86	0.00	69.64
4	14.94	0.00	39.43
6	10.23	27.41	23.69

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial Con Guia del Flotador			Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla:2.64Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de Cierre (s)		
	Ondulado		Anular
	Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado
1	35.43	0.00	50.10
4	12.25	0.00	10.50
6	8.17	36.33	7.97

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial Con Guia del Flotador			Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla:1.37Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de Cierre (s)		
	Ondulado		Anular
	Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado
1	65.85	0.00	55.83
4	19.32	0.00	18.64
6	12.02	37.71	13.01

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial Sin Guia del Flotador			Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de Cierre (s)		
	Ondulado		Anular
	Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado
1	46.80	0.00	58.23
4	13.96	0.00	28.15
6	9.26	23.37	14.50

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Tangencial Con Guia del Flotador			Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de Cierre (s)		
	Ondulado		Anular
	Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado
1	16.94	0.00	39.95
4	8.98	0.00	13.24
6	7.09	31.47	9.01

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO					
Entrada: Radial Con Guia del Flotador				Altura	
				Camisa:0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Altura de Flotacion (m)		Altura de cierre (cm)		
	Anular	Ondulado	Anular	Ondulado	
1	5.50	5.50	14.50	17.00	
4	5.20	5.50	14.00	17.00	
6	5.00	6.00	14.00	17.00	

VARIABLES DEL EQUIPO					
Entrada: Radial Con Guia del Flotador				Altura	
				Camisa:0.14Db	Boquilla:2.64Db
Gasto de Entrada (gpm)	Altura de Flotacion (m)		Altura de cierre (cm)		
	Anular	Ondulado	Anular	Ondulado	
1	3.50	5.50	7.50	13.00	
4	3.50	5.50	7.00	13.00	
6	3.50	5.50	7.50	13.50	

VARIABLES DEL EQUIPO					
Entrada: Radial Con Guia del Flotador				Altura	
				Camisa:0.14Db	Boquilla:1.37Db
Gasto de Entrada (gpm)	Altura de Flotacion (m)		Altura de cierre (cm)		
	Anular	Ondulado	Anular	Ondulado	
1	5.50	5.50	20.00	22.00	
4	5.50	5.50	20.00	21.80	
6	6.00	5.50	20.00	22.00	

VARIABLES DEL EQUIPO					
Entrada: Radial Sin Guia del Flotador				Altura	
				Camisa:0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Altura de Flotacion (m)		Altura de cierre (cm)		
	Anular	Ondulado	Anular	Ondulado	
1	5.00	5.50	14.00	16.00	
4	5.00	5.50	14.00	16.00	
6	5.00	5.50	13.00	16.00	

VARIABLES DEL EQUIPO					
Entrada: Tangencial Con Guia del Flotador				Altura	
				Camisa:0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Altura de Flotacion (m)		Altura de cierre (cm)		
	Anular	Ondulado	Anular	Ondulado	
1	-----	6.00	1.50	14.00	
4	5.00	5.50	10.00	14.00	
6	5.00	5.50	12.00	15.00	

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Camisa:0.14Db	Altura Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado
0	0	0	0.0000
1.15	3000	74.60	0.6375
	3000	71.72	0.6631
	2000	49.80	0.6366
4.09	2000	21.84	1.4517
	2000	21.44	1.4787
	2000	21.18	1.4969
6.2	2000	17.55	1.8065
	2000	18.14	1.7477
	2000	17.53	1.8086

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Camisa:0.14Db	Altura Boquilla:1.37Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	2000	29.10	1.0895
	2000	29.48	1.0754
	2000	29.04	1.0917
4.09	3000	12.40	3.8352
	3000	12.24	3.8853
	3000	12.31	3.8632
	3000	12.83	3.7066
6.2	3000	8.04	5.9149
	3000	8.00	5.8857
	3000	8.00	5.9445
	3000	8.14	5.8423

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial		Con Guia del Flotador	
		Camisa:0.14Db	Altura Boquilla:1.52Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	2000	29.33	1.0809
	2000	28.31	1.1199
	2000	29.17	1.0869
4.09	2000	8.71	3.6400
	2000	8.42	3.7653
	2000	8.18	3.8758
	2000	8.44	3.7564
6.2	2000	6.00	5.2840
	2000	6.07	5.2231
	2000	6.04	5.2490
	2000	6.18	5.1301

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial		Con Guia del Flotador	
		Camisa:0.14Db	Altura Boquilla:1.68Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	2000	29.99	1.0572
	2000	29.50	1.0747
	2000	30.38	1.0436
4.09	2000	15.79	2.0079
	2000	15.65	2.0258
	2000	14.89	2.1292
	2000	15.32	2.0695
6.2	2000	7.72	4.1067
	2000	6.53	4.8551
	2000	7.02	4.5163
	2000	7.33	4.3253

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador		Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla:2.42Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	2000	49.91	0.6352
	2000	50.06	0.6333
	2000	49.93	0.6350
4.09	2000	14.02	2.2613
	2000	14.00	2.2646
	2000	14.30	2.2171
	2000	14.58	2.1745
6.2	2000	7.99	3.9680
	2000	7.83	4.0491
	2000	7.79	4.0698
	2000	7.48	4.2385

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador		Altura
			Camisa:0.14Db Boquilla:2.64Db
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0.00	0.0000
1.15	2000	53.78	0.5895
	2000	53.35	0.5943
	2000	52.70	0.6016
	2000	53.11	0.5970
4.09	3000	18.53	2.5664
	3000	18.63	2.5527
	3000	18.93	2.5122
6.2	3000	11.33	4.1974
	3000	10.94	4.3470
	3000	10.94	4.3470
	3000	11.68	4.0716

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Tangencial		Con Guia del Flotador	
		Camisa:0.14Db	
		Altura	
		Boquilla: 2Db	
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Flujo de Salida Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	3000	50.22	0.9470
	3000	51.88	0.9167
	3000	51.73	0.9193
4.09	3000	12.05	3.9466
	3000	12.20	3.8980
	3000	11.02	4.3154
6.2	3000	7.64	6.2246
	3000	7.64	6.2246
	3000	7.88	6.0350

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial		Sin Guia del Flotador	
		Camisa:0.14Db	
		Altura	
		Boquilla: 2Db	
Gasto de Entrada (gpm)	Flujo de Salida Volumen (mlts)	Flujo de Salida Tiempo (seg)	Gasto Desalojado (gpm)
0	0	0	0.0000
1.15	2000	48.89	0.6485
	2000	48.67	0.6514
	2000	48.56	0.6529
4.09	2000	20.12	1.5758
	2000	18.98	1.6704
	2000	18.95	1.6730
	2000	19.35	1.6385
6.2	2000	10.54	3.0080
	2000	10.32	3.0721
	2000	10.77	2.9437
	2000	10.80	2.9356

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura Camisa:0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	15.54 a 15.55	5.8818 A 5.8856	

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura Camisa:0.14Db	Boquilla:1.37Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	16.60 A 17.46	6.2831 A 6.6086	
11.5	8.34 A 9.17	6.0503 A 6.6524	

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura Camisa:0.14Db	Boquilla:1.52Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
11.5	7.45 A 8.52	5.4046 A 6.1809	

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura Camisa:0.14Db	Boquilla:2.42Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	12.27 A 13.35	4.6441 A 5.0529	

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura Camisa:0.14Db	Boquilla:2.64Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	12.24 A 12.38	4.6328 A 4.6858	

DATOS EXPERIMENTALES

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Tangencial	Con Guia del Flotador		Altura
		Camisa: 0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	12.19 A 13.53	4.6139 A 5.1211	

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Sin Guia del Flotador		Altura
		Camisa: 0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Tiempo de acumulacion (segundos)	Gasto Acumulado (lts)	Observaciones
6	13.49 A 13.54	5.1059 A 5.1248	

ANEXO E

ANALISIS MATEMATICO DE LAS PRUEBAS

DATOS EXPERIMENTALES AJUSTADOS POR MEDIA ARITMETICA

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.14Db	Boquilla: 2Db
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0	100.00
1.15	0.6457	0.5043	81.11
4.09	1.4758	2.6142	45.31
6.2	1.7876	4.4124	32.92

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.14Db	Boquilla:1.37Db
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	1.0856	0.0644	97.11
4.09	3.822581	0.2674	89.01
6.2	5.896850	0.3031	87.72

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.14Db	Boquilla:1.52Db
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	1.0959	0.0541	97.56
4.09	3.759378	0.3306	86.75
6.2	5.221557	0.9784	68.88

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.14Db	Boquilla:1.68Db
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	1.0585	0.0915	95.95
4.09	2.058089	2.0319	51.59
6.2	4.450849	1.7492	55.32

DATOS EXPERIMENTALES AJUSTADOS POR MEDIA ARITMETICA

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial Con Guia del Flotador Altura
Camisa:0.14Db Boquilla:2.42Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	0.6345	0.5155	80.77
4.09	2.229371	1.8606	53.79
6.2	4.081346	2.1187	50.55

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial Con Guia del Flotador Altura
Camisa:0.14Db Boquilla:2.64Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	0.595581	0.5544	79.62
4.09	2.5438	1.5462	58.34
6.2	4.240736	1.9593	52.50

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Tangencial Con Guia del Flotador Altura
Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	0.9276	0.2224	90.69
4.09	4.0534	0.0366	98.34
6.2	6.1614	0.0386	98.25

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial Sin Guia del Flotador Altura
Camisa:0.14Db Boquilla: 2Db

Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0	0.0000	100.00
1.15	0.6509	0.4991	81.27
4.09	1.639409	2.4506	46.91
6.2	2.989846	3.2102	40.28

DATOS EXPERIMENTALES AJUSTADOS POR MINIMOS CUADRADOS

Regression Outputs:

Constant 0.173421
 Std Err of Y Est 0.214633
 R Squared 0.953233
 No. of Observations 4
 Degrees of Freedom 2
 X Coefficient(s) 0.281966 32.92
 Std Err of Coef. 0.044821 45.31
 81.11

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada:	Radial	Con Guia del Flotador	Altura
			Cañisa:0.140b Boquilla:1.20b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.173421	-0.1734	188.71
1	0.454488	0.5455	79.88
4	1.297689	2.7023	44.49
6	1.857823	4.1482	34.34

Regression Outputs:

Constant -0.01862
 Std Err of Y Est 0.038631
 R Squared 0.999868
 No. of Observations 4
 Degrees of Freedom 2
 X Coefficient(s) 0.348206
 Std Err of Coef. 0.007973

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada:	Radial	Con Guia del Flotador	Altura
			Cañisa:0.140b Boquilla:1.370b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	-0.01862	0.0186	99.51
1	0.937583	0.0624	97.20
4	3.782202	0.2178	90.86
6	5.678615	0.3214	87.08

Regression Outputs:

Constant 0.091173
 Std Err of Y Est 0.108425
 R Squared 0.996209
 No. of Observations 4
 Degrees of Freedom 2
 X Coefficient(s) 0.049313
 Std Err of Coef. 0.037046

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada:	Radial	Con Guia del Flotador	Altura
			Cañisa:0.140b Boquilla:1.520b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.091173	-0.0912	184.05
1	0.939486	0.0685	97.28
4	3.487426	0.5126	88.86
6	5.186053	0.8139	72.68

Regression Outputs:

Constant 0.016572
 Std Err of Y Est 0.368983
 R Squared 0.942684
 No. of Observations 4
 Degrees of Freedom 2
 X Coefficient(s) 0.635693
 Std Err of Coef. 0.115841

VARIABLES DEL EQUIPO			
Entrada:	Radial	Con Guia del Flotador	Altura
			Cañisa:0.140b Boquilla:1.680b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.016572	-0.0166	108.77
1	0.672266	0.3277	86.06
4	2.639346	1.3687	61.41
6	3.950733	2.4493	51.38

DATOS EXPERIMENTALES AJUSTADOS POR MINIMOS CUADRADOS

Regression Output:

Constant	-0.10307
Std Err of Y Est	0.262888
R Squared	0.986137
No. of Observations	4
Degrees of Freedom	2
X Coefficient(s)	0.643138
Std Err of Coef.	0.053918

Regression Output:

Constant	-0.11293
Std Err of Y Est	0.168328
R Squared	0.995406
No. of Observations	4
Degrees of Freedom	2
X Coefficient(s)	0.684688
Std Err of Coef.	0.032883

Regression Output:

Constant	-0.09921
Std Err of Y Est	0.119048
R Squared	0.990829
No. of Observations	4
Degrees of Freedom	2
X Coefficient(s)	1.069679
Std Err of Coef.	0.024416
	90.25
	98.34
	90.69

Regression Output:

Constant	0.089946
Std Err of Y Est	0.214778
R Squared	0.981840
No. of Observations	4
Degrees of Freedom	2
X Coefficient(s)	0.458876
Std Err of Coef.	0.044051
	48.20
	46.31
	81.27

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.140b	Boquilla:2.420b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	-0.10307	0.1031	95.46
1	0.540668	0.4399	82.48
4	2.469484	1.5305	58.59
6	3.755761	2.2442	49.11

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.140b	Boquilla:2.640b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	-0.11293	0.1129	95.04
1	0.571666	0.4293	83.49
4	2.625466	1.3745	61.17
6	3.994667	2.8053	51.92

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Tangencial	Con Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.140b	Boquilla: 25b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	-0.09921	0.0992	95.62
1	0.989462	0.0705	95.99
4	3.935581	0.0645	97.11
6	5.952868	0.0471	97.87

VARIABLES DEL EQUIPO

Entrada: Radial	Sin Guia del Flotador	Altura	
		Camisa:0.140b	Boquilla: 25b
Gasto de Entrada (gpm)	Gasto Desalojado (gpm)	Arrastre (gpm)	Calidad %
0	0.009946	-0.0099	100.46
1	0.468823	0.5320	88.26
4	1.842252	2.1377	58.89
6	2.758404	3.2416	48.05

DATOS EXPERIMENTALES AJUSTADOS POR KINCHOS CUADRADOS

VARIABLES DEL EQUIPO				Regression Output:		Regression Output:		
Entrada: Radial Con Guia del Flotador		Altura		Constant	Constant	78.2947		
		Caisa:0.140b Boquilla: 25b		Std Err of Y Est	Std Err of Y Est	10.01068	2.141322	
				R Squared	R Squared	0.982629	0.995797	
				No. of Observations	No. of Observations	3	3	
				Degrees of Freedom	Degrees of Freedom	1	1	
Gasto de Entrada (gpm)		Tiempo de Cierre (s)		X Coefficient(s)		X Coefficient(s)		
		Ondulado	Anular	Std Err of Coef.		Std Err of Coef.		
		Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado				
1	49.61	0.00	68.95	-0.85078	2.812759	-9.25947	0.601659	
4	23.86	0.00	41.17					
6	5.36	27.41	22.65					

VARIABLES DEL EQUIPO				Regression Output:		Regression Output:		
Entrada: Radial Con Guia del Flotador		Altura		Constant	Constant	55.13394		
		Caisa:0.140b Boquilla:2.640b		Std Err of Y Est	Std Err of Y Est	5.534994	11.61667	
				R Squared	R Squared	0.929141	0.879133	
				No. of Observations	No. of Observations	3	3	
				Degrees of Freedom	Degrees of Freedom	1	1	
Gasto de Entrada (gpm)		Tiempo de Cierre (s)		X Coefficient(s)		X Coefficient(s)		
		Ondulado	Anular	Std Err of Coef.		Std Err of Coef.		
		Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado				
1	33.63	0.00	46.33	-5.63157	1.555199	-8.89289	3.264004	
4	16.74	0.00	19.92					
6	5.48	36.33	2.32					

VARIABLES DEL EQUIPO				Regression Output:		Regression Output:		
Entrada: Radial Con Guia del Flotador		Altura		Constant	Constant	61.67878		
		Caisa:0.140b Boquilla:1.370b		Std Err of Y Est	Std Err of Y Est	11.54367	9.326109	
				R Squared	R Squared	0.921858	0.919673	
				No. of Observations	No. of Observations	3	3	
				Degrees of Freedom	Degrees of Freedom	1	1	
Gasto de Entrada (gpm)		Tiempo de Cierre (s)		X Coefficient(s)		X Coefficient(s)		
		Ondulado	Anular	Std Err of Coef.		Std Err of Coef.		
		Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado				
1	62.18	0.00	52.80	-11.1405	3.243493	-8.86657	2.629410	
4	29.68	0.00	26.20					
6	6.48	37.71	8.47					

VARIABLES DEL EQUIPO				Regression Output:		Regression Output:		
Entrada: Radial Sin Guia del Flotador		Altura		Constant	Constant	66.06605		
		Caisa:0.140b Boquilla: 25b		Std Err of Y Est	Std Err of Y Est	8.367388	3.116273	
				R Squared	R Squared	0.916312	0.899299	
				No. of Observations	No. of Observations	3	3	
				Degrees of Freedom	Degrees of Freedom	1	1	
Gasto de Entrada (gpm)		Tiempo de Cierre (s)		X Coefficient(s)		X Coefficient(s)		
		Ondulado	Anular	Std Err of Coef.		Std Err of Coef.		
		Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado				
1	44.99	0.00	57.22	-7.77947	2.351801	-8.94710	8.875597	
4	28.75	0.00	36.68					
6	5.19	23.37	12.98					

VARIABLES DEL EQUIPO				Regression Output:		Regression Output:		
Entrada: Tangencial Con Guia del Flotador		Altura		Constant	Constant	44.20868		
		Caisa:0.140b Boquilla: 25b		Std Err of Y Est	Std Err of Y Est	1.662769	6.687278	
				R Squared	R Squared	0.949418	0.922439	
				No. of Observations	No. of Observations	3	3	
				Degrees of Freedom	Degrees of Freedom	1	1	
Gasto de Entrada (gpm)		Tiempo de Cierre (s)		X Coefficient(s)		X Coefficient(s)		
		Ondulado	Anular	Std Err of Coef.		Std Err of Coef.		
		Dren Cerrado	Dren Abierto	Dren Cerrado				
1	16.48	0.00	37.81	-2.82394	0.467197	-6.48236	1.856484	
4	18.33	0.00	18.60					
6	6.28	31.47	5.79					

ANEXO F

HOJAS DE CAPTURA DE LAS PRUEBAS

Fecha:
 Proyecto:
 Responsable:
 Captura de datos

Variables del Equipo		Guia del flotador		Camisa del flotador		Baqulla de descarga				
Entrada		Salida		Alturas: I		Alturas: II				
Ingenieral:		CONI:								
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo										
No de	Flujo de	Flujo de	Pestl	Temp	Patron	Flujo de	Alturas	Alturas	Tempo	Observaciones
de	Entrada	Aire	Phar	del	de	Salida	F	C	de	
Hor.	Kpa	Kpa	Kpa	aire	Flujo	Vol. Tiempo	M	M	cierra	
Hm	1	2	3	4	5	6	F	M	F	
							Mts	M		
1				4						N. N. ZIGANTE
										ENCERRADO
				6						A. N. S. ZIGANTE
										ENCERRADO
										A. N. S. ZIGANTE
										ENCERRADO
										A. N. S. ZIGANTE
										ENCERRADO

Fecha: 5/10/85

Captura de datos

Proyecto: 233

Responsable: R.S.C./M.C.L.

Variables del Equipo													Boquilla de descarga																						
Entrada Manométrica:		Guía del flotador											Alturas:																						
Variables del Proceso y Condiciones de Fluido													Alturas:																						
No de orf.	Hora	Flujo de Entrada								Temp. del aire	Tip. de flujo	Flujo de salida			Alturas			Tiempo de cierre	Observaciones																
		1	2	3	4	5	6	7	8			Pañ	Flujo	Uol.	Flujo	F	C			M															
	hrm									Pañ	KPa	Rpa	Gpm	C	°C	Pañ	Flujo	Uol.	Flujo	s	M	C	M												
	11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	11:15																																		
	11:30																																		
	11:45																																		
	12:00																																		
	12:15																																		
	12:30																																		
	12:45																																		
	13:00																																		
	13:15																																		
	13:30																																		
	13:45																																		
	14:00																																		
	14:15																																		

W. MULLER, INC.

Captura de datos

Proyecto: 5-7

Responsables: F. L. / A. C.

Fecha:

Variables del Equipo

Entrada

Salida

Patron

Flujo

Alturas

Flujo de

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Guía del flotador

Alturas

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Boquilla de descarga

Alturas

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Flujo

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Observaciones

Fecha: 17/1/80. Proyecto: 5077. Responsable: L. S. / J. S.

Captura de datos

Variables del Equipo													Camisa del flotador					Boquilla de desoera				
Fábrica: Industrias Federales													Modelo: 10.100					Altura: 1.6 m.				
Variables del Proceso y Condiciones de Fluido													Temperatura del Fluido					Alturas				
Ho. de. or.	Flujo de Entrada			Pbarril			Temp. del aire			Patrón de flujo			Flujo de salida			Tiempo de cierre			Observaciones			
	1	2	3	4	5	6	7	NPA	NPB	C	Ambulo	Mts	5	P	M	S	P	C		S		
												42.16										
								812				41.7										
												41.59										
								975			21.5	41.23										
												13.42										
												14.25										
								812			22.5	41.22										
												7.15										
												4.02										
12-30								612			25.5	41.46										

Captura de datos
Proyecto: 5-2-7

Responsable: Luis J. Arce

Fecha: .. .		Variables del Equipo							Proyecto: 5-2-7		Responsable: Luis J. Arce																			
Entrega del Ingenero:		Caja del flotador							Camisa del flotador		Boguilla de descarga																			
Código:		Cont.							Alturas: 1.0 y 2.0		Alturas: 1.5 y 2.0																			
Variables del Proceso y Condiciones de Fluido		Pest		Pbar		Agua		Temp. de Aire		Flujo de Fluido		Alturas		Tipo de ciferre		Observaciones														
No. de Corr.	Hora	Fluido de Entrada	1	2	3	4	5	6	7	KPa	KPa	Gpm	C	F	C	F	M	F	C	M	F	C								
												A	25.5																	
												G	21.0				55	20.8					55	20.8	17.22				115.25	20.425
												G	21.0										13	22					1.05	20.425
												G	21.0										55	20.8					1.05	20.425

Captura de datos

Responsable: RCC / WSC

Fecha: 24/05/2008											Proyecto: 227			Responsable: RCC / WSC							
Variables del Equipo				Guía del flotador				Cámara del flotador				Barrilla de descarga									
Entrada Medial / Inyectorial /				Sini X Coni				Alturas				Alturas									
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo																					
No. de obr.	Hora Flujo de Entrada						Pest. Pbar		Temp. Aire		Patron Flujo		Flujo de Soli. Tiempo		Alturas		Tiempo ciclo		Observaciones		
	1	2	3	4	5	6	7	Kpa	Kpa	C	C	Ampli.	Ampli.	F	C	F	C	F		C	
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	2.8	3.2	18		Ampli.	Ampli.	18:22	18:37	5	14	5	14	5	14	Hoy se lavó la cámara de descarga
167									22		Ampli.	Ampli.	18:46	19:01							Hoy se lavó la cámara de descarga
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	0.5	0.7	22.5		Ampli.	Ampli.	18:57	19:01							Hoy se lavó la cámara de descarga
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00							18:01	18:16	5	13	5	13	5	13	Hoy se lavó la cámara de descarga
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	0.7	0.7	22		Ampli.	Ampli.	—	—	—	—	—	—	—	—	Hoy se lavó la cámara de descarga
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00							—	—	5.5	16	46	50	46	50	Hoy se lavó la cámara de descarga
													—	—	—	—	—	—	—	—	Hoy se lavó la cámara de descarga

Elaborado por: WSC / WSC

Fecha: 17/11/88 Captura de datos Responsable: ROZ / RGA
 Proyecto: 2337

Variables del Equipo													Boquilla de descarga								
Entrega:													Altura:		Tiempo						
Fenomeno:																					
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo																					
de	Hora	Flujo de Entrada					Temp. Altt. C	Patrón de Flujo		Flujo de Vol. Tiempo			Alturas		Tiempo de Oferte	Observaciones					
		1	2	3	4	5		6	7	Kpa	8	9	10	11			12	M	N	S	
de	Corr.	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Pest	Pbar	Kpa	Kpa	Gpm	gpm	C	D	F	C	M	S	F	C	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
								0.2	512.5	4	22	Donubh									
								0.2	512.5	6	22	Donubh									

Fecha: 14/11/83
 Responsable: DCC / MCE

Captura de datos
 Proyecto: 2217

Variables del Equipo		Entrada Radiométrica		Guía del flotador		Cálculo del flotador		Boguita de desechos							
Radiométrica		Sini		Cont X		Alfuzi		Hua							
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo															
No. de Corr.	Hora	Flujo de Entrada				Pest. Kpa	Pbar Kpa	Aguas Opn	Temp. Aire °C	Patron Flujo	Flujo de Dosis mlt/s	Alturas		Tiempo olefite	Observaciones
		1	2	3	4							F	C		
	14:00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	1	21	0.01	-	-	-	120 Muy turbante	
	14:05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	4	21	0.01	-	-	-	1000 turbante	
	14:10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	6	21	0.01	-	-	-	1000 turbante	
	14:20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	1	22.5	0.01	3000	49.68	-	1000 turbante	
	14:30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	1	22.5	0.01	3000	47.15	-	1000 turbante	
	14:40	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	4	23.5	0.01	3000	41.01	16.33	1000 turbante	
	14:50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	4	23.5	0.01	3000	41.02	-	La bota empieza a vibrar	
	15:00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	4	23.0	0.01	3000	42.01	-	1000 turbante	
	15:10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.025	4	23.5	0.01	3000	41.5	16.33	1000 turbante	

Entradas del Flotador															Salida del Flotador			Boguilla de desoara									
Condición del Cont. ^x															Altura: 1.0 (15)			Altura: 14.00									
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo																											
Ho	Flujo de Entrada					Temp. Agua	Patron de Flujo	Flujo de F.O. tiempo			Alturas			Tiempo de cierre			Observaciones										
Cor.	1	2	3	4	5	Pda	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	C	METS	S	M	M		M	S	F	C	S					
11/11	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	6	22.5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	8.75	8.75												Amorcia el nivel de la bala para probar la bala de cierre	
														8.25												Dura la bala	
														8.01	8.12	8.09											

Fecha: 11/11/2011
 Proveedor: 2277
 Responsable: RGC/RGC

Captura de datos

Variables del Equipo																			
Entrega al Proveedor																			
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo																			
No. de Cor.	Flujo de Entrada			Flujo de Salida			Temperatura del Aire		Patron de Flujo		Flujo de Vol. Tiempo		Alturas		Tiempo de cierre		Observaciones		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	18
	h/m	h/m	Kpa	Kpa	Pbar	Pbar	Kpa	Kpa	°C	°C	ml/s	ml/s	F	M	F	M	s		
							0.7	0.7	22									12.45	La muestra está en el momento que
																		13.23	De la muestra.
																		13.53	Cuando se está haciendo la muestra se está haciendo la muestra de la muestra.
																			En el momento que se está haciendo la muestra.

Captura de datos
 Proyecto: 2277

Responsable: R.C. Pineda

Fecha: 2011

Variables del Equipo

Entrada General:

Guía del flotador
 Cont: X

Guía del flotador
 Altura: 1.0 cm

Boquilla de descarga
 Altura: 1.0 cm

Variables del Proceso y Condiciones de Flujo

Hora de Corr.	Flujo de Entrada						Temp. Agua del Flujo °C	Flujo de Salida m ³ /s	Alturas			Tiempo de flujo	Observaciones		
	1	2	3	4	5	6			7	8	9			10	11
h:m	Flujo de Entrada Pd/m ²	Kpa	Kpa	Kpa	Kpa	Kpa	Agua Gpm	Peso Kpa	Peso Kpa	Peso Kpa	Flujo de Salida m ³ /s	F	C	S	
4:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	42.9	-	-	-	SE VUELTA
4:11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	42.4	-	-	-	ARRIBA
4:12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	43.7	-	-	-	SE DESPLAZA
4:13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	12.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	12.12	-	-	-	SE DESPLAZA
4:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	12.27	-	-	-	ARRIBA
4:16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	9.0	-	-	-	SE DESPLAZA
4:17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.1	-	-	-	SE DESPLAZA
4:18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA
4:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	7.06	-	-	-	SE DESPLAZA

Captura de datos

Responsable: V. de H. RUC

Proyecto: S. 2.1

Variables del Equipo										Guía del flotador										Boguilla de descarga									
Entidad Municipal y Municipalidad										Sitio del flotador										Alcaldía									
Variables del Proceso y Condiciones de Flujo										Sitio del flotador										Alcaldía									
Ho - -off.	Hora	Flujo de Entrada							Temp. Aire	Patron de Flujo	Flujo de Salida		Alturas			Tiempo de oferta		Observaciones											
		1	2	3	4	5	6	7			MPa	Mpa	F	M	C	F	M		C										
		Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Mts	Flujo	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts											
									25	Ampli.	Err.	42.65																	
												44.22																	
												42.76																	
									25	Ampli.	Err.	12.40																	
												12.24																	
												12.21																	
									25	Ampli.	Err.	8.04																	
												8.08																	
												8.14																	

Fecha: 12/11/83
 Proyecto: L243
 Captura de datos
 Responsable:

Variables del Equipo		Sistema del Flotador				Cámara del Flotador				Boquilla de descarga						
Entidad		Sistema del Flotador				Cámara del Flotador				Boquilla de descarga						
Municipal		Coni X				L. J. Cui				P. S. G. S.						
Variables del Proceso y Condiciones de Fluido																
No. Coef.	Hora	Flujo de Entrada					Temp. Aire	Patron de Flujo	Flujo de Vol.		Alturas			Tiempo de cierre	Observaciones	
		1	2	3	4	5			6	7	8	9	F			C
		Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	Flujo	C	Amba	Flujo	Flujo	s	m	m	s		
		kg	kg	kg	kg	kg	°C	cm	cm	litros	litros	m	m	s		
	10:00	100	100	100	100	100	26	Amba	2000	2000	80.0					Temperatura ambiente 26.0°C. Se debe separar la muestra.
	11:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					Muestra almacenada.
	12:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	13:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	14:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	15:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	16:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	17:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	18:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	19:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	20:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	21:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	22:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					
	23:00						26	Amba	2000	18.62	15.02					

Fecha: 11-11-77 Proyecto: 2337 Responsable: BZL/MRC

Captura de datos

Variables del Equipo		Guía del flotador										Beguilla de decodera														
Entidad		Alcance del flotador										Alcance (LDA)														
Intencional:		Alcance LC...																								
Variables del Proceso y Condiciones de Fluido		Patrón de Fluido		Temp. Aire		Presión		Flujo de Agua		Flujo de Aire		Alturas		Tiempo		Observaciones										
Hor.	Min.	1	2	3	4	5	6	7	MPa	KPa	Pbar	Kpa	Gpm	G	°C	°C	F	C	F	C	F	S				
11	00							0.4	637	6			6		20										ELAS 14.00	
																									La altura de la columna de agua es de 15.55	
																									La altura de la columna de agua es de 15.54	
																									La altura de la columna de agua es de 15.54	
																									La altura de la columna de agua es de 16.50	
																									La altura de la columna de agua es de 17.46	
																									La altura de la columna de agua es de 16.00	
																									La altura de la columna de agua es de 8.59	
																									La altura de la columna de agua es de 8.34	
																									La altura de la columna de agua es de 9.17	
																									La altura de la columna de agua es de 16.00	
																									La altura de la columna de agua es de 16.00	

Captura de datos Responsable: ELL HCC

Fecha: 07/1/81 Proyecto: 2077

Variables del Equipo Camisa del flotador Boquilla de descarga
Alturas 1-0-300 Alturas 1-0-300

Variables del Proceso y Condiciones de Fluido Gula del flotador Alturas 1-0-300
Sini X Alturas 1-0-300

No Ord.	Condiciones de Entrada							Pest Pbar	Agua Gpm	Temp. Aire	Patron Flujo	Flujo de Sol.		Alturas			Tiempo oferta	Observaciones
	1	2	3	4	5	6	7					MPa	Kpa	Temp. °C	Flujo	Patron		
h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m	h/m
	01:05	01:05	01:05	01:05	01:05	01:05	01:05	872	1	22	Double	3000	33.3					No hay ondas es bastante lento 22
	01:30	01:30	01:30	01:30	01:30	01:30	872	4	22	Double	3000	20.10						No hay ondas es bastante lento 22
	01:55	01:55	01:55	01:55	01:55	01:55	872	6	22	Double	3000	28.47						No hay ondas es bastante lento 22
	02:20	02:20	02:20	02:20	02:20	02:20	872											No hay ondas es bastante lento 22
	02:45	02:45	02:45	02:45	02:45	02:45	872											No hay ondas es bastante lento 22