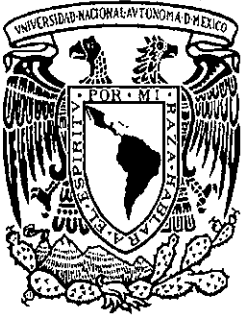


01174 7



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**APLICACIÓN DE EYECTORES A LA PRODUCCIÓN
DE POZOS DE BAJA PRESIÓN**

T E S I S

que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA (PETROLERA)

Presenta

ING. TOMAS EDUARDO GUTIÉRREZ ARRIAGA

Director de Tesis: M.I. Noel Santamaría Guevara

Ciudad Universitaria, México, DF. 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias	_____	<i>iv</i>
Agradecimientos	_____	<i>v</i>
Introducción	_____	<i>vi</i>
Resumen	_____	<i>viii</i>
Objetivo	_____	<i>x</i>
Capítulo 1 El vacío, tipos y su generación		
1.1	Perspectiva histórica de la obtención del vacío	_____ <i>1</i>
1.2	Parámetros y clasificaciones de las bombas de vacío	_____ <i>5</i>
1.3	Descripción breve de algunas bombas de vacío	_____ <i>7</i>
1.4	Medición del vacío	_____ <i>11</i>
1.5	Definición, clasificaciones y usos del vacío	_____ <i>14</i>
1.6	Partes de un sistema de vacío	_____ <i>17</i>
1.6.1	Las cámaras	_____ <i>17</i>
1.6.2	Los sellos	_____ <i>18</i>
1.6.3	Las válvulas	_____ <i>19</i>
1.7	Usos en la industria petrolera	_____ <i>19</i>
1.7.1	Destilación del petróleo al vacío	_____ <i>19</i>
1.7.2	Utilización de eyectores	_____ <i>21</i>
Capítulo 2 Detalles y características de un sistema de vacío que utiliza eyectores		
2.1	Descripción del sistema	_____ <i>22</i>
2.2	Principio de funcionamiento de los eyectores	_____ <i>23</i>
2.3	Geometría y descripción de las partes	_____ <i>24</i>
2.4	El tubo Venturi	_____ <i>28</i>
2.5	La ecuación de Bernoulli	_____ <i>30</i>

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 3	Reseña de la utilización de eyectores en la industria petrolera	
3.1	Inicios en el uso de eyectores	33
3.2	Variantes en el uso de eyectores	34
3.3	Avances en los 90's	35
3.4	Estudios recientes	36
Capítulo 4	Desarrollo de un modelo matemático	
4.1	Planteamiento	37
4.2	Desarrollo de ecuaciones para gastos	38
4.3	Eficiencia en el sistema	41
4.4	Desarrollo de ecuaciones específicas para diseño	42
4.4.1	Cálculos para el comportamiento multifásico del pozo de baja presión	43
4.4.2	Diseño de la boquilla	47
4.4.3	Diseño del difusor	49
4.4.4	Cálculos complementarios	51
4.5	Características del desempeño	52
Capítulo 5	Programación del modelo	
5.1	Diagrama de flujo del programa	53
5.2	Diagrama de flujo para el diseño de un eyector	53
5.3	Instrucciones para utilizar el programa	57
5.3.1	Instalación del programa	57
5.3.2	Inicio del programa	57
5.3.3	Manejo del programa	58
5.3.4	Uso de ventanas de ayuda y mensajes de error	65
5.3.5	Ejemplo de aplicación e impresión de resultados	66
Capítulo 6	Validación del modelo y análisis de resultados	
6.1	Validación del modelo	74
6.2	Análisis de resultados	76
Capítulo 7	Conclusiones	83
Capítulo 8	Recomendaciones	84
Apéndices		
	Apéndice A: Simbología de diagramas de flujo	85

Apéndice B: Listado del programa de cómputo	88
Apéndice C: Nomenclatura	145
Apéndice D: Programa de cómputo (CD listado, instalador y ejecutable)	

Referencias	150
--------------------	-----

Bibliografía	152
---------------------	-----

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DEDICATORIAS

Le dedico esta tesis a mi esposa y a mi hijo, ya que sin su amor, apoyo y comprensión, todo esto no hubiera sido posible.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

Al M.I. Noel Santamaría Guevara por su ayuda y acertados comentarios para la elaboración de la tesis.

A todos los profesores del Posgrado de Ingeniería Petrolera por los conocimientos que me transmitieron.

A PEMEX por el tiempo y recursos que me dio para lograr este grado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCIÓN

La extracción de aceite crudo en el territorio mexicano se realiza por diversos métodos, entre los cuales destacan los pozos fluyentes; aún al ser extraídos de la misma manera, entre los pozos fluyentes existen diferencias, principalmente en la energía con la que cuentan para lograr impulsar el fluido hacia la superficie, lo que crea un problema para el manejo de dichas corrientes. Al no existir líneas de descarga individuales, se requiere mezclar dos o más corrientes de diferentes presiones, lo que permite visualizar dos alternativas principales para manejar la producción.

La primera consiste en cerrar el pozo de baja presión que no cuenta con la energía necesaria para fluir dentro de la línea de alta presión y la segunda es estrangular los pozos de mayor energía para que ésta se vea disminuida y la producción de los pozos de baja presión entre en la corriente.

Ambas opciones funcionan, pero en las dos se sacrifica algo. En este trabajo se propone una tercera opción para liberar a los pozos estrangulados y permitir que los de baja presión entren a la corriente; esta nueva alternativa propuesta considera utilizar la Teoría Cinética de los gases sobre la cual está constituida la ciencia de la tecnología del vacío, utilizando un venturi con eyectores que son dispositivos que sin tener partes en movimiento se utilizan para bombear, elevar, mezclar y agitar líquidos o para manejar mezclas de líquidos y sólidos.

De acuerdo a lo anterior, se puede aprovechar la energía cinética de un líquido para provocar el flujo de otro, utilizando la energía del pozo de alta presión y generando una velocidad supersónica al pasar por los eyectores, con lo cual se logra un vacío que permite al pozo de baja presión fluir e incorporarse a la corriente proveniente del pozo de alta presión, utilizando posteriormente una tobera para disminuir la velocidad y volver a incrementar la presión de la corriente ahora formada por los fluidos de los dos pozos.

La aportación de esta tesis es proponer un método de diseño de los eyectores y toberas, basándose en las propiedades del fluido y las características físicas de la instalación, para lograr la incorporación de corrientes de baja presión a líneas de descarga con presiones mayores y la realización de un programa de cómputo para facilitar el uso del método.

RESUMEN

Los eyectores son máquinas de intercambio de momentum, que trabajan con un fluido motivador a alta presión y por medio de cambios de diámetros elevan las velocidades de flujo, con el fin de crear un vacío y succionar un fluido con menor energía. Una ventaja de estas máquinas es que no cuentan con partes móviles lo cual las hace sencillas de operar y mantener.

Como apoyo para manejar y elevar la producción de pozos de aceite fluyentes con la ayuda de otro pozo que tenga mayor presión en su descarga, se desarrolló este trabajo de investigación, el cual inicia con una reseña histórica del vacío, desde cómo fue la primera máquina que se utilizó para crear vacío hasta las máquinas más modernas, la forma de realizar la medición del vacío, partes de un sistema para generar vacío y algunas de sus aplicaciones actuales. Se describen los eyectores desde un punto de vista físico y matemático y se muestran las ecuaciones que rigen su comportamiento, así como las partes que conforman un eyector y su principio de funcionamiento.

Posteriormente se presenta un breve resumen de las aplicaciones que han tenido los eyectores en la industria petrolera, organizado cronológicamente y destacando los logros obtenidos en cada una de las investigaciones realizadas.

Como parte relevante del trabajo y aportación académica, se realizó el desarrollo de un modelo matemático que da como resultado la geometría completa de un eyector para utilizarse en la industria petrolera para pozos de aceite, en esta

parte se presentan con detalle las ecuaciones que se utilizaron para el diseño de un eyector y que fueron empleadas para la generación del programa de cómputo denominado EYECTOR-1 que es la aportación técnica que tiene este trabajo.

Se presenta la forma como se realizó el programa de cómputo por medio de un diagrama de flujo y cómo utilizarlo desde la instalación hasta la impresión de resultados; se pueden ver las aplicaciones del modelo, su validación con algunos datos experimentales publicados y la discusión de resultados de algunas corridas realizadas, además de la interpretación que se les puede dar a estos resultados por medio de gráficas y tablas.

Al final se presentan las conclusiones de este trabajo, enlistando las principales y mostrando en que forma puede esta tecnología ayudar a mejorar la producción en instalaciones petroleras a un bajo costo y con buenos resultados. Adicionalmente se dan las recomendaciones para dar continuidad al trabajo e identificar posibles campos de aplicación.

OBJETIVO

Realizar el modelo matemático que rija el comportamiento de los eyectores y realizar un programa de cómputo que determine la geometría de los eyectores, para su utilización en pozos petroleros de aceite fluyentes.

EL VACÍO, TIPOS Y SU GENERACIÓN

1.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA OBTENCIÓN DEL VACÍO

Evangelista Torricelli captó con claridad el concepto de presión de aire en 1644, por lo que diseñó un dispositivo para demostrar los cambios de presión en el aire. Construyó un barómetro que en lugar de agua empleaba mercurio y de esta manera, sin proponérselo, comprobó la existencia del vacío (**Figura 1.1**).

El barómetro de Torricelli constaba de un recipiente y un tubo lleno de mercurio (Hg) cerrado en uno de sus extremos. Al invertir el tubo dentro del recipiente se formaba vacío en la parte superior del tubo. Esto era algo difícil de entender en su época, por lo que intentó explicarlo diciendo que esa región del tubo contenía vapor de mercurio, argumento poco aceptable ya que el nivel de mercurio en el tubo era independiente del volumen del mismo utilizado en el experimento.

La aceptación del concepto de vacío se dio cuando en 1648, Blas Pascal, subió un barómetro con 4 kg de mercurio a una montaña a 1000 m sobre el nivel del mar. Sorprendentemente, cuando el barómetro estaba en la cima, el nivel de la columna de Hg en el tubo era mucho menor que al pie de la montaña.

La explicación de lo anterior es que Torricelli aseguraba la existencia de la presión de aire y decía que debido a ella el nivel de Hg en el recipiente no descendía, lo cual hacía que el tamaño de la columna de mercurio permaneciera constante dentro del

tubo. Así pues, al disminuir la presión del aire en la cima de la montaña, el nivel de Hg en el recipiente subió y en la columna dentro del tubo bajó inmediatamente (se vació de manera parcial).



Figura 1.1 Barómetro construido por Torricelli en 1644.⁵

El paso final que dio Torricelli fue la construcción de un barómetro de mercurio que contenía en la parte vacía del tubo, otro barómetro para medir la presión de aire en esa región. Se hicieron muchas mediciones y el resultado fue que no había una columna de Hg en el tubo del barómetro pequeño porque no se tenía presión de aire. Esto aclaró que no existía vapor de mercurio en la parte vacía del tubo. Así, se puso en evidencia la presión del aire y, lo más importante, la producción y existencia del vacío.

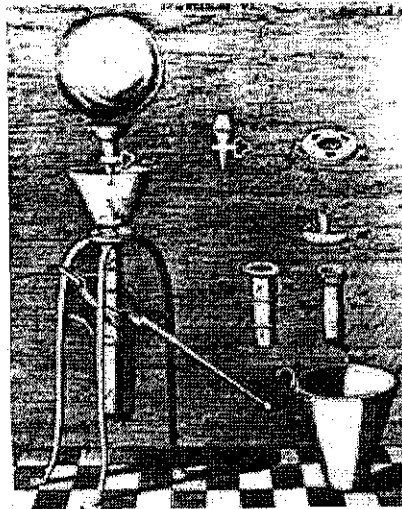
Los egipcios y los chinos, con el invento del fuelle con válvulas para inyectar aire a los hornos, hacían vacío sin saberlo: al abrir el fuelle, se llenaba de aire por el vacío que se provocaba dentro de éste.

Viajando un poco en el tiempo hasta el momento en que apareció la primera bomba de aire, en el siglo XVII, contribución importante a la ciencia hecha por Otto von Guericke con su invención considerada como una de las cuatro invenciones del siglo (los otros inventos fueron: el telescopio, el microscopio y el reloj de péndulo).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Von Guericke adaptó en 1640 a un tonel de madera una bomba de agua, después lo llenó con agua y lo clausuró. Con la ayuda de varios hombres procedió a sacar el agua. El bombeo se prolongó después de vaciado el tonel, lo que causó la precipitación del aire a través de los poros de la madera. Este suceso lo motivó a ocuparse en otro experimento: la fabricación de una esfera de cobre a la que se le podía colocar una bomba; omitió el agua y bombeó directamente el aire. Cuando había extraído aparentemente todo el aire, la esfera se deformó de manera repentina (sufrió un efecto de compresión) debido a la presión atmosférica.

A partir de estos experimentos llegó a crear la bomba de aire que se muestra en la **Figura 1.2**, ésta era esencialmente igual a una bomba de agua y tenía válvulas manuales. Contaba con una construcción más cuidadosa ya que estaba herméticamente sellada alrededor del cilindro y las válvulas. En principio, la única diferencia entre tales bombas para crear vacío y las usadas para extraer agua, era que el trabajo se realizaba jalando en lugar de empujando, con una correspondiente secuencia de válvulas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.2 Bombas de aire de Von Guericke usada en la demostración en Berlín y Magdeburgo.⁵

El experimento más famoso de Von Guericke fue el llamado de *Los hemisferios de Magdeburgo*, que consistía en un par de semiesferas unidas y dentro de ellas se

hacía el vacío. La esfera así formada era separada con gran dificultad por un equipo de ocho caballos en cada lado (**Figura 1.3**). Este experimento fue presentado ante un pequeño grupo de espectadores cerca de Reichstag, aproximadamente en 1654. Tiempo después el espectáculo se presentó ante el emperador y su corte y alcanzó tal fama que se llevó en exhibición por toda Europa.



Figura 1.3 Experimento de hemisferios de Magdeburgo. ²

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante largo tiempo, las bombas de vacío no fueron llamadas de esta manera. Von Guericke las llamaba jeringas; Boyle, máquinas neumáticas; después el término de bomba de aire fue establecido. El uso de la palabra *bomba* para este invento, en vez de compresor de aire rarificado, se hizo relacionándolo con el agua.

En términos generales, la historia del desarrollo de las bombas de vacío puede ser trazada como sigue: primero se realizó la modificación de las bombas de agua existentes con pistones y válvulas, las cuales dejaron de utilizarse a finales del siglo XIX. Entonces se volvió a un concepto más primitivo de bombas de *pistón* de mercurio líquido. Después se estableció el uso de bombas mecánicas rotatorias, seguidas de adaptaciones de bombas de vapor, turbomaquinaria y, por último, de bombas basadas en fenómenos de ionización, combinación química y adsorción criogénica, esto se puede apreciar en la siguiente tabla, donde se encuentran listados cronológicamente los descubrimientos de las bombas de vacío.

TABLA 1. Historia de la bombas de vacío ⁵

<i>Año</i>	<i>Autor</i>	<i>Descubrimiento</i>
Siglo VIII	Hauskbee y Nollet	Mejoras a la bomba de Von Guericke
1850	Geissler y Toepler	Bomba de columna de Hg
1865	Sprengel	Bomba de gota de Hg
1905	Wolfgang Gaede	Bomba de vacío o rotatoria
1913	Wolfgang Gaede	Bomba molecular de vacío
1915	Wolfgang Gaede	Bomba de difusión
1916	Irving Langmuir	Condensación-difusión
1923	F. Holweck	Bomba molecular
1935	Wolfgang Gaede	Bomba de balastra
1936	Kenneth Hickman	Bomba de difusión de aceite
1953	Schwartz y Herb	Bomba iónica Bomba criogénica

La tecnología actual del vacío permite obtener vacíos que van desde casi la presión atmosférica hasta 10^{-13} mm Hg mediante una gran variedad de sistemas de bombeo. El dispositivo conveniente para hacer vacío depende de cuál sea la aplicación que se le quiera dar.

1.2 PARÁMETROS Y CLASIFICACIONES DE LAS BOMBAS DE VACÍO

La selección de la bomba de vacío que va a emplearse para un cierto proceso está definida por sus parámetros específicos, los cuales determinan sus propiedades. Los parámetros más importantes de los sistemas de vacío son la presión más baja que puede lograr, el intervalo de presión, la velocidad de bombeo,

la presión de descarga y el gas residual. Un ejemplo de la utilización de bombas en un sistema típico de alto vacío se ilustra en la **Figura 1.4**.

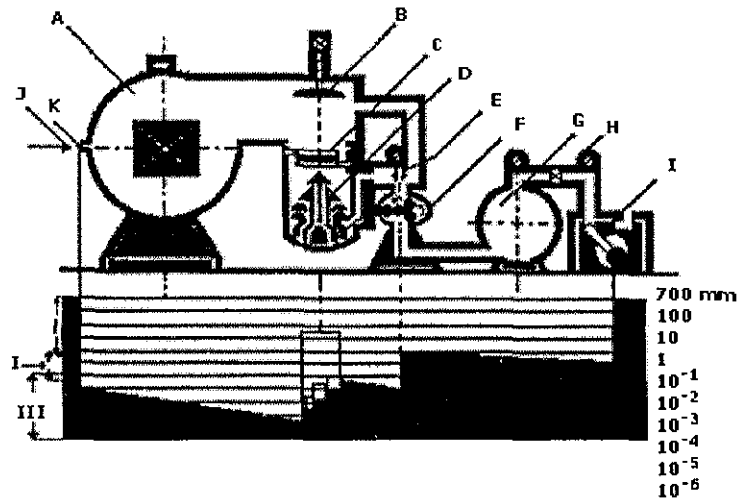


Figura 1.4. Sección transversal esquemática de un sistema industrial de vacío.⁵

Por otra parte, la clasificación de las bombas de vacío se presenta de acuerdo con su intervalo de presión (**Figura 1.5**).

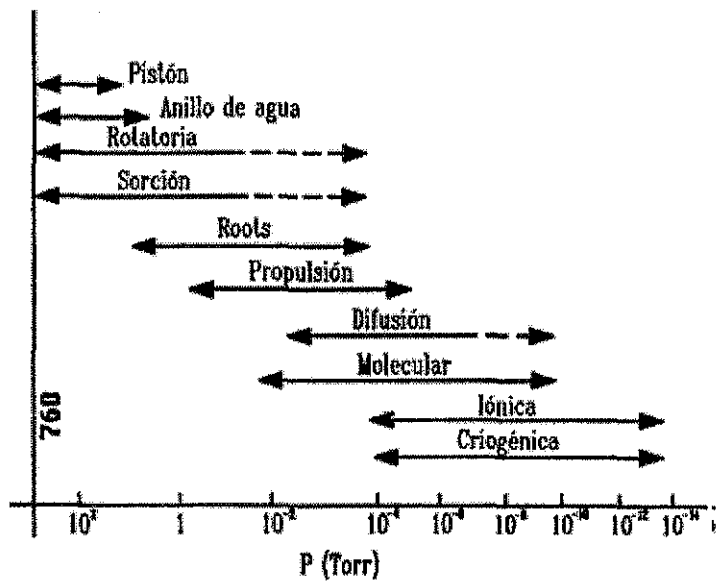


Figura 1.5 Rasgos de presión para bomba de vacío.⁵

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a un recipiente parcialmente lleno de aceite. Al final del ducto menor se coloca una válvula de descarga, la cual regula la salida de gas del estator al recipiente, éste a su vez tiene salida al exterior de la bomba.

El funcionamiento de la bomba de paletas rotatorias es sencillo: al girar el rotor provoca que las paletas se deslicen sobre las paredes del estator (con una presión uniforme debido al resorte que sostiene a las paletas), esto permite la entrada del gas entre el estator y el rotor; después se mueve el volumen de gas contenido en esta región hasta la salida del estator (**Figura 1.7**).

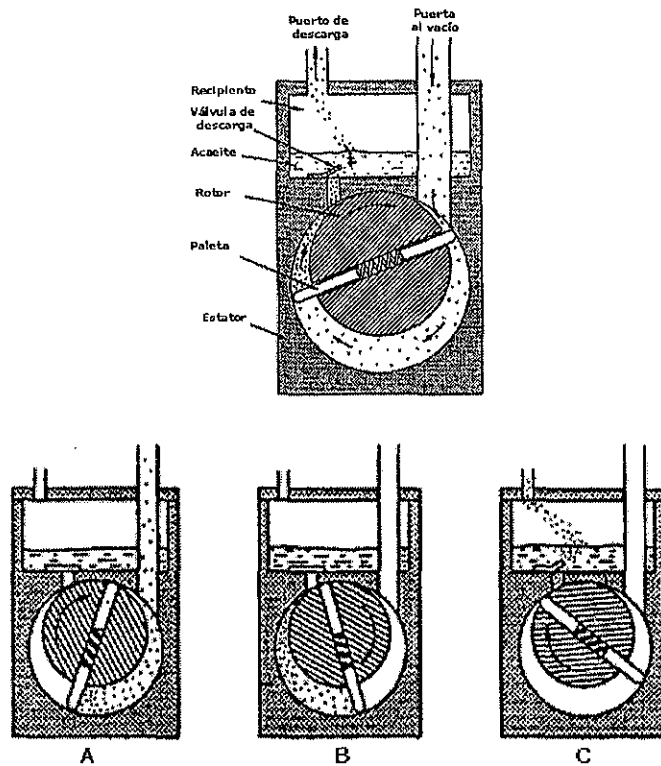


Figura 1.7 Bomba mecánica de paleta rotatoria en acción.⁵

- A) Las paletas deslizantes se mueven cuando el rotor gira. El volumen entre la entrada y la paleta inferior es incrementado; esto causa que el gas se mueva dentro de esta área desde la entrada.
- B) El gas ha sido aislado del sistema de vacío y comienza a empujarse hacia la válvula de descarga.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C) El gas se comprime ligeramente arriba de la presión atmosférica. La válvula de descarga se abre y el gas es expulsado de la bomba a través del aceite en el recipiente.

Las bombas de vapor. Un ejemplo de este tipo de bombas de vacío es la de difusión. La ventaja de este tipo de bomba para crear alto vacío, comparado con las mecánicas, es que puede producir mayor velocidad de bombeo con el mismo tamaño, peso y costo. El primer diseño fue creado por Gaede pensando en términos de la teoría cinética de los gases. La acción de bombeo fue diseñada para la difusión del aire dentro de una nube de mercurio. Las bombas de difusión usan aceite o mercurio como fluido de bombeo (**Figura 1.8**). Este se calienta hasta que se evapora mediante un calentador situado al fondo de la bomba. El vapor se eleva y es deflectado hacia abajo, trayendo las moléculas de gas de la cámara.

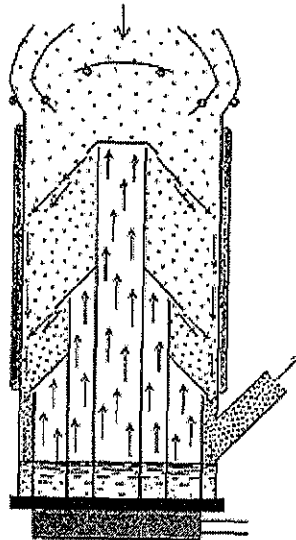


Figura 1.8 Bomba de difusión. ⁵

La bomba de difusión es capaz de evacuar gas con alta eficiencia hasta presiones que no excedan 0.02 mm Hg y una presión de descarga menor que 0.5 mm Hg; no es posible que esta bomba funcione de manera independiente, se requiere de una adicional para reducir la presión de la cámara hasta que la bomba de difusión pueda operar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En un sistema típico de alto vacío, la bomba de difusión toma lugar entre la mecánica y la cámara a evacuar. Estas bombas se construyen de acero inoxidable o aluminio, aunque muchas bombas de tamaño reducido se fabrican de vidrio y algunas tienen cubiertas de este material con chimeneas de metal.

Los aceites usados como fluidos de bombeo están hechos de compuestos a base de silicio y pueden producir presiones del orden de 10^{-7} mm Hg.

Las bombas de mercurio son usadas cuando se quiere evitar contaminación de hidrocarburos que afecten al sistema.

Las bombas criogénicas (de baja temperatura), se usan en aplicaciones específicas de ultra alto vacío. Una criobomba es una bomba de vacío que tiene una superficie interna enfriada a temperaturas menores a los 120°K , donde los gases y vapores se condensan. En esta superficie se inmovilizan las moléculas de gas, lo cual disminuye la presión del sistema. La superficie fría está colocada dentro de la cámara de vacío.

Existen varios mecanismos mediante los cuales se capturan los gases sobre la superficie fría, los más importantes se pueden representar por medio de las criotrampas y la criosorción.

Una trampa de vapor enfriada con nitrógeno líquido actúa como una criobomba (**Figura 1.9**). El término criotrampa se usa para la *condensación de gases* difícilmente condensables, por ejemplo el H_2 , Ar, CH_4 , CO_2 , NH_3 .

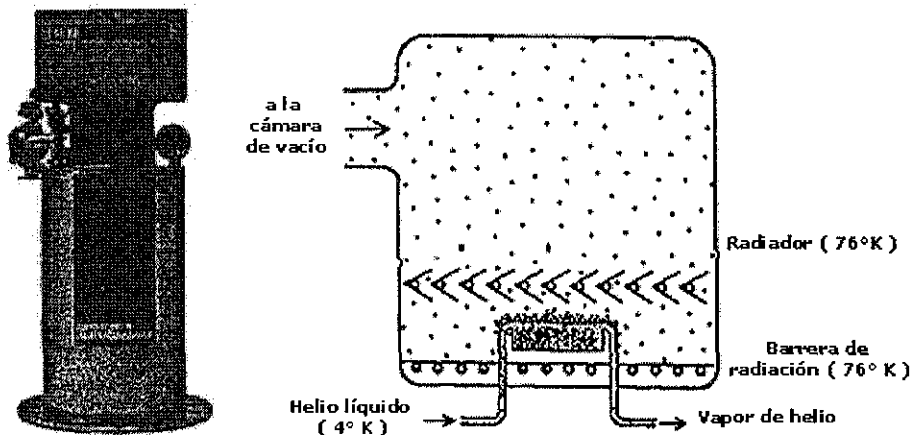


Figura 1.9 Bomba criogénica.⁵

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La criosorción se refiere a la captura de un gas con bajo punto de ebullición (difícil de condensar), efectuada por la adsorción sobre un gas condensado de alto punto de ebullición (fácilmente condensable). Un ejemplo es la criosorción de H_2 sobre un sólido condensado de NH_3

1.4 MEDICIÓN DEL VACÍO

A través del tiempo el hombre ha sentido la necesidad de medir y clasificar todo cuanto le rodea, desde las distancias intergalácticas, hasta el tamaño de un átomo. Por lo que era de esperarse que después de encontrar el vacío lleno y poder producirlo, el siguiente paso fuera medirlo, con lo cual podría calcularse la cantidad de partículas que se manejarían en el contenedor y de esta manera controlar la atmósfera adecuada para los propósitos del caso.

La combinación de los experimentos de Evangelista Torricelli (1643) y Otto von Guericke fue llevada a cabo antes de 1660 por Robert Boyle, dando como resultado la *máquina boyleana*, que es considerada como el primer medidor de presiones subatmosféricas. Boyle logró obtener una presión de aproximadamente 6 mm Hg, y su diseño experimental fue durante dos siglos la única forma disponible para medir vacío (**Figura 1.10**).

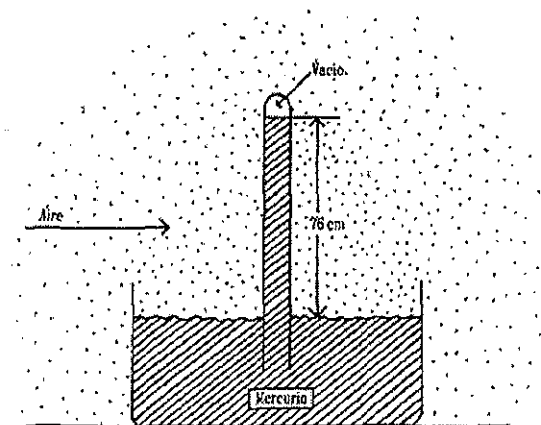


Figura 1.10 Medidor de mercurio (Hg) de Boyle. Barómetro de Torricelli cuyo recipiente de Hg estaba al vacío en un vaso de cristal.⁵

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La ley de Boyle establece que a bajas presiones, la de un gas es inversamente proporcional al volumen cuando la temperatura del sistema se mantiene constante:

$$\dots\dots\dots p \propto (1/V) \text{ o } p = (k / V) \dots\dots\dots$$

donde k es una constante, V el volumen y p la presión.

El siguiente paso significativo en la producción de un medidor óptimo. Fue en 1874, cuando McLeod presentó un dispositivo basado en la posibilidad de comprimir el volumen de gas a una proporción conocida. Usando una columna de mercurio, consiguió que las altas presiones pudieran ser medidas con facilidad, mientras que las bajas se podían calcular con la ayuda de la ley de Boyle. Técnicamente, el medidor funciona en un intervalo de 1 a 10^{-6} mm Hg (**Figura 1.11**).

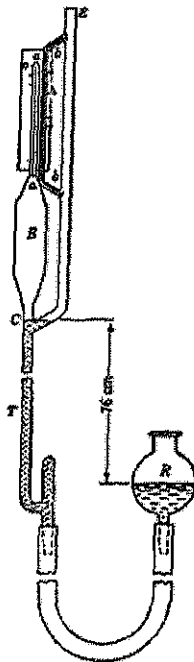


Figura 1.11 Medidor de presión de McLeod.⁵

Se ha desarrollado desde entonces otro tipo de medidores de presión; estos varían no sólo en forma o tamaño, sino sobre todo en el concepto teórico en el cual se basan. Por ejemplo, el medidor de presión creado por Langmuir usa una fibra de cuarzo que debe oscilar en el gas y la disminución de amplitud en dichas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

oscilaciones nos da la medida de la presión del gas. Este dispositivo trabaja en un intervalo de presión entre 10^{-2} y 10^{-7} mm Hg (**Figura 1.12**).

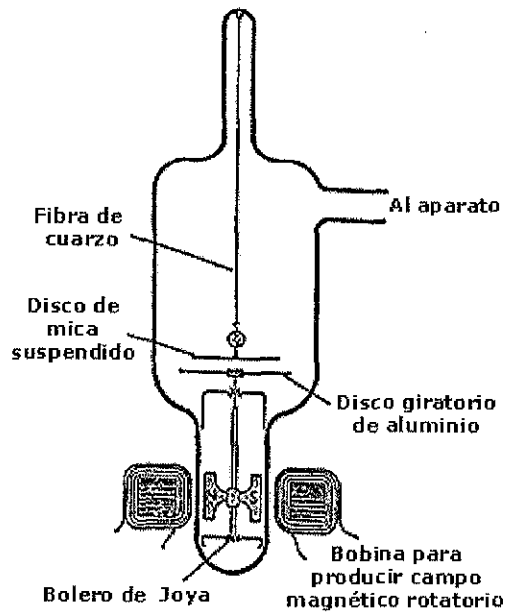


Figura 1.12 Medidor de Langmuir.⁵

El medidor de Pirani, diseñado en 1906, nos da una medida de la presión a través de la variación de la conductividad térmica del gas. Este dispositivo consta de un filamento metálico suspendido en un tubo en el sistema de vacío y conectado a una fuente de voltaje o corriente constante. El alambre puede ser de tungsteno u otro material cuya resistencia varíe mucho con la temperatura. Al aumentar el vacío, se reduce la pérdida de calor por conducción a través del gas y aumenta la temperatura y la resistencia del conductor que se mide con un aparato adecuado (**Figura 1.13**).

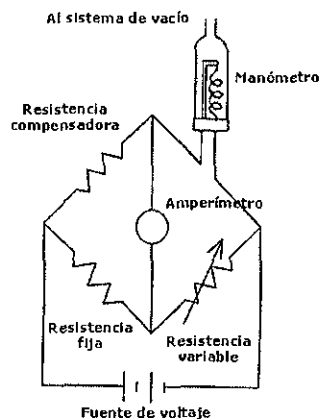


Figura 1.13 Medidor de Pirani.⁵

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.5 DEFINICIÓN, CLASIFICACIONES Y USOS DEL VACÍO

Se sabe que la presión atmosférica es la que ejerce la atmósfera o aire sobre la Tierra. A temperatura ambiente y presión atmosférica normal, un metro cúbico de aire contiene aproximadamente 2×10^{25} moléculas en movimiento a una velocidad promedio de 1 600 kilómetros por hora.

Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio, su valor se expresa en términos de altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto se dice que una atmósfera (atm) estándar es igual a 760 mm Hg (milímetros de mercurio).

El aire está compuesto por varios gases, los más importantes son el nitrógeno (N_2) y el oxígeno (O_2), pero también contiene en menores concentraciones bióxido de carbono (CO_2), argón (Ar), neón (Ne), helio (He), criptón (Kr), xenón (Xe), hidrógeno (H_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y vapor de agua (H_2O).

De acuerdo con la definición de la Sociedad Americana de Vacío (1958), el término vacío se refiere a cierto espacio lleno con gases a una presión total menor que la presión atmosférica, por lo que el grado de vacío se incrementa en relación directa con la disminución de presión del gas residual. Esto significa que en cuanto más disminuya la presión, mayor vacío se obtendrá, lo que permite clasificar el grado de vacío. Entonces se puede hablar de bajo, mediano, alto y ultra alto vacío, en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores. Cada intervalo tiene características propias.

1) *Bajo y mediano vacío.* El intervalo de presión atmosférica con estas características se manifiesta desde un poco menos de 760 mm Hg hasta 10^{-2} mm Hg. Con las técnicas usuales para hacer vacío, los gases que componen el aire se evacúan a diferentes velocidades y esto altera la composición de gases del aire residual.

2) *Alto vacío.* El intervalo de presión se extiende desde cerca de 10^{-3} hasta 10^{-7} mm Hg. La composición de gases residuales presenta un alto contenido de vapor de agua (H_2O).

3) *Ultra alto vacío*. El intervalo de presión va desde 10^{-7} hasta 10^{-16} mm Hg. Las superficies internas del recipiente se mantienen *limpias* de gas. En este intervalo el componente dominante de los gases residuales es el hidrógeno.

En la selección de un medidor de presión es importante considerar de antemano el tipo de sistema con el cual se cuenta, el trabajo a realizarse y las condiciones necesarias para medir la presión. Una manera sencilla de elegir el medidor adecuado a ciertos propósitos es tomar en cuenta los siguientes cinco puntos:

- 1) El intervalo de presión para el cual es requerido el medidor.
- 2) Establecer si es más importante conocer la presión parcial de cada componente del gas o la presión total.
- 3) Considerar si la lectura del medidor depende del tipo de gas existente en la cámara.
- 4) La exactitud necesaria al medir.
- 5) El tipo de montadura del medidor.

En la **Tabla 2** se muestran los valores a los que es posible medir con exactitud el vacío con los diferentes instrumentos de medición desarrollados hasta ahora.

En general, se acostumbra llamar barómetros a los instrumentos que sirven para medir la presión atmosférica y manómetros a los que miden la presión de cualquier gas o vapor.

Existen diversas razones prácticas por las que es conveniente hacer vacío. A continuación se mencionan algunos casos:

- 1) La aspiradora es uno de los ejemplos más sencillos de sistemas que emplean vacío. Se usa para succionar objetos de varias decenas de gramos. Por lo general las aspiradoras son capaces de trabajar a una presión de 100-150 mm Hg por debajo de la presión atmosférica del lugar (650-600 mm Hg a nivel del mar).
- 2) La tecnología de vacío es utilizada para extraer la humedad de los alimentos, químicos, productos farmacéuticos, etc. y los gases ocluidos (disueltos) en aceites plásticos y otros líquidos.

TABLA 2.- Intervalos de presión en los medidores de vacío. ⁵

Tipo de medidor utilizado		Intervalo de operación [mm Hg]	
1	Manómetro de mercurio	6.0E-04	1.0E+04
2	Medidor de Bourdon	5.0E-04	9.0E+03
3	Alfatrón	2.0E-05	1.0E+03
4	Banda bimetalica	2.0E-05	6.0E+01
5	Termistor	5.0E-06	2.0E-01
6	Termopar	9.0E-06	9.0E-02
7	Película de deflexión	9.0E-06	1.0E-01
8	Fibra de cuarzo	7.0E-08	2.0E-02
9	Medidor de McLeod	2.0E-08	7.0E-01
10	Medidor de Pirani	8.0E-09	9.0E-03
11	Membrana de cuarzo	1.0E-09	9.0E-04
12	Medidor molecular	1.0E-09	1.0E-03
13	Medidor de Knudsen	1.0E-10	4.0E-03
14	Medidor de Bayart-Alpert	1.0E-12	7.0E-03
15	Medidor de ionización de cátodo frío con campo magnético	1.0E-15	5.0E-05
16	Medidor de ionización de cátodo caliente con campo magnético	9.0E-16	9.0E-09
17	Espectrómetro de masas	1.0E-18	1.0E-05

3) La producción de jugo de frutas y leche concentrada, son ejemplos de producciones a gran escala basadas en la concentración en vacío, para lo cual no se requiere de alta temperatura para evaporar el agua o solventes contenidos en los productos.

4) Para remover los constituyentes de la atmósfera que pudieran causar una reacción física o química, como puede ser la oxidación durante un cierto proceso. Por ejemplo, la fundición en vacío de metales reactivos como el titanio.

5) Para modificar una cierta condición de equilibrio que existe en condiciones ambientales normales, como para remover gas disuelto u ocluido o líquido volátil de la parte interna de un material. Por ejemplo, en procesos de secado al vacío.

6) Para aumentar la distancia que un átomo, molécula o electrón debe viajar antes de chocar con otro, lo cual ayuda a que en un cierto proceso las partículas se muevan sin colisión entre la fuente y el blanco. Por ejemplo, en recubrimientos al vacío, aceleradores de partículas, cinescopios de televisión y monitores de computadoras.

7) Para reducir el número de impactos de las moléculas del gas ambiental con una cierta superficie preparada en vacío. Por ejemplo, en la preparación de películas delgadas puras o en estudios de superficies limpias.

8) Para la producción de nuevos materiales y para el enriquecimiento o la separación de los isótopos de los elementos

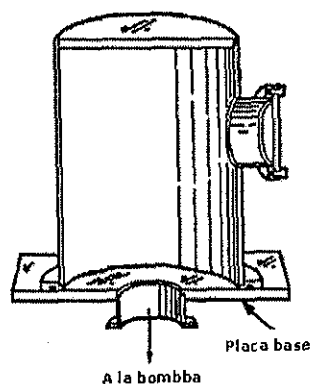
9) En la industria petrolera, para lograr introducir la producción de dos pozos de diferentes presiones en una misma línea de descarga.

1.6 PARTES DE UN SISTEMA DE VACÍO

1.6.1 Las cámaras

Las cámaras o contenedores en los sistemas de vacío se construyen por lo general de vidrio o acero inoxidable. La característica principal que debe tener el material de la cámara es su resistencia a la fuerza ejercida sobre ella por la presión atmosférica. Esto es claro si se considera que la presión atmosférica ejerce una fuerza de un 1 kg/cm^2 en el área superficial de la cámara. Por ejemplo, una cámara con una superficie de 1 m^2 debe resistir 10 toneladas de peso.

Las cámaras de metal son hechas, por lo general, en secciones de forma cilíndrica, porque así la cámara puede resistir con mayor facilidad la presión externa. Enrollando una hoja gruesa de metal, los extremos de la cámara cilíndrica son convenientemente cerrados con placas planas de metal (**Figura 1.14**).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.14 Tipo más común de cámara de metal.⁵

La capacidad de un cilindro para no colapsarse por la presión externa depende de su diámetro, espesor de las paredes y la firmeza del material. Después de construida la cámara, es necesario hacerle un electro pulido a la superficie que será expuesta al vacío, para minimizar la cantidad de gas absorbido en las paredes del contenedor.

Se puede utilizar la cámara después de someterla a una limpieza que consta de los siguientes pasos: 1) frotar con gran cantidad de detergente (puede usarse detergente líquido para trastes); 2) enjuagar con agua caliente; 3) enjuagar con agua destilada, y 4) enjuagar con metanol puro.

De esta manera se puede tener un sistema limpio de grasa, aceites y residuos de metal, para obtener la presión deseada. Después de montado todo el equipo, es necesario someter la cámara a calentamientos a diferentes temperaturas para propiciar el degreasamiento de las paredes.

Un contenedor puede tener diferentes extensiones (conexiones), en éstas se pueden colocar medidores de presión, calefactores, conexiones eléctricas o electrónicas, fuentes de voltaje, rayos X, ventanas, las diferentes bombas para hacer vacío, espectrómetros de masas, manipuladores de muestras, etc. Todo cuanto sea necesario para trabajar con comodidad y lo más importante, las herramientas útiles para resolver los problemas que se presentan durante el desarrollo de cierto proceso industrial o algún experimento de interés científico o tecnológico.

1.6.2 Los sellos

Las extensiones en las cámaras de vacío son cilíndricas y de diferentes diámetros. Todo tipo de artefactos a introducirse en la cámara vienen montados en las bridas, las que funcionan como tapaderas de las extensiones. Para cerrar el sistema, entre las bridas y las extensiones existe una franja triangular para colocar los sellos. En los sistemas de vacío los sellos son en forma de anillos circulares con sección transversal rectangular o circular; son fabricados de materiales de vitón, neopreno o metálicos. Existen sellos estáticos (inmóviles) y sellos mecánicos (movibles dentro del sistema).

Para presiones menores a 10^{-7} mm Hg, los sellos de las conexiones de vacío se elaboran de una variedad de elastómeros. Otro tipo de sellos usados con frecuencia a presiones inferiores a 10^{-7} mm Hg, son los de cobre y aluminio. La ventaja de estos es que el sistema puede ser horneado a altas temperaturas (450° C) sin que el sello presente problemas de elongación o deformación. Otra ventaja resulta de su bajo índice de degasamiento.

1.6.3 Las válvulas

Para el uso en sistemas de vidrio, sistemas de metal en alto vacío y ultra alto vacío existe poca variedad de válvulas en el mercado, ya que por lo general las válvulas de vacío son tan complejas que resulta incosteable para un laboratorio fabricarlas y son las grandes compañías de equipo para vacío las que las producen.

Las válvulas de vidrio más comunes se emplean principalmente en sistemas para producción de vacío primario. Las válvulas de metal se hacen de acero inoxidable con sellos de vitón y puede calentarse hasta 200° C; se usan comúnmente en sistemas con bombas de difusión en pequeños sistemas de alto vacío. Las válvulas de metal se usan para aislar bombas de difusión o iónicas de una cámara de alto vacío; se pueden elaborar también de aluminio y tienen una apertura interna de 5 a 25 centímetros.

1.7 USOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA

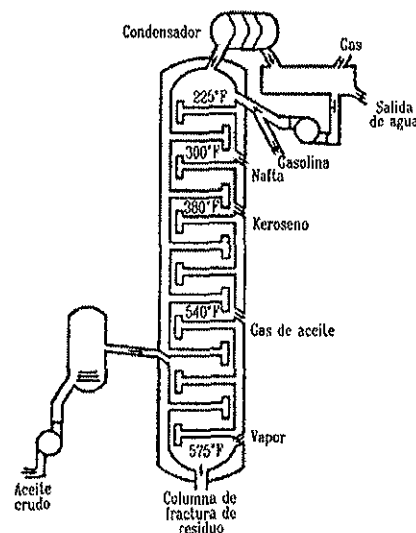
1.7.1 Destilación del petróleo al vacío

El petróleo se encuentra en la naturaleza y consiste en una mezcla compleja de hidrocarburos, que son compuestos que contienen hidrógeno y carbón. En el proceso de refinamiento de petróleo se obtienen gasolina, aceite de motor y petroquímicos, entre una gran variedad de sustancias; según la región de donde se obtiene el crudo se ha encontrado que cada petróleo es diferente y, por lo tanto, puede utilizarse para distintos propósitos; por ejemplo, el petróleo mexicano es

pesado por ser rico en asfalto, mientras que el crudo argelino es ligero comparado con éste.

La separación del petróleo en sus componentes se hace por medio de la destilación fraccional conocida como proceso primario de refinamiento, que puede ser seguida por otros métodos de separación física. La extracción de solventes es un ejemplo de ello, donde una cantidad de lubricantes son extraídos por medio de un solvente.

Una unidad de destilación fraccional es de forma cilíndrica y aproximadamente 45 m de alto (**Figura 1.15**). Tiene entre 30 y 40 placas perforadas que la dividen en intervalos rectangulares, donde el petróleo es primero bombeado hasta la cima del destilador y después desciende dentro de él, expuesto a diferentes temperaturas durante el descenso. Los hidrocarburos que forman el petróleo tienen distintos puntos de ebullición y cada uno de éstos determina el producto que se obtiene. Por ejemplo, el punto de ebullición de la gasolina es de 25-95° C; el de la naftalina es de 95-150° C; el del keroseno, 150-230° C y el del aceite, 230-340° C. El residuo de esta destilación es el asfalto.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.15 Unidad de destilación fraccional. ⁵

La destilación al vacío se hace utilizando un destilador del tipo fraccional pero con menor diámetro en la columna para mantener comparable la velocidad de vapor a presión reducida. El vacío se produce mediante expulsores de vapor en la destilación al vacío. Esta técnica es importante dentro de los procesos de destilación, pues por medio de ella se ha logrado que componentes menos volátiles puedan ser destilados

sin aumentar la temperatura al intervalo en el que ocurre el rompimiento, como sucedería a presión atmosférica. Esto significa que se puede destilar sin exponer el destilador a altas temperaturas, lo cual trae consigo ahorros considerables en el gasto de energía.

1.7.2 Utilización de eyectores

El primer campo que contó con una instalación de eyectores de superficie multifásicos y funcionó satisfactoriamente fue el de aceite de Villafortuna³ (Italia) en 1996 (**Figura 1.16**). Este sistema elevó la producción de aceite en un 30% y demostró la viabilidad del sistema, el bajo costo y tamaño, el cual tenía un impacto mínimo en las instalaciones existentes, además que era eficiente para nuevos desarrollos tanto en tierra como en instalaciones marinas.

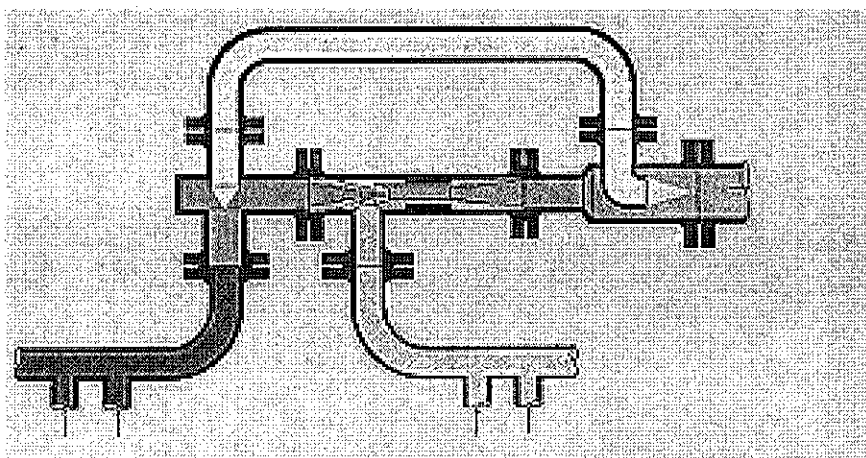


Figura 1.16 Ejector instalado en Trecate, Italia.⁹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO

2

DETALLES Y CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE VACÍO QUE UTILIZA EYECTORES

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El eyector es un dispositivo estático en el cual un chorro de alta presión es mezclado con un chorro de baja presión en una cámara de mezclado especialmente diseñada. La mezcla pasa a través de un difusor, dejando al eyector en una presión media de salida común (**Figura 2.1**). Las corrientes motivadora y de succión son mezcladas en el tubo mezclador alcanzando la misma presión. En el difusor debido al decremento de la velocidad del fluido existe una recuperación de presión en la mezcla.

Esta tecnología no había sido utilizada en superficie para pozos de aceite, aunque para gas algunas empresas como AGIP y otras, habían realizado aplicaciones exitosas en los últimos años. La instalación de un eyector en la superficie permite la utilización de la energía libre de un pozo de alta presión para impulsar a un pozo de baja presión para incrementar su producción, extender la vida útil del campo y/o utilizar menos infraestructura.

En 1993, AGIP en colaboración con la Universidad de Ancona, inicio el estudio de la utilización de eyectores superficiales para impulsar la producción de pozos de baja presión auxiliados con pozos de mayor energía³. Se dio inicio a este proyecto

analizando la literatura existente y desarrollando un software de diseño basado en un modelo teórico simplificado; los coeficientes del modelo fueron encontrados con pruebas de laboratorio en la Universidad de Ancona probando diferentes geometrías

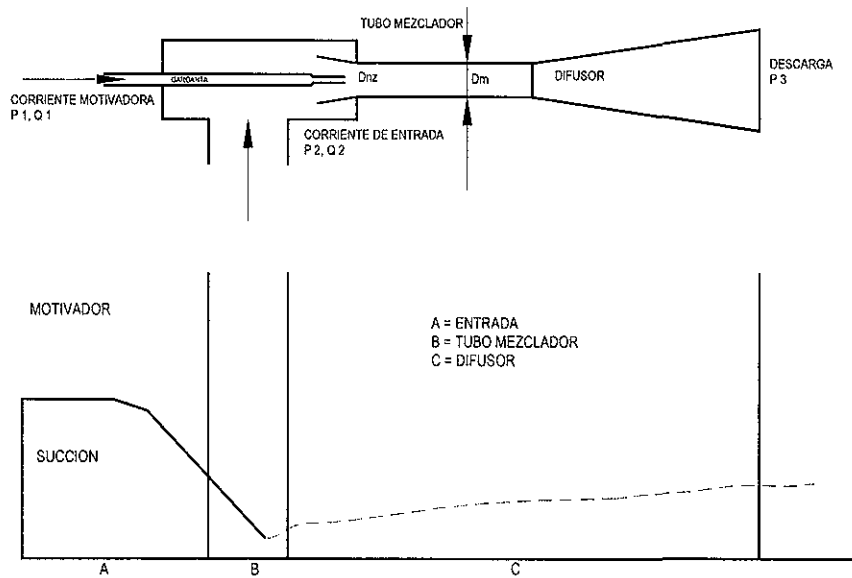


Figura 2.1 Esquema del eyector mostrando las tendencias de las presiones³

y utilizando agua y aire a baja presión, posteriormente se realizaron las pruebas en el Loop de Pruebas de Trecate³ (Italia), con hidrocarburos y altas presiones. El software se modificó y fue capaz de realizar cálculos de un eyector multifásico trabajando con aceite mediano y ligero presentando sólo un error del 10%.

2.2 GEOMETRÍA Y DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES

La geometría de la garganta y del tubo mezclador son las que afectan principalmente el desempeño del eyector. El parámetro geométrico principal está expresado por la siguiente relación:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\frac{d_t}{d_d} = \beta \quad (2.1)$$

Donde d_t es el diámetro del tubo mezclador y d_d el de la garganta, donde a mayor relación β , se tiene la más alta recuperación del fluido y el más pequeño efecto de impulso; por otro lado con una relación β baja se obtiene el mayor efecto de impulso pero una recuperación baja. En la **Figura 2.2** se observa en términos del efecto de impulso (P_3/P_2), variando las relaciones de flujo (Q_2/Q_1), la relación de presión (P_1/P_2) y la geometría (d_t/d_d). En la mayor relación geométrica se obtiene la mayor recuperación de flujo con un pequeño efecto de impulso. A menor relación geométrica el efecto de recuperación es máximo pero el flujo de recuperación es menor.

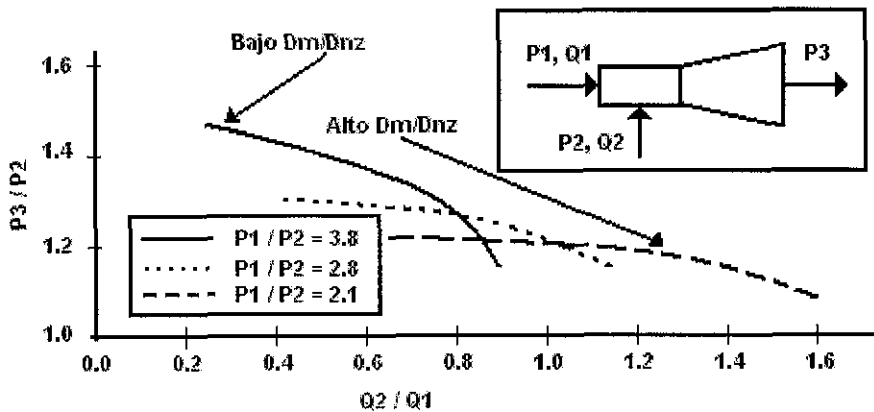


Figura 2.2 Curvas de desempeño típico de eyectores ³

2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EYECTORES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Todos los eyectores tienen un principio en común, son bombas de intercambio de momentum, el fluido a alta presión se expande a través de una boquilla convergente-divergente y acelerado a velocidad supersónica (típicamente 3000 a 4000 pies/s) ¹. La alta velocidad de la corriente del fluido motivador envía el fluido a succionar, a través del puerto de succión, una compresión de la mezcla es llevada a cabo a través del difusor por medio de la conversión de la velocidad en presión. La mezcla de ambos fluidos empuja en contra de la presión de descarga del eyector y mantiene

la diferencia de presión entre el puerto de succión y la descarga, la presión en la cabeza es convertida a velocidad en la cabeza en la boquilla de la corriente motivadora. La velocidad es convertida a presión en la cabeza del difusor. Ambos fluidos a la salida toman la forma del Venturi, una boquilla convergente-divergente es requerida para acelerar el fluido a una velocidad supersónica. En la sección convergente de la boquilla el fluido motivador que entra a una velocidad subsónica se acelera a una velocidad sónica, el fluido motivador entrando a la sección divergente a una velocidad sónica es acelerado a una velocidad supersónica. (Figura 2.3).

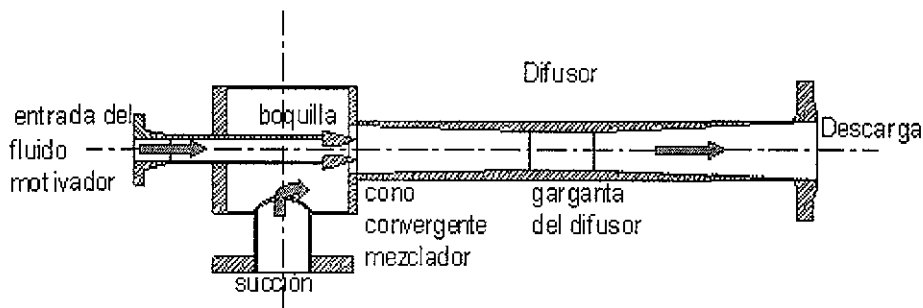


Figura 2.3 Partes básicas de un eyector.¹

El flujo a través de la boquilla está descrito por las ecuaciones clásicas para un fluido compresible y por la ecuación de continuidad.

$$W_1 = V A \rho_1 \tag{2.2}$$

- Donde:
- W_1 = gasto de flujo del fluido motivador [lb/hr]
 - V = velocidad [pies/hr]
 - A = área de la sección transversal [pies²]
 - ρ_s = densidad del fluido motivador [lb/pies³]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

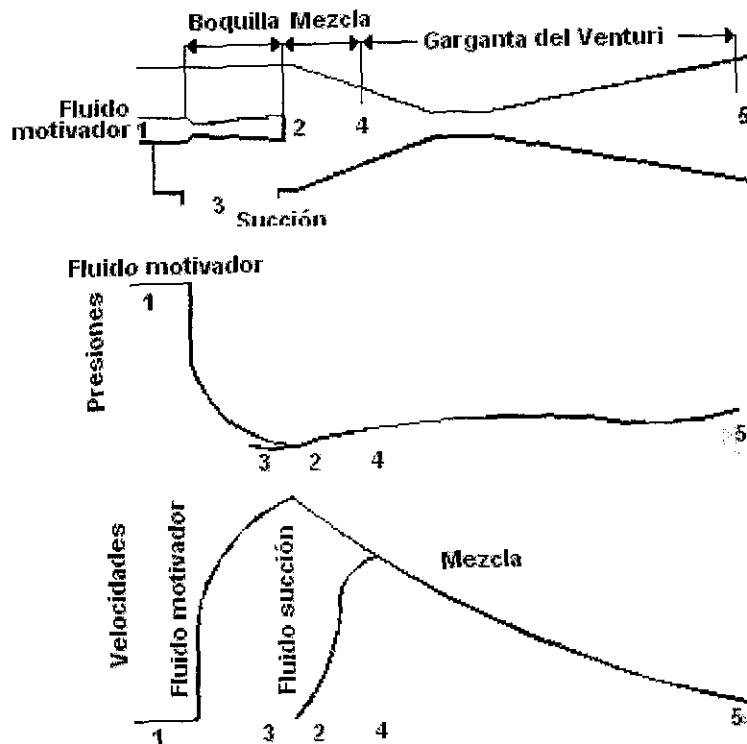


Figura 2.4 Modelo del fluido del eyector (Cortesía Croll-Reynolds Co).¹

Mientras el flujo pasa a través de la garganta en la cámara de succión, la presión y la densidad decrecen a medida que la velocidad aumenta. El producto de velocidad por la densidad se aproxima a cero en el punto 1 (**Figura 2.4**), por que la velocidad es baja. El producto de velocidad por densidad de nuevo se aproxima a cero en el punto 2 porque la densidad es baja. En cambio, en el producto de la velocidad por la densidad, es máximo en un punto entre el punto 1 y el punto 2; en este punto la sección de área transversal debe ser mínima porque el flujo es constante. Esto muestra que la velocidad del fluido motivador en este punto (la garganta de la boquilla) será sónico.

El diámetro de la garganta de la boquilla del fluido motivador determina el flujo del mismo. Para un coeficiente de flujo de 0.97, el gasto del fluido motivador puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

$$W_1 = 865.5d_d^2\sqrt{P_1\rho_1} \quad (2.3.3)$$

Donde: d_d = diámetro de la garganta de la boquilla [pg]
 P_1 = presión del fluido motivador en el punto 1 [lb/pg²]
 ρ_1 = densidad del fluido motivador en el punto 1 [lb/pie³]

La velocidad del fluido en la garganta del difusor es sónica, en la sección convergente del difusor, la velocidad de la mezcla de fluidos reducen la velocidad de supersónica a sónica y se incrementa la presión. En la sección divergente del difusor, la velocidad de la mezcla es reducida de sónica a subsónica y la presión se incrementa aún más.

En el flujo supersónico un decremento de la sección de área transversal causa que la presión se incremente y la velocidad disminuya. En flujo subsónico ocurre lo contrario, un incremento en la sección de área transversal causa un incremento en la presión y una disminución en la velocidad.

Las pérdidas de energía en la boquilla de un eyector diseñado para uso en pozos usualmente son insignificantes y la expansión a través de la boquilla del fluido motivador se aproxima a un proceso isentrópico¹.

Así como la velocidad del fluido a través de la boquilla se ve incrementado al momento de alterar la geometría, el coeficiente de la boquilla (relación del momentum final a través de la cámara de succión en el punto 2 contra el momentum inicial en el punto 1) se incrementa.

En el flujo supersónico se forman ondas de choque en el difusor, las que generan pérdidas que se vuelven más severas mientras la velocidad de entrada (velocidad de compresión) se incrementa, esto limita la presión de descarga a la que pueda generarse con la velocidad de salida. Las pérdidas por ondas de choque en el difusor limitan la velocidad de compresión, a su vez la velocidad de compresión limita la relación de compresión a través del eyector.

2.4 EL TUBO VENTURI

El tubo de Venturi fue creado por el físico e inventor italiano Giovanni Battista Venturi (1746 – 1822). Fue profesor en Módena y Pavía. En París y Berna, ciudades donde vivió mucho tiempo, estudió cuestiones teóricas relacionadas con el calor, óptica e hidráulica. En este último campo fue que descubrió el tubo que lleva su nombre. Según él éste era un dispositivo para medir el gasto de un fluido, es decir, la cantidad de flujo por unidad de tiempo, a partir de una diferencia de presión entre el lugar por donde entra la corriente y el punto, calibrable, de mínima sección del tubo, en donde su parte ancha final actúa como difusor.

Un Venturi es un dispositivo que clásicamente incorpora una simple convergencia y divergencia a través de una sección y usa los principios de Bernoulli para relacionar la velocidad con la presión del fluido. Este principio se basa en que cuando el gas o líquido está en movimiento, baja su presión y aumenta su velocidad.

Un tubo de Venturi es usado para medir la velocidad del flujo de un fluido. En la garganta el área es reducida de A_1 a A_2 y su velocidad se incrementa de V_1 a V_2 . En el punto 2, donde la velocidad es máxima, la presión es mínima (**Figura 2.5**). Esto se sabe con la ecuación de Bernoulli.

Este dispositivo se utiliza para medir el gasto de una tubería. Al escurrir el fluido de la tubería a la garganta, la velocidad aumenta notablemente y en consecuencia, la presión disminuye; el gasto transportado por la tubería en el caso de un flujo incompresible está en función de la lectura del manómetro.

Las presiones en la sección 1 y en la garganta (sección 2) son presiones reales, en tanto que las velocidades correspondientes obtenidas en la ecuación de Bernoulli sin un término de pérdidas, son velocidades teóricas. Si se consideran las pérdidas en la ecuación de la energía entonces se trata de velocidades reales. En lo sucesivo se obtendrá primero la velocidad teórica en la garganta al aplicar la ecuación de Bernoulli sin el término de pérdidas. Multiplicando este valor por el coeficiente C_v , se

determinará la velocidad real. Esta última, multiplicada por el área real de la garganta, permite obtener el gasto que fluye por la tubería para obtener resultados precisos, el tubo de Venturi debe estar precedido por una longitud recta de al menos diez veces el diámetro de la tubería.⁷

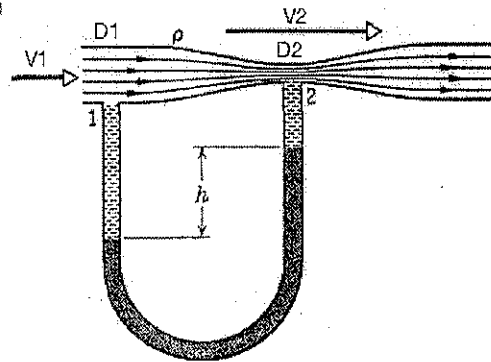


Figura 2.5 Diagrama de tubo Venturi.⁷

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + h = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho} \quad (2.4)$$

Donde V_1 , V_2 , P_1 y P_2 son las velocidades y presiones en las secciones 1 y 2 respectivamente. Esta ecuación incorpora la conservación de la energía para fluidos.

La ecuación de continuidad para flujo de fluidos se basa en que con ausencia de pérdida de masa, el flujo de fluido que entra en una región dada debe ser igual al que sale. Para flujo incompresible:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (2.5)$$

De la ecuación de Bernoulli y la de continuidad, se tiene:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g[h + (P_1 - P_2)/\rho]}{1 - (D_2/D_1)^4}} \quad (2.6)$$

Por otro lado, la diferencia manométrica h se puede relacionar con la diferencia de presiones al escribir la ecuación del manómetro. De este modo se obtiene una expresión para el gasto.

$$Q = C_v A_2 \sqrt{\frac{2gh(SG_0 / SG_1 - 1)}{1 - (D_2 / D_1)^4}} \quad (2.7)$$

Donde SG_0 es la densidad relativa del líquido en el manómetro y SG_1 es la del líquido a través de la tubería. Esta expresión constituye la ecuación del tubo de Venturi para flujo incompresible. El gasto depende de la diferencia manométrica h .

El coeficiente C_v se determina mediante un método de calibración experimental (número de Reynolds).

2.5 LA ECUACIÓN DE BERNOULLI¹¹

La ecuación de Bernoulli puede deducirse por integración de la ecuación de Euler, la que es aplicable únicamente a flujos no viscosos bajo la acción de distribuciones de fuerzas másicas conservativas, tal como las debidas a la acción de la gravedad sobre el fluido. Si escribimos la ecuación de Euler para un flujo permanente con el término convectivo en función del arco medido sobre una línea de corriente, se tiene:

$$-\frac{\nabla p}{\rho} - g\nabla z = V \frac{\nabla V}{\partial s} \quad (2.8)$$

Donde s , es la coordenada a lo largo de la línea de corriente. Multiplicando los dos miembros de la ecuación anterior escalarmente por el vector desplazamiento ds , a lo largo de la línea de corriente, se obtiene:

$$-\frac{\nabla P \cdot ds}{\rho} - g\nabla z \cdot ds = V \frac{\partial V}{\partial s} \cdot ds \quad (2.9)$$

El término $\nabla p \cdot ds$ es igual a dP , variación diferencial de la presión a lo largo de la línea de corriente, y $\nabla z \cdot ds$ se transforma en dz , cambio diferencial en la elevación a lo largo de la línea de corriente, mientras que el segundo miembro de la

ecuación puede escribirse en la forma $V(dV/ds) ds$, ya que V y ds son colineales donde se obtiene:

$$-\frac{dP}{\rho} - g dz = V \frac{\partial V}{\partial s} ds = V dV = d\left(\frac{V^2}{2}\right) \quad (2.10)$$

Suponiendo g constante e integrando a lo largo de una línea de corriente, se tiene:

$$\int_0^p \frac{dP}{\rho} + gz + \frac{V^2}{2} = \quad (2.11)$$

A esta ecuación se le llama frecuentemente "Forma Compresible de la Ecuación de Bernoulli". Si ρ se puede expresar como función de p , es decir, $\rho = \rho(p)$, el primer término de la expresión anterior es integrable. Los fluidos que tienen esta característica se llaman fluidos barotrópicos. Si el flujo es incompresible, se tiene:

$$\frac{P}{\rho} + gz + \frac{V^2}{2} = \text{Constante} \quad (2.12)$$

Es decir, esta ecuación indica que la suma de la llamada "Energía de Presión" (realmente trabajo del flujo) por unidad de masa, la energía potencial de posición por unidad de masa y, finalmente, la energía cinética por unidad de masa, se conservan a lo largo de una línea de corriente. Teóricamente, esta suma, llamada "Energía Mecánica Total", puede diferir de una línea de corriente a otra. No obstante, en muchos problemas, todas las líneas de corriente tienen prácticamente la misma energía mecánica total, lo que significa que la suma anterior puede igualarse para dos puntos cualquiera, sin tener en cuenta si están en la misma línea de corriente. Para tales flujos, entre dos puntos 1 y 2, se puede escribir:

$$\frac{P_1}{\rho} + gz_1 + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + gz_2 + \frac{V_2^2}{2} \quad (2.13)$$

Al multiplicar la ecuación 2.5 por $1/g$ y sustituir ρg por SG se obtiene:

$$\frac{P}{SG} + z + \frac{V}{2g} = \text{Constante} \quad (2.14)$$

Los términos de esta ecuación tienen dimensiones de longitud y se llaman "Alturas de presión, topográfica y de velocidad"¹, respectivamente. La ecuación aplicable entre dos puntos del flujo que relaciona las diversas alturas es:

$$\frac{P_1}{SG} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{SG} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (2.15)$$

En el Capítulo 4 se integrarán las ecuaciones para obtener un modelo del eyector a utilizar en la producción de aceite en pozos de baja presión.

CAPÍTULO

3

RESEÑA DE LA UTILIZACIÓN DE EYECTORES EN LA INDUSTRIA PETROLERA

3.1 INICIOS EN EL USO DE EYECTORES

El estudio de la utilización de eyectores en el campo de la industria petrolera, ha sido poco. El primer artículo sobre este tema titulado "Design and application of the gas jet ejector on marginal gas wells" se dio a conocer en la conferencia anual de la SPE, que tuvo lugar en Denver, EU, en octubre de 1965, presentado por G. W. Clanton⁴; en este artículo de número 1274, se discuten la teoría, diseño y aplicación de un eyector para uso en pozos de gas someros, se explica como la energía de un fluido motivador es capaz de ceder parte de esa energía para mover el gas de otro pozo con menor energía, se habla también de la prevención en la formación de hidratos debido a que parte de la energía cinética es convertida en calor y sobre los bajos costos de este método de compresión de gas natural donde la energía motriz está disponible.

El pozo donde se probarían los primeros eyectores para gas en la industria petrolera, era en West Cameron Block 193 Pozo B-4D, en 1963; era un pozo que estaba a punto de cerrarse debido a la baja presión del mismo; este pozo estaba localizado en una plataforma, pero en esta ocasión se suspendió el proyecto de eyectores porque pareció no ser una solución económica para elevar la producción del pozo ya que se tuvieron algunos problemas. Sin embargo, en diciembre de 1964,

se decidió llevar a cabo la instalación del eyector en ese pozo, lográndose incrementar la presión del pozo e incrementar la producción de gas, pero debido a la invasión de arena en el pozo el eyector debió ser movido a otra localización cinco meses después de su instalación.

Se concluye el artículo indicando las ventajas de utilizar un eyector en aplicaciones donde se requiera mantener una producción de un pozo que fluya aún a presiones menores que en la línea de descarga, y la viabilidad de los eyectores para ser utilizados como sistemas de compresión en instalaciones marinas de gas, debido a su tamaño compacto y sus bajos costos en comparación con equipos de compresión recíprocos.

3.2 VARIANTES EN EL USO DE EYECTORES

Posteriormente en 1973, C. Allen Bell y Charles D. Spisak¹¹, con su artículo "Unique hydraulic lift system" mostraron las variantes en el uso de los eyectores, proponiendo el uso de la bomba jet, mostrándolo como la combinación de un nuevo venturi, una bomba de fondo hidráulica y un sistema compacto de extracción de fluidos para pozos individuales. Se habla de que este sistema de bomba jet se encuentra relativamente libre de los efectos de altas relaciones gas aceite o de los sucios que se encuentren los fluidos de empuje, además de requerir bajo mantenimiento. Se indica también que en los campos en que se encontraban a prueba dichas bombas, excluyendo problemas de arranque, no se habían reportado otro tipo de problemas en 39 meses de servicio.

En el desarrollo del artículo se mencionan los principios de operación de la bomba jet, algunas de las configuraciones de las mismas, las pruebas realizadas y algunos de los resultados obtenidos, comparando estos con bombas de pistón y estudios de costos para la implementación de este sistema.

Como conclusiones de este artículo se decía que la bomba jet en el fondo del pozo era una nueva pieza de equipo, la cual era una opción aceptable de manera técnica y económica debido a las ventajas contra la bomba de pistón.

3.3 AVANCES EN LOS 90'S

Para la década de los 90's los estudios y avances en la utilización de eyectores en la industria petrolera llevaron a A. J. Green y a Kevin Ashton¹² a realizar su artículo llamado "Gas production improvements using ejectors", con número SPE 26684, presentado en septiembre de 1993, en el cual se retoma el punto de la caída de presión en la cabeza del pozo el cual reduce la productividad y el rendimiento económico del pozo y se habla de utilizar la energía de alta presión para por medio de eyectores incrementar la productividad del pozo.

En este caso se realizaron pruebas de laboratorio y en plataformas para optimizar el diseño de los eyectores para aplicaciones en plataformas, las cuales incluyeron pruebas con múltiples gargantas y condiciones de operación, logrando crearse un software el cual se validó con los resultados obtenidos de las pruebas. Para estas pruebas, los eyectores fueron instalados en dos plataformas en el campo de gas Hewett en el sector sur del Mar del Norte, con el auxilio de CALtec (parte operativa de gas y aceite del grupo BHR), las cuales resultaron exitosas al lograrse incrementos en la producción del gas en el rango de 15 a 25 MMPCD y quedando para el futuro nuevas pruebas e investigaciones para el uso de eyectores multifásicos.

Los objetivos iniciales de las pruebas fueron demostrar la factibilidad del uso de los eyectores para incrementar la producción de gas, desarrollar modelos teóricos para el desarrollo de flujo compresible a través de un eyector y su desempeño, comparar los desempeños de pruebas en plataformas contra los modelos teóricos resultantes, identificar métodos de mejora para el desempeño y flexibilidad de los eyectores y desarrollar un software de diseño de eyectores.

Como conclusiones a este trabajo se demostró que la mejora en la producción en pozos de gas se logra con la instalación de eyectores, los cuales son pequeños, tienen bajos costos y son fáciles de instalar; se vio la necesidad de instalar silenciadores o aisladores en los eyectores ya que se generan sonidos de más de 100dB, se diseñó el software, se escribió y se validó, y se propone continuar

con los trabajos sobre los eyectores para confirmar los resultados, optimizar los sistemas y realizar futuros desarrollos.

3.4 ESTUDIOS RECIENTES

Los estudios más recientes llevados a cabo en el campo de los eyectores y su aplicación en la industria petrolera son los realizados por investigadores italianos con el apoyo de la compañía CALtec y la Universidad de Ancona.

Marco Villa, Giambatista De Ghetto, Francesco Paone, Giancarlo Giacchetta y Mauricio Bevilacqua³ presentaron en 1997 el artículo SPE 59091 titulado "Ejectors for boosting low-pressure oil wells" en el que se muestran los resultados de pruebas aplicadas en campo petrolero de Villafortuna en Italia en 1996 en el que lograron incrementar la producción en un 30% y demostraron la viabilidad de este sistema confiable, de bajo costo y tamaño que tiene un mínimo impacto en las instalaciones existentes y es válido para aplicaciones en pozos existentes o en nuevos desarrollos dentro y fuera del mar.

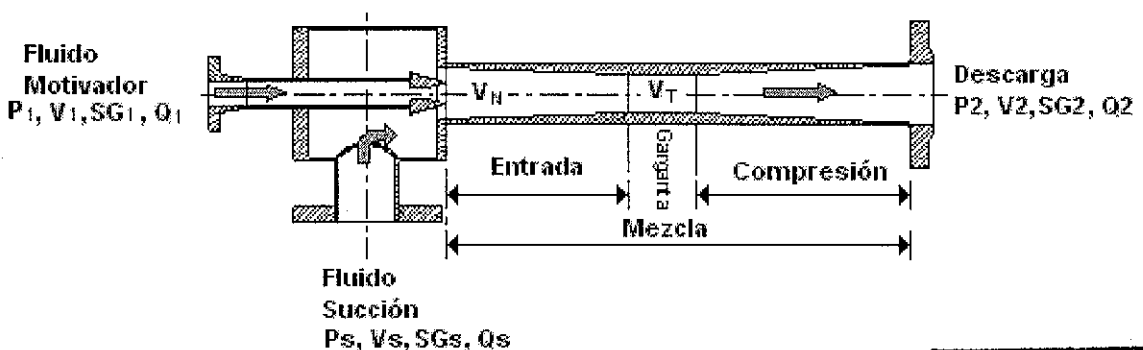
El proyecto estuvo desarrollado en dos etapas principales, en las pruebas de laboratorio y obtención de resultados y en las de campo y la validación de los resultados. Aquí se trató de ver el comportamiento de los eyectores multifásicos-multifásicos a diferencia de los estudios anteriores donde se analizaban los eyectores gas-gas.

Se muestran los diagramas de instalación de los eyectores y algunos de los resultados obtenidos, así como fotografías de las instalaciones donde se realizaron las pruebas.

Como conclusiones, se habla de un sistema de cómputo realizado por ellos el cual tuvo resultados bastante buenos, con un error no mayor al 10% de lo obtenido en las pruebas de campo y se vuelve a hacer mención a la viabilidad de la instalación de eyectores en la industria petrolera para incrementar la producción, siendo esto una inversión de bajo costo sin afectar en gran medida a las instalaciones existentes, además de no requerir mantenimiento por no contar con partes móviles.

**DESARROLLO DE
UN MODELO
MATEMÁTICO****4.1 PLANTEAMIENTO**

Es necesario definir las variables involucradas para poder generar una ecuación que describa la geometría del eyector a utilizar; como se planteó en el capítulo anterior, la teoría del eyector se basa en la ecuación de Bernoulli, la presión estática a la entrada de la boquilla es convertida en energía cinética para permitir al fluido pasar libremente a través de una boquilla convergente. El flujo resultante de alta velocidad hace que el fluido a succionar entre en la cámara de succión, mezclando los fluidos a una velocidad intermedia. La sección del difusor convierte la velocidad en presión estática en la descarga del eyector. En la **Figura 4.1** se muestran los principales parámetros de cálculo y partes de la geometría de un eyector.

Figura 4.1 Esquema del eyector. ¹**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.2 DESARROLLO DE ECUACIONES PARA GASTOS

La ecuación de Bernoulli se puede escribir de la siguiente manera para el fluido motivador a través de la boquilla de un eyector:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_s}{\rho_1} + \frac{V_N^2}{2g} \quad (4.1)$$

Donde: P_1 = presión estática corriente arriba [lb/pg²]
 P_s = presión estática en la succión [lb/pg²]
 V_1 = velocidad corriente arriba de la boquilla [pie/seg]
 V_N = velocidad en el orificio de la boquilla [pie/seg]
 ρ_1 = densidad del fluido motivador [lb/pie³]

Corriente arriba de la boquilla, toda la energía se considera como carga estática por lo que la velocidad V_1 se vuelve muy pequeña comparada con la velocidad que adquiere el fluido en el orificio y puede ser despreciada de lo que resulta de la ecuación 4.1:

$$\frac{V_N^2}{2g} = \frac{P_1 - P_s}{\rho_1} \quad (4.2)$$

Este término es llamado carga de operación¹.

A través del difusor, el mismo principio aplica para la mezcla de fluidos excepto que el efecto es el inverso que en la boquilla, es decir:

$$\frac{P_s}{\rho_2} + \frac{V_T^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (4.3)$$

Donde: P_s = presión estática en la succión [lb/pg²]
 P_2 = presión estática en la descarga [lb/pg²]
 V_T = velocidad en la garganta del difusor [pie/seg]
 V_2 = velocidad corriente abajo [pie/seg]
 ρ_2 = densidad de la mezcla de fluidos [lb/pie³]
 g = aceleración de la gravedad [pie/seg²]

En la descarga se supone que toda la velocidad ha sido convertida a carga estática, por lo que de la misma manera que anteriormente la $V_2=0$ y:

$$\frac{V_T^2}{2g} = \frac{P_2 - P_s}{\rho_2} \quad (4.4)$$

Este término es llamado carga de salida. La relación de carga R_H se define como la relación entre la carga de operación y la carga de salida y se expresa como sigue:

$$R_H = \frac{V_N^2/2g}{V_T^2/2g} = \frac{V_N^2}{V_T^2} = \frac{(P_1 - P_s)/\rho_1}{(P_2 - P_s)/\rho_2} = \frac{(P_1 - P_s)\rho_2}{(P_2 - P_s)\rho_1} \quad (4.5)$$

Utilizando la densidad relativa en lugar de la absoluta se tiene:

$$R_H = \frac{(P_1 - P_s)SG_2}{(P_2 - P_s)SG_1} \quad (4.6)$$

Por otro lado, las condiciones de entrada están definidas por las ecuaciones básicas de momentum:

$$M_1 V_N + M_s F_s = (M_1 + M_s) V_T \quad (4.7)$$

Donde: M_1 = Masa del fluido motivador [slugs]
 M_s = Masa del fluido a succionar [slugs]
 V_N = Velocidad en la descarga de la boquilla [pie/seg]
 V_s = Velocidad de entrada en la succión [pie/seg]
 V_T = Velocidad en la garganta del difusor [pie/seg]

La velocidad de aproximación en la entrada de la succión es cero entonces, reagrupando los términos se tiene:

$$M_s = M_1 \left(\frac{V_N}{V_T} - 1 \right) \quad (4.8)$$

Y se realiza la relación de masas para obtener el término llamado relación de pesos de operación¹:

$$R_w = \frac{M_s}{M_1} = \frac{V_N}{V_T} - 1 \quad (4.9)$$

Hay que notar que anteriormente se definió el término $\frac{V_N^2}{V_T^2}$ como relación de carga R_H , el cual se sustituye para obtener:

$$R_w = \sqrt{R_H} - 1 \quad (4.10)$$

De donde la relación de volúmenes R_q es simplemente:

$$R_q = \frac{Q_s}{Q_1} = R_w \frac{SG_1}{SG_2} \quad (4.11)$$

Donde: Q_s = Flujo de succión en unidades volumétricas
 Q_1 = Flujo motivador en unidades volumétricas

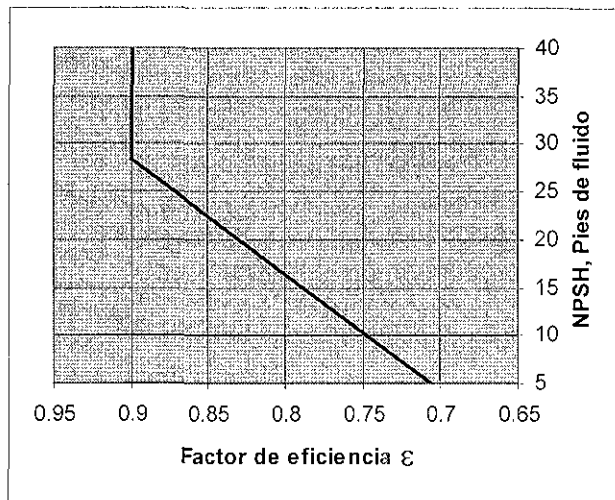
4.3 EFICIENCIA EN EL SISTEMA

El desempeño máximo teórico de los eyectores se calcula con las ecuaciones definidas anteriormente, pero en la realidad existen pérdidas de energía asociadas a la mezcla de los dos fluidos y las pérdidas por fricción en el difusor, dichas pérdidas son contabilizadas por medio de un factor empírico para reducir el desempeño máximo.

El NPSH (net positive suction head) es la carga disponible al centro del eyector para mover y acelerar el fluido a succionar que entra al eyector a través de la cámara de mezclado, como se aprecia en la siguiente ecuación.

$$NPSH = P_{atm} - P_{suc} - P_v \quad (4.12)$$

En la **Figura 4.2.** se muestra la variación de la eficiencia contra el NPSH y para un pozo de aceite fluyente se puede concluir que su eficiencia es de 0.9 ya que el NPSH es mayor a 30 pies.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 4.2 NPSH contra el factor de eficiencia (Schutte and Koerting Co).¹

El factor de eficiencia se introduce en la ecuación de R_w de la siguiente manera.

$$R_w = \varepsilon \sqrt{R_H} - 1 \quad (4.13)$$

4.4 DESARROLLO DE ECUACIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑO

Las ecuaciones anteriores son usadas para calcular la cantidad de fluido motivador requerido o la presión a utilizar. Los diámetros de la boquilla y del difusor se calculan a partir de la ecuación siguiente:

$$Q = wAV \quad (4.14)$$

Utilizando valores adecuados de coeficientes de entrada de boquilla y difusor, el principal problema en el diseño es definir las dimensiones y proporciones de la cámara de mezclado, la distancia entre la boquilla y el difusor y la longitud del difusor. Los diseños de eyectores están basados en teoría y en constantes empíricas de forma y longitud.

El incremento de la viscosidad de cualquiera de los dos fluidos a mezclar aumenta las pérdidas por fricción y momentum, lo cual reduce el factor de eficiencia, (**Figura 4.3**). Debajo de 20 cp el efecto es mínimo, arriba de este valor las pérdidas en el desempeño son más notables y se utilizan datos empíricos o pruebas de laboratorio para determinar los parámetros geométricos.

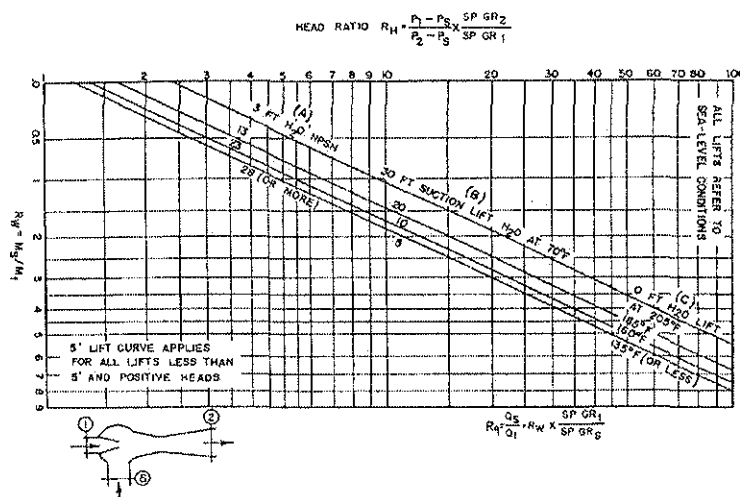


Figura 4.3 Relaciones estimadas de operación, eyectores. (Schutte and Koerting Co).¹

Para la relación de operación R_w contra la relación de cargas R_H , se dispone de la **Figura 4.4** en la que se muestran varias condiciones de levantamiento y en ella se ha considerado el factor de eficiencia.

El tamaño final del eyector es determinado por las líneas de descarga y está basado en las velocidades normales de la tubería (3 a 10 pie/s) y las gráficas de la **Figura 4.4** son utilizadas para estimar el tamaño del eyector.

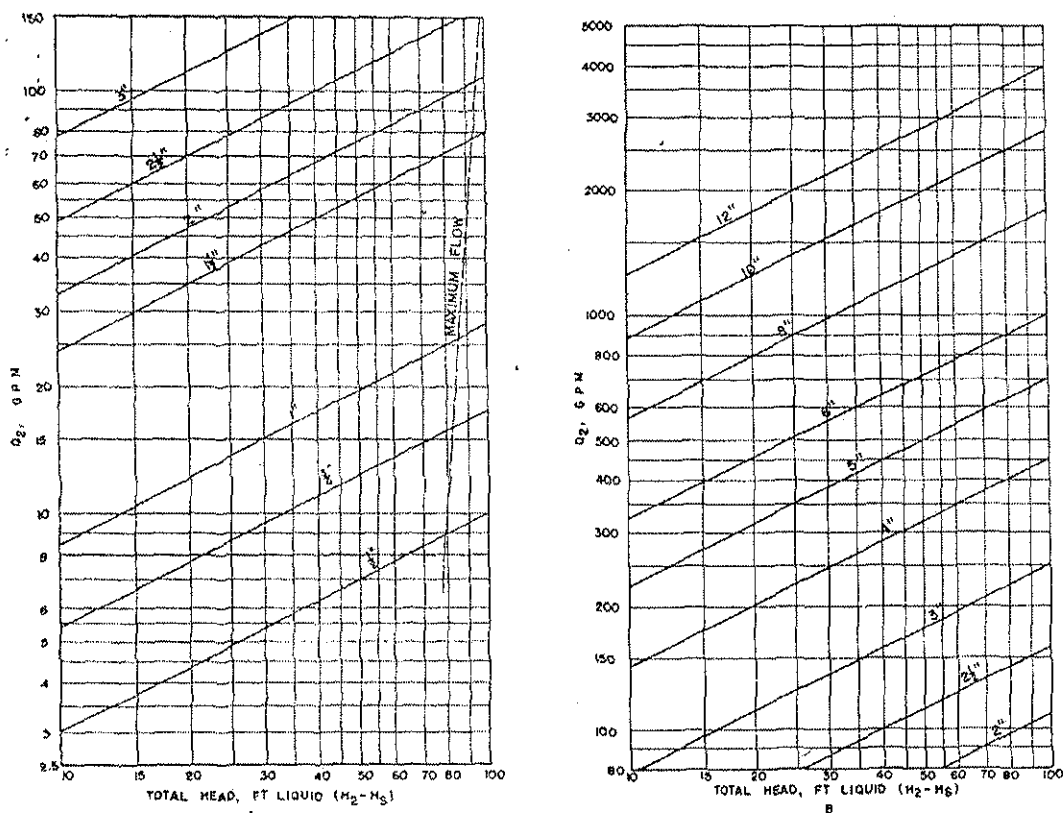


Figura 4.4 Curvas de diseño de eyectores. (Schutte and Koerting Co).¹

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.4.1 CÁLCULOS PARA EL COMPORTAMIENTO MULTIFÁSICO DEL POZO DE BAJA PRESIÓN.

Es necesario observar que el pozo de baja presión tendrá colocado el eyector directamente a su línea de descarga, lo que causará que el flujo contenga una parte gaseosa y una parte líquida; para realizar cálculos en este tipo de flujo, se requiere de una correlación de flujo multifásico para pozos verticales; para la realización de

esta tesis se eligió la correlación de Beggs y Brill que es una de las correlaciones desarrolladas para calcular la distribución de presiones en tuberías con flujo multifásico, a partir de pruebas de laboratorio. Se eligió esta correlación debido a que se ha comprobado que permite predecir con bastante exactitud las caídas de presión en tuberías verticales con flujo simultaneo de aceite, gas y agua¹³.

La ecuación general es:

$$\frac{dp}{dL} = \frac{1}{144} \left[\frac{\frac{g \sin \theta \bar{\rho}_m}{g_c} + \frac{f_{tp} \rho_{ns} V_m^2}{5.362d}}{1 - \frac{V_m V_{sg} \bar{\rho}_m}{144 g_c \bar{P}}} \right] \quad (4.15)$$

El procedimiento para la solución de esta ecuación es el siguiente¹³:

- A partir de una presión y longitud dadas, fijar una ΔP y obtener:

$$P_2 = P_1 + \Delta P \quad y \quad \bar{P} = P_1 + \frac{\Delta P}{2} \quad (4.16)$$

- Calcular para las condiciones medias del intervalo (\bar{P} y \bar{T}), las propiedades de los fluidos siguientes: Relación de solubilidad del gas, densidad relativa del gas disuelto, factor de volumen del aceite, densidad relativa del gas libre, factor de compresibilidad, densidad del gas y densidad del aceite ($R_s, \gamma_{gd}, B_o, \gamma_{gf}, Z, B_g, \rho_g, \rho_o$); todo lo anterior con alguna de las correlaciones más conocidas que pueden ser las de Lassater, Vázquez o Standing¹³.
- Para las condiciones medias anteriores, determinar el valor de la densidad de la mezcla sin resbalamiento (ρ_{ns}):

$$\rho_{ns} = \rho_l \lambda + \rho_g (1 - \lambda) \quad (4.17)$$

Donde ρ_l es la densidad del aceite y ρ_g la del gas y el colgamiento sin resbalamiento (λ) se calcula con la con la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{q_o(R - R_s)B_g}{5.615(q_o B_o + q_w B_w)}} \quad (4.18)$$

- Calcular la velocidad superficial del líquido, la del gas y la velocidad de la mezcla (V_{sl} , V_{sg} , V_m) con las siguientes ecuaciones:

$$V_{sl} = \frac{0.01191(q_o B_o + q_w B_w)}{d^2} \quad (4.19)$$

$$V_{sg} = \frac{0.002122q_o(R - R_s)B_g}{d^2} \quad (4.20)$$

$$V_m = V_{sl} + V_{sg} \quad (4.21)$$

- Determinar el colgamiento que existirá con la siguiente ecuación:

$$Y_L = \frac{1.065\lambda^{0.5824}}{N_{Fr}^{0.0609}} \quad (4.22)$$

Donde el número de Froude se calcula:

$$N_{Fr} = 7734.9 \frac{W_m^2}{\rho_{ns} d^5} \quad (4.23)$$

Donde W_m es el gasto másico de la mezcla.

- Calcular la densidad real de la mezcla ($\overline{\rho_m}$) con:

$$\overline{\rho_m} = \rho_l Y_L + \rho_g (1 - Y_L) \quad (4.24)$$

- Determinar la viscosidad de la mezcla y el número de Reynolds (μ_{ns} y N_{Re}) a partir de las siguientes ecuaciones, donde d es el diámetro de la tubería de producción:

$$\mu_{ns} = \mu_l \lambda + \mu_g (1 - \lambda) \quad (4.25)$$

$$N_{Re} = \frac{124 d V_m \rho_{ns}}{\mu_{ns}} \quad (4.26)$$

- Calcular el factor de fricción del diagrama de Moody para tuberías lisas y el factor de fricción para las dos fases (f_n y f_{tp})

$$f_n = \left[2 \log \left(\frac{N_{Re}}{4.5223 \log N_{Re}^{-3.8215}} \right) \right]^{-2} \quad (4.27)$$

$$x = \frac{\lambda}{Y_L^2} \quad (4.28)$$

$$S = \frac{\ln x}{-0.0523 + 3.182 \ln x - 0.8725(\ln x)^2 + 0.01853(\ln x)^4} \quad (4.29)$$

$$\frac{f_{tp}}{f_n} = e^S \quad (4.30)$$

$$f_{tp} = \left(\frac{f_{tp}}{f_n} \right) f_n \quad (4.31)$$

- Obtener el término por aceleración (E_k)

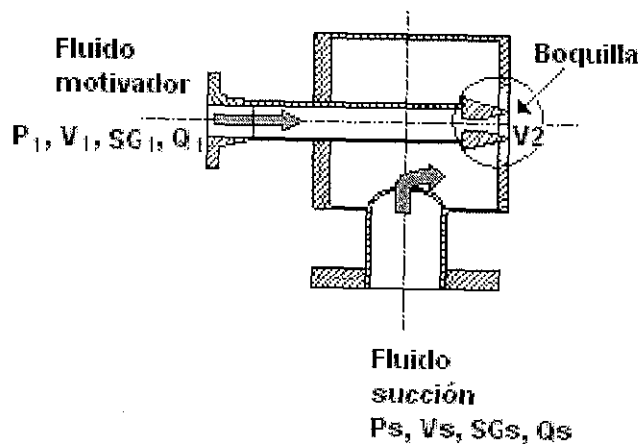
$$E_k = \frac{V_m V_{sg} \bar{\rho}_m}{144 g_c \bar{P}} \quad (4.32)$$

- Aplicar la ecuación 4.15 y determinar ΔL
- Repetir el procedimiento hasta completar la profundidad total del pozo.

Este procedimiento se deberá aplicar una vez con los datos iniciales que se tienen y encontrar la caída de presión del fondo del pozo a la cabeza; posteriormente después de encontrar la caída de presión a través de la boquilla, se procederá a realizar este mismo procedimiento cambiando ahora la presión de la cabeza por la nueva presión que será la diferencia de la presión inicial menos la caída de presión calculada. Para encontrar una nueva caída de presión del pozo con la diferencia de estas dos presiones, se calcula el gasto adicional que aportará el pozo de menor presión tanto en aceite como en gas, al multiplicarlo por el índice de productividad.

4.4.2 DISEÑO DE LA BOQUILLA

Como ya se mencionó, la boquilla (**Figura 4.5**) es la parte del eyector que sirve para aumentar la velocidad del fluido motivador hasta volverlo supersónico, esto con la finalidad de crear una presión de succión en la cámara de mezclado y permitir que el fluido a succionar no encuentre resistencia y fluya hacia el eyector; los datos a utilizar para realizar el diseño de la boquilla son la presión y flujo tanto del fluido motivador como del fluido a succionar, los tamaños de los ductos de descarga de ambos pozos y la densidad de cada uno de los fluidos. Los datos a obtener en este diseño son la presión y velocidad de salida del fluido motivador, el área de sección transversal de la boquilla o su diámetro.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.5 Esquema del eyector mostrando la boquilla y partes relacionadas

El método de cálculo es el siguiente:

- Conociendo las presiones del fluido motivador y del fluido a succionar, así como la densidad del fluido motivador, se utiliza la ecuación 4.2 derivada de la ecuación de Bernoulli, que sirve para calcular la carga de operación y se despeja V_N que es la velocidad del fluido en la boquilla, quedando de la siguiente manera:

$$V_N = 2g \sqrt{\frac{P_1 - P_s}{\rho_1}} \quad (4.33)$$

- Posteriormente, se calcula el área de la sección transversal por la cual pasa el fluido, con la siguiente ecuación:

$$A_d = \frac{W_1}{V_N \rho_1} \quad (4.34)$$

De la cual se despeja el diámetro de descarga de la boquilla de la ecuación de área de un círculo:

$$d_d = 2 * \sqrt{\frac{A_d}{\pi}} \quad (4.35)$$

- Como siguiente punto, el diámetro de la garganta de la boquilla se calcula a partir del flujo de entrada a la misma y se toma un coeficiente de descarga de 0.97 para calcularse despejando la ecuación siguiente¹:

$$W_1 = 865.8 d_n^2 \sqrt{P_1 \rho_1} \quad (4.36)$$

- Obtener el diámetro de entrada con la siguiente ecuación:

$$d_e = \sqrt{\frac{W_1}{865.8 \sqrt{P_1 \rho_1}}} \quad (4.37)$$

- Posteriormente, encontrar la longitud de la boquilla que está dada por la ecuación siguiente, donde θ puede tomar valores desde 7° hasta 10°:

$$L = \frac{D_s - D_i}{2 \operatorname{Tg} \frac{\theta}{2}} \quad (4.38)$$

- Para el cálculo de la caída de presión en la boquilla se vuelve a utilizar la ecuación de Bernoulli, despejada de la siguiente manera:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho \left[\left(\frac{d_d}{d_e} \right)^4 - 1 \right]^2 * \frac{W_1}{\left(\frac{\pi * d_d^2}{4} \right)^2} \quad (4.39)$$

A continuación se pueden observar a detalle las dimensiones que se obtienen con las ecuaciones anteriores para la boquilla del eyector (**Figura 4.6**).

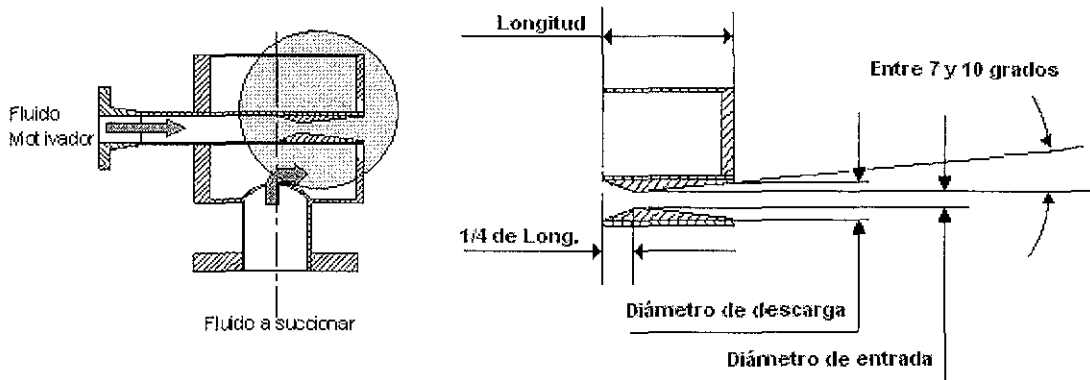


Figura 4.6 Dimensiones de la boquilla del eyector.

4.4.3 DISEÑO DEL DIFUSOR

El difusor (**Figura 4.7**) es la sección que incrementa la presión de la mezcla y disminuye su velocidad, el cálculo de esta sección se logra utilizando nuevamente la ecuación de Bernoulli y teniendo como datos de entrada la velocidad, presión y diámetro de descarga (algunos datos obtenidos de los cálculos de la boquilla del eyector), obteniéndose en este punto la presión de descarga, longitud y gasto de salida del eyector.

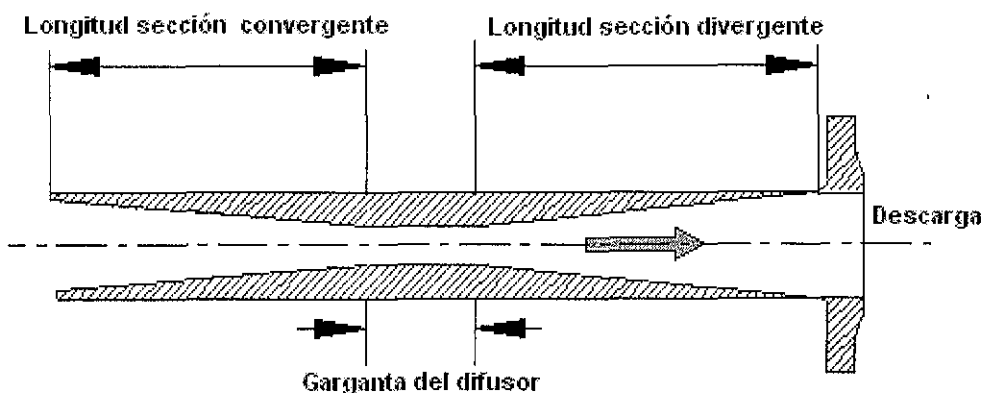


Figura 4.7 Esquema del eyector mostrando la sección del difusor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el diseño del difusor, de igual manera que en el diseño de la boquilla del eyector, se tiene la siguiente metodología:

- Conociendo las presiones de los fluidos y la velocidad en la descarga de la boquilla, se utiliza la ecuación 4.4 derivada de la ecuación de Bernoulli, que sirve para calcular la carga de salida, se despeja V_T que es la velocidad del fluido en la garganta del difusor, con la cual se obtendrá el diámetro de la misma:

$$V_T = 2g \sqrt{\frac{P_2 - P_s}{W_2}} \quad (4.40)$$

- Posteriormente se calcula el área de la sección transversal de la garganta por la cual pasa el fluido, con la siguiente ecuación:

$$A_T = \frac{W_2}{V_T \rho_2} \quad (4.41)$$

De la que se despeja el diámetro de la garganta por medio de la fórmula del área de un círculo:

$$d_T = 2 * \sqrt{\frac{A_T}{\pi}} \quad (4.42)$$

- Para el cálculo de la longitud de la sección de diámetro constante, los datos empíricos sugieren que deberá ser de dos a cuatro veces el diámetro de la garganta.
- El ángulo de entrada será de 2° a 20° y el ángulo de divergencia de la sección de descarga será de 3° a 10° . Para el cálculo de las longitudes de las secciones convergente y divergente se usan las siguientes ecuaciones:

$$L_C = \frac{8D_T - D_T}{Tg\theta} \quad (4.43)$$

$$L_D = \frac{D_{tuberia} - D_T}{Tg\theta} \quad (4.44)$$

En la **Figura 4.8** se observan a detalle las dimensiones que se obtienen con las ecuaciones mostradas en este apartado y la localización de los ángulos mencionados. En el capítulo de análisis de resultados se definirá cuál es el mejor ángulo a utilizar para el diseño de un eyector.

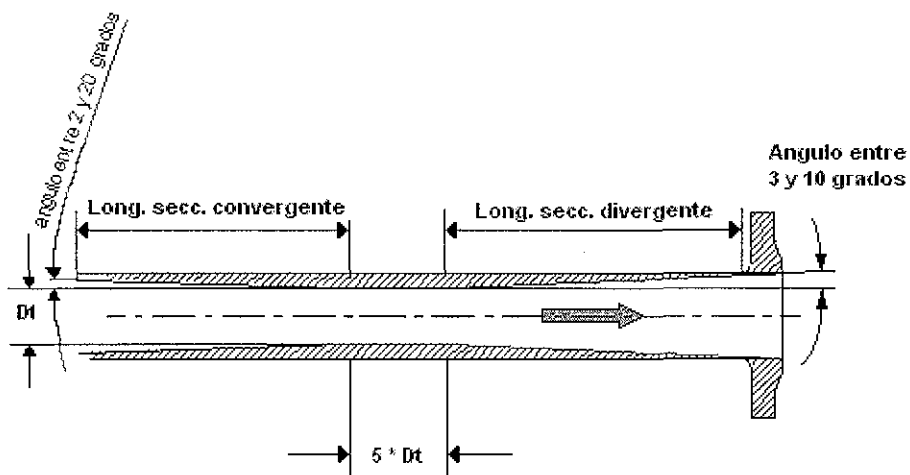


Figura 4.8 Detalle de dimensiones del difusor.

4.4.4 CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

Para terminar con el diseño del eyector, se requieren algunos datos complementarios como son el cálculo de la relación de peso de operación R_w ecuación 4.2.10 y de la carga de descarga R_H definida en la ecuación 4.2.5 y que se calcula de la siguiente manera:

$$R_w = \frac{V_N}{V_T} - 1 = \sqrt{R_H} - 1 \quad (4.45)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se deberá calcular la relación de volúmenes R_q del eyector utilizando la ecuación 4.11 y se corregirá con el factor de eficiencia de la **Figura 4.2**, que para el caso de eyectores instalados en pozos de aceite fluyentes es de 0.9.

$$Q_s = Q_1 R_w \frac{SG_1}{SG_2} \quad (4.46)$$

4.5 CARACTERÍSTICAS DEL DESEMPEÑO

El desempeño en los eyectores se puede observar en la **Figura 4.9**, en la que se nota la caída en la capacidad debajo del punto de diseño, por lo que los eyectores no son diseñados hasta la eficiencia pico; esto ofrece una ventaja ya que se tiene un rango de desempeño con bajas eficiencias en lugar de un rendimiento pico pero con un rango muy limitado.

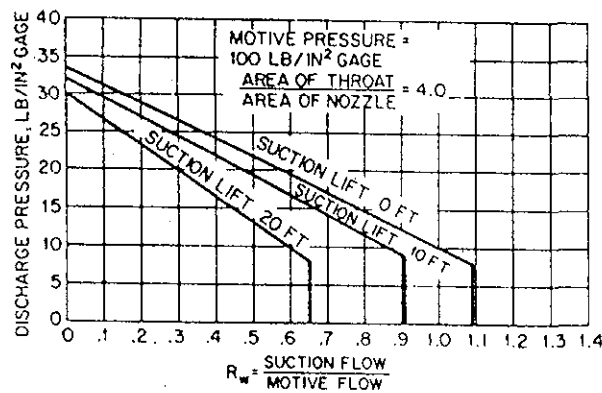


Figura 4.9 Curvas de desempeño característico de un eyector.¹

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO

5

PROGRAMACIÓN DEL MODELO

Para diseñar un eyector o calcular las condiciones a las que debe operar, se desarrolló el programa de cómputo denominado "EYECTOR-1". El programa fue realizado en Visual BasicTM Versión 6 y el listado completo se anexa en el Apéndice B.

5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

En la **Figura 5.1** se muestra el diagrama de flujo simplificado, ilustrando las opciones disponibles para el uso del programa "EYECTOR-1".

5.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DISEÑO DE UN EYECTOR

En la **Figura 5.2** se muestra el diagrama de flujo que se utiliza como base para diseñar un eyector. En éste se observan las operaciones y el orden en que se deben de realizar. Este diagrama es puramente ilustrativo, ya que los bloques se muestran como "cajas negras", es decir que los procedimientos de cálculo no están descritos totalmente en el diagrama; sin embargo en el Capítulo 4 se describen todas las ecuaciones que lo componen y que se programaron de manera detallada para la solución del modelo que describe la geometría de los eyectores. En cuanto a los símbolos de los diagramas de flujo, se pueden consultar en el *Apéndice A* donde se explica brevemente su significado.

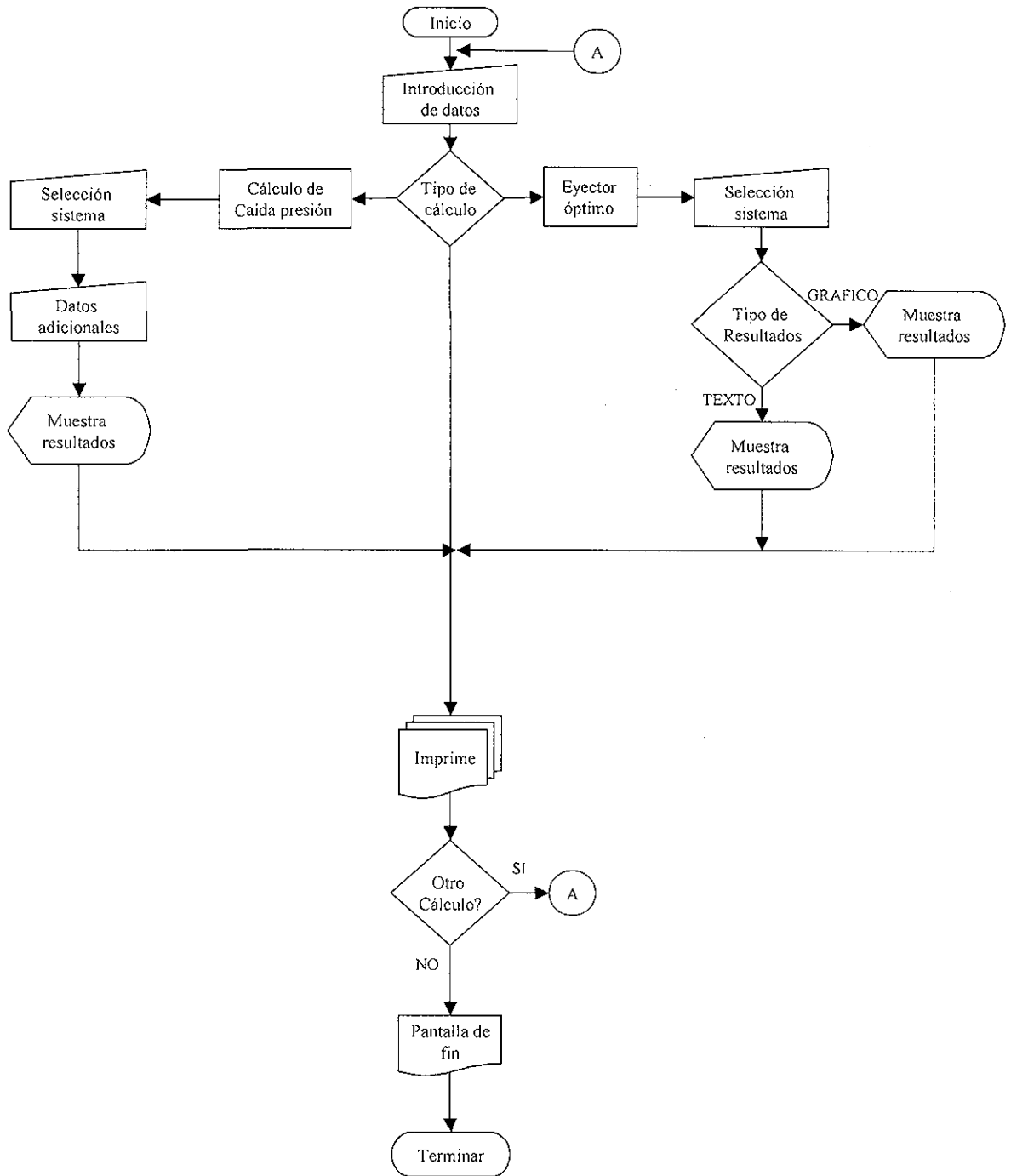
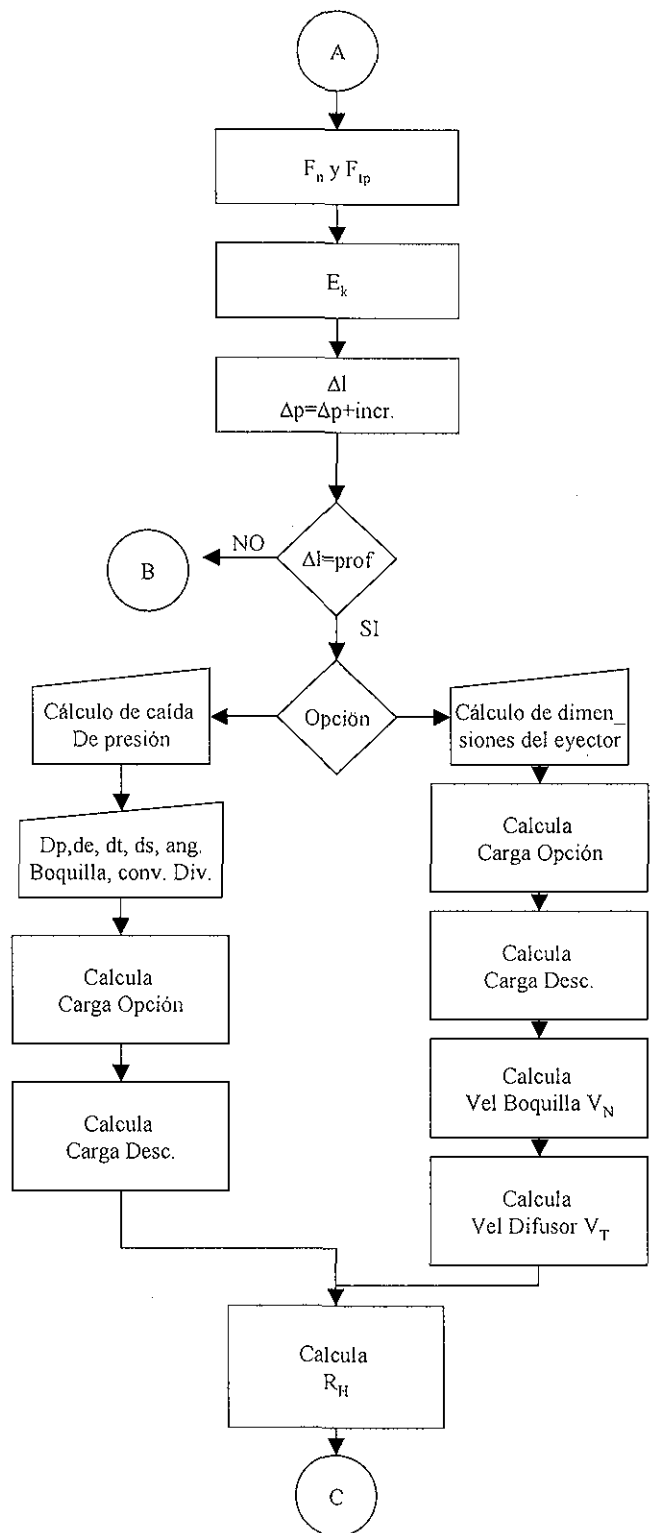
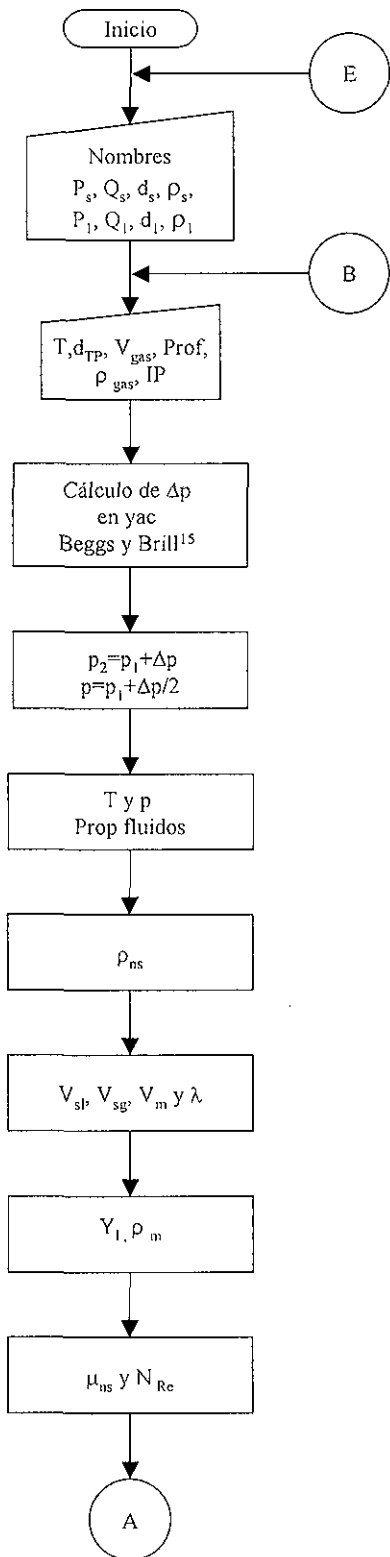


Figura 5.1 Diagrama de flujo con opciones de uso del programa.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



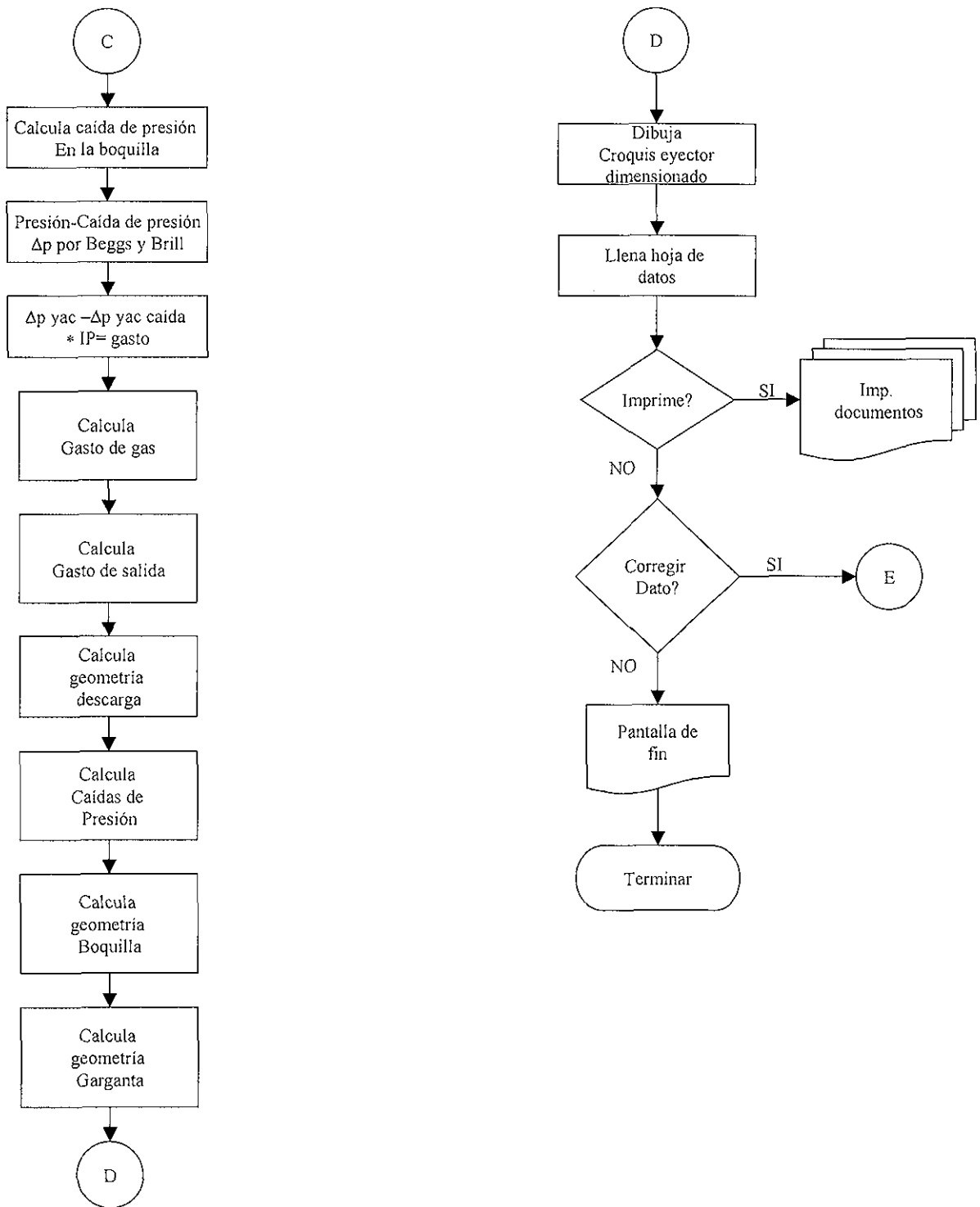


Figura 5.2 Diagrama de flujo para diseño de eyectores.

5.3 INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL PROGRAMA

En esta sección se explica detalladamente como se debe utilizar el programa de cómputo para obtener los resultados deseados y solucionar problemas al momento de ejecutarlo.

El programa de cómputo, como ya se mencionó está realizado en Visual Basic™ versión 6 (*Apéndice B*), lo anterior para proporcionar un ambiente más amigable al usuario, ya que se programó utilizando ventanas de fácil comprensión y acceso, colocando todas las validaciones posibles para evitar la introducción de datos erróneos o dejar campos vacíos, posteriormente se mostrarán las ventanas de ayuda para corregir errores que puedan aparecer y su causa.

En los siguientes apartados se describe cómo funciona el programa y cómo se debe utilizar.

5.3.1 INSTALACIÓN DEL PROGRAMA

El programa de instalación se encuentra dentro del CD nombrado "Eyectores" incluido en la contraportada de esta tesis; por medio del explorador de Windows se deberá localizar el directorio D:\Instalación, dentro de este directorio se encuentra el archivo "setup.exe" sobre el cual se deberá pulsar dos veces, con esta acción se abrirá un programa que automáticamente instalará el programa con los componentes necesarios en la dirección que se seleccione y lo guiará a través del resto de la instalación, no es necesario tener instalado Visual Basic™ en su computadora.

5.3.2 INICIO DEL PROGRAMA

Una vez instalado el programa, se localizará el archivo llamado "eyectores.exe" dentro del directorio que se seleccionó previamente en la instalación; en caso de no encontrarlo puede realizarse una búsqueda por medio del explorador de Windows, una vez localizado el archivo, se iniciará pulsando dos veces sobre él, o posicionándose sobre él y oprimiendo la tecla "Enter", con lo que se mostrará la pantalla de inicio del

programa (**Figura 5.3**), la que se borrará automáticamente después de unos segundos y se presentará la pantalla de introducción de datos.

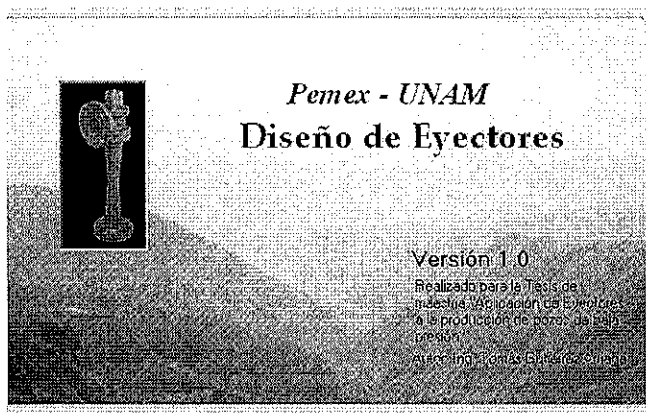


Figura 5.3 Pantalla de inicio del programa.

5.3.3 MANEJO DEL PROGRAMA

La introducción de los datos se realizará básicamente en las primeras pantallas, en donde se solicitan los datos de los pozos seleccionados para evaluar la factibilidad técnica de instalar un eyector (**Figura 5.4**), en esta misma pantalla se muestra un resumen de lo que es un eyector y su principio de funcionamiento.

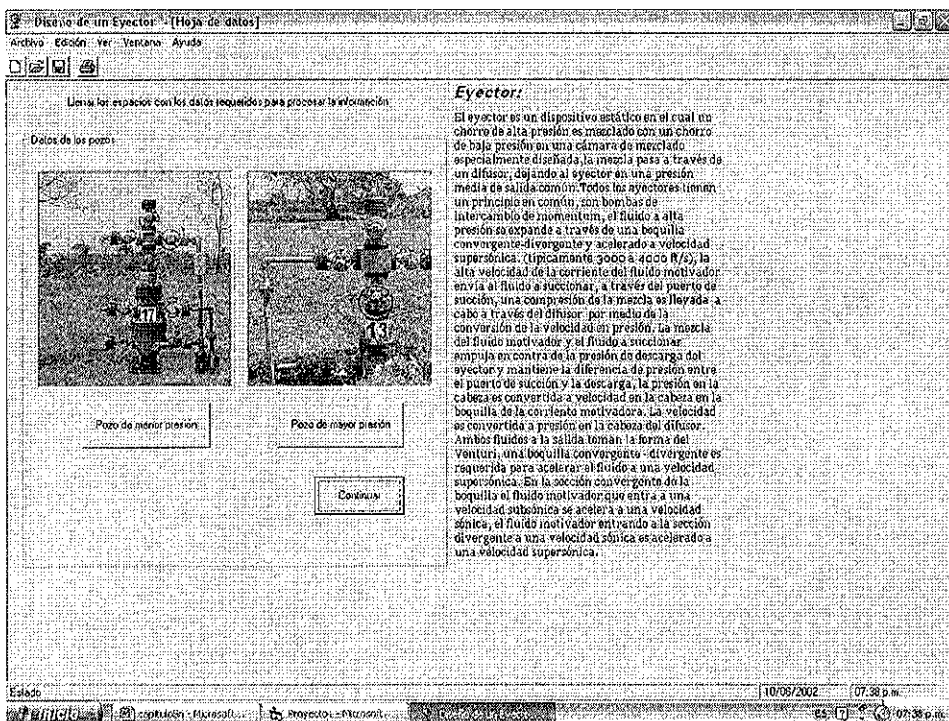


Figura 5.4 Pantalla de selección de pozo.

Para introducir los datos deberá pulsarse cada uno de los botones nombrados “Pozo de menor presión” y “Pozo de mayor presión” e introducir los datos requeridos para cada uno de ellos (**Figura 5.5**). El nombre del pozo es opcional, ya que de no ser introducido, el programa le llamará Pozo 1 o Pozo 2 según sea el caso. Con relación a la presión a la que descarga el volumen de aceite que produce, el diámetro de la línea de descarga y la densidad del aceite, cada uno de estos datos puede ser introducido en varias unidades que se han programado para dar facilidad al usuario ya que generalmente no se cuenta con los datos en el mismo sistema de unidades.

Los datos requeridos para el pozo de menor presión son los siguientes:

Datos:

Descripción	Valor	Unidades
Nombre del pozo:	magallanes	
Presión de descarga *	478	Psi
Volumen de aceite producido *	40	bpd
Diámetro de línea de descarga *	2	pulg

Que datos de densidad son los disponibles?

Densidad en lb/pe³
 Densidad en °API
 Densidad relativa

0.8017

Los campos marcados con * son obligatorios

Continuar

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 5.5 Pantalla de introducción de datos.

Otra facilidad con la que se cuenta, es que la densidad puede ser introducida en lb/pe³, en grados API o como densidad relativa; independientemente de la unidad utilizada, se mostrará en la casilla transformada en densidad relativa.

Después de escribir el nombre del pozo puede recorrer los tres siguientes campos con la tecla “Enter”, e ir introduciendo los datos requeridos, posteriormente se deberán seleccionar las unidades de cada uno de los datos, esto se logra posicionando el

puntero del ratón sobre la casilla con la flecha y pulsando sobre ella, en la que se desplegará una lista de las unidades disponibles: al finalizar la captura deberá pulsarse sobre el botón nombrado “Continuar”. Al terminar con el pozo de baja presión se deberán capturar algunos datos para realizar el cálculo de flujo multifásico (**Figura 5.6**), ya que ese pozo contiene fase líquida y gaseosa. En esta parte se solicitan datos de temperatura, diámetro de tubería de producción, viscosidades y densidad del gas. Al igual que en la pantalla anterior, existen varias unidades en las cuales puede ser introducido el dato, al concluir con el llenado de esta pantalla se presionará el botón “Continuar” y se procederá a capturar los datos del otro pozo de igual manera que la primera pantalla.

The screenshot shows a window titled "Cálculo multifásico" with a subtitle "Datos requeridos para el cálculo multifásico del volumen a manejar". It contains several input fields with numerical values and dropdown menus for units:

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura en superficie	160	F
Diámetro de TP	5	pulg
Viscosidad Aceite	20	cp
Viscosidad gas	0.001	cp
Volumen gas	250000	pcd
Profundidad del pozo	5000	pies
Densidad del gas	20	lb/pie ³

At the bottom right of the window is a button labeled "Continuar".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5.6 Pantalla de datos para cálculo de flujo multifásico del pozo de baja presión

Al finalizar la captura, es posible guardar los datos para una consulta posterior; esto se logra desde la barra de herramientas pulsando el ícono en forma de disco o desde la barra de menús en el menú “archivo” y al desplegarse la lista elegir “Guardar” o “Guardar como...” o por medio del teclado combinando las teclas Alt+a y posteriormente “g”, se muestra la pantalla de guardar de Windows y se utiliza de la misma manera donde se dará la localización para el archivo, (**Figura 5.7**). Para

terminar con la introducción de datos se deberá pulsar el botón “continuar” para pasar a la siguiente pantalla.

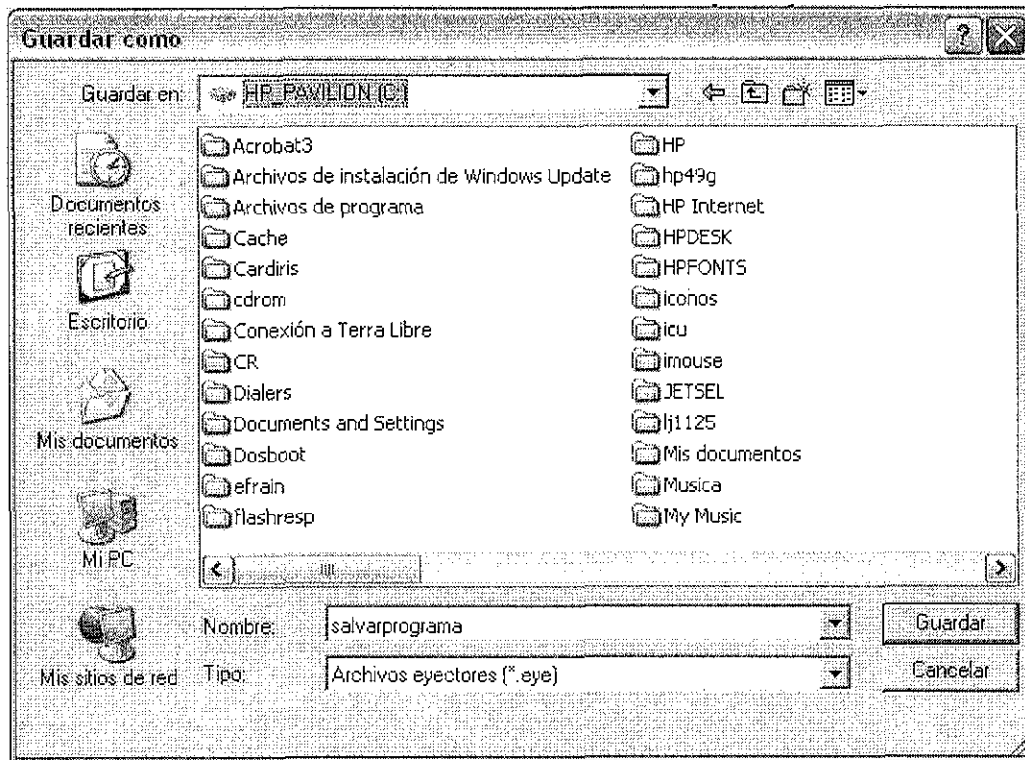


Figura 5.7 Pantalla para guardar el archivo.

La pantalla mostrada al pulsar el botón de “Continuar” (Figura 5.8) muestra dos opciones de cálculo para los eyectores en una nueva pantalla llamada “Qué requieres”, que son, 1.- el cálculo de las dimensiones óptimas de un eyector, 2.- la caída de presión y el gasto a obtener; proporcionándole los datos geométricos del eyector. Cada una de estas opciones nos envía a una pantalla distinta, para su explicación se verán en el orden mencionado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

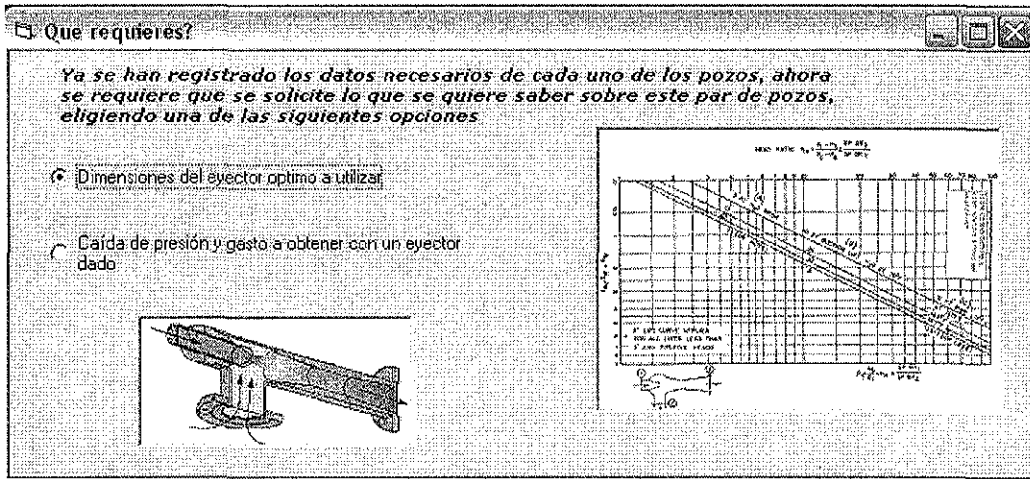


Figura 5.8 Pantalla de selección de cálculos.

Al posicionar el puntero del ratón en “Dimensiones del eyector óptimo a utilizar” y pulsar una vez sobre el círculo, aparecerá en la pantalla una barra que muestra el progreso de los cálculos realizados, la cual al llegar al 100% abrirá la pantalla de selección de sistema de unidades (Figura 5.9) y muestra de resultados, en ella se debe elegir el sistema en el que se desea se muestren los resultados, teniendo como opciones el sistema métrico y el sistema inglés, éste se seleccionará posicionándose en la casilla de elección del sistema y pulsar la flecha para que se muestren las opciones, al realizar esta acción se mostrarán algunos resultados parciales y las unidades del sistema elegido, para comprobar que se realizó bien la operación.

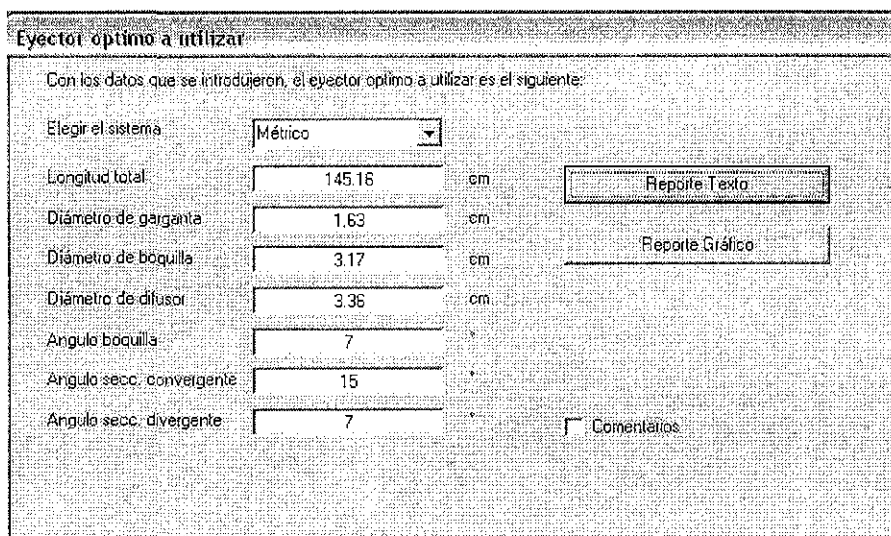


Figura 5.9 Pantalla de selección de sistema y muestra de resultados.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En la parte baja de la pantalla aparece un pequeño cuadro con la leyenda "Comentarios", si se selecciona se abrirá una pantalla donde se podrán escribir algunos comentarios para mostrarse en el reporte final que se imprimirá. Estos comentarios no deberán exceder los 200 caracteres para que puedan ser mostrados en su totalidad en el reporte final, después de haber seleccionado o no la opción de comentarios, se deberá pulsar uno de los botones llamados "Reporte texto" o "Reporte gráfico" cada uno de los cuales desplegará la pantalla de resultados en la opción seleccionada (**Figura 5.10**), los que tienen las opciones de volver atrás, salir del programa, imprimir la hoja de resultados o realizar otro cálculo; en esta pantalla se muestran tanto los datos de entrada como los resultados obtenidos en forma de tablas o forma gráfica. Es necesario aclarar que el diagrama del eyector mostrado es puramente ilustrativo, por lo que no está a escala y es simplemente un dibujo para localizar y mostrar los resultados de las dimensiones calculadas.

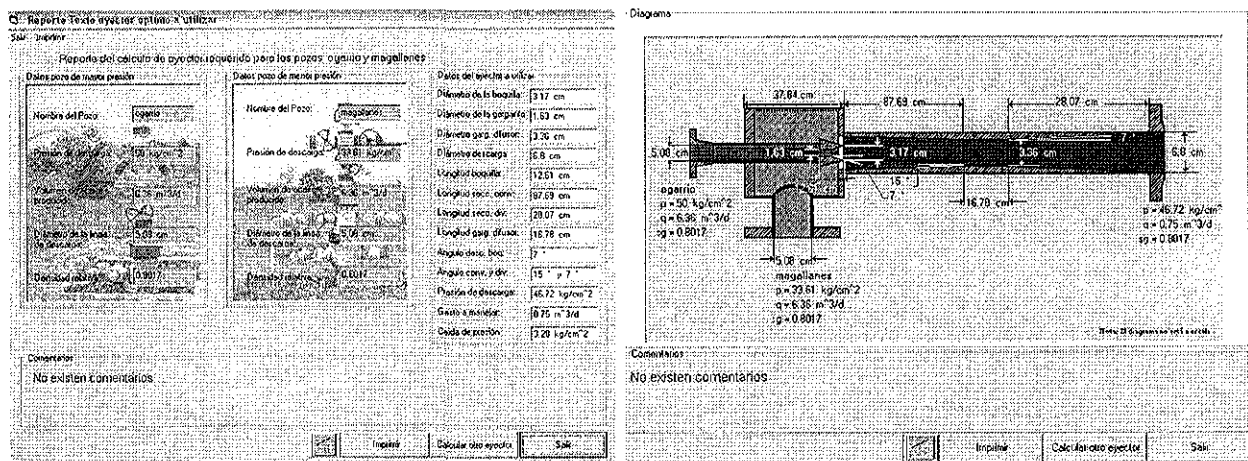


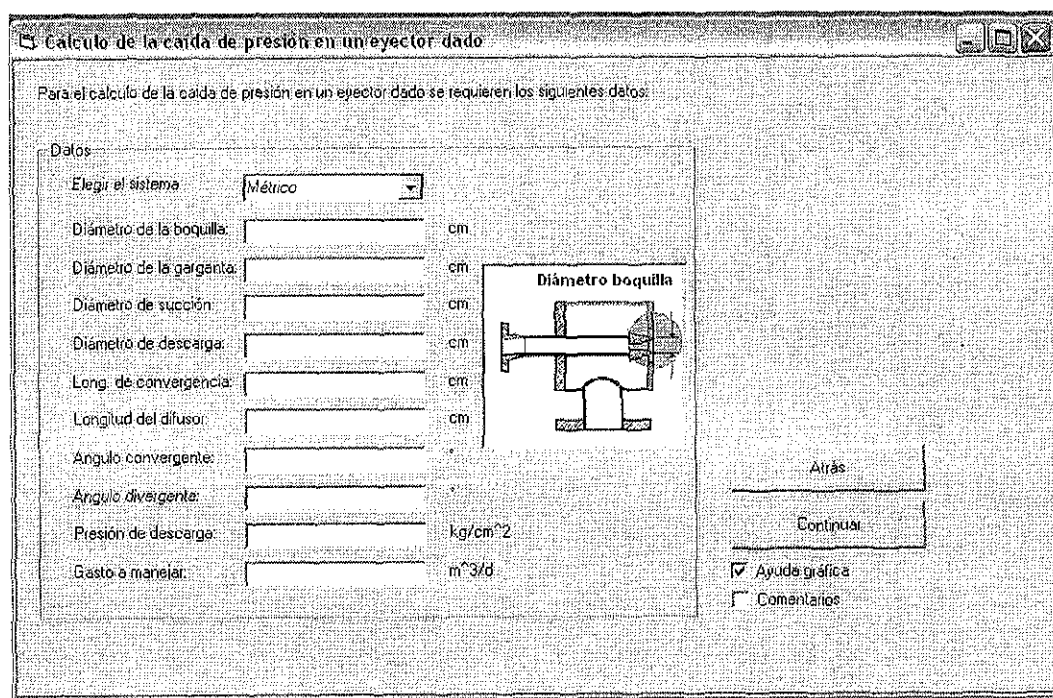
Figura 5.10 Pantallas de presentación de resultados en forma de texto y gráfica.

Si la selección realizada en la pantalla de selección de cálculos, es "Caída de presión y gasto a obtener con un eyector dado", se mostrará la barra de progreso de los cálculos realizados y al terminar de calcular se mostrará la pantalla de datos adicionales requeridos para realizar el cálculo (**Figura 5.11**), estos datos corresponden a la geometría del eyector a utilizar, calculado por algún otro método o simplemente supuesto, los datos pueden ser introducidos y pulsar la tecla "Enter" al terminar o cambiar de posición con la tecla "Tab" o con el ratón.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Existe una ayuda para localizar la dimensión que se está requiriendo, ésta se activa al pulsar el cuadro que se encuentra en la parte inferior derecha marcado como "Ayuda gráfica"; al activarlo se mostrará una paloma y en cada uno de los bloques donde se localice el cursor se mostrará una figura indicando gráficamente cuál es la localización solicitada. Esta ayuda se puede desactivar volviendo a pulsar el cuadro marcado "Ayuda gráfica" y desaparecerá la paloma y el dibujo de ayuda, lo que puede hacerse en cualquier momento, o dejarla activada sin problema alguno.

Si los datos son correctos y coherentes, el programa mostrará la caída de presión que se tendrá dentro del eyector, es decir la presión que perderá el pozo de alta presión a su paso por el eyector y el gasto a manejar con los datos introducidos previamente.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 5.11 Pantalla de datos adicionales requeridos.

En esta pantalla, al igual que en la del "Eyector óptimo", se muestra la opción para comentarios y se requiere de la selección de un sistema de unidades para introducir los datos requeridos, además se cuenta con otros dos botones, uno de "Continuar" para obtener los resultados y otro llamado "Atrás" para regresar a la pantalla de selección de cálculos. Al pulsar el botón "Continuar" se abre la pantalla de

presentación de resultados (**Figura 5.12**), que está distribuida de la misma manera que la del “Eyector óptimo” mostrando los datos de entrada y los datos calculados, estas dos opciones son muy similares entre sí, sólo cambian en el resultado solicitado.

Caída de presión con un eyector dado

Salir Imprimir

Reporte del cálculo de la caída de presión para los pozos: ogario y magallanes

Datos pozo de mayor presión		Datos pozo de menor presión		Datos del eyector a utilizar	
Nombre del Pozo:	ogario	Nombre del Pozo:	magallanes	Diámetro de la boquilla:	1 cm
Presión de descarga:	50 kg/cm ²	Presión de descarga:	33.61 kg/cm ²	Diámetro de la garganta:	1 cm
Volumen de aceite producido:	6.36 m ³ /d	Volumen de aceite producido:	6.36 m ³ /d	Diámetro de succión:	1 cm
Diámetro de la línea de descarga:	5.08 cm	Diámetro de la línea de descarga:	5.08 cm	Diámetro de descarga:	1 cm
Densidad relativa:	0.8017	Densidad relativa:	0.8017	Longitud del eyector:	1 cm
				Longitud de el difusor:	1 cm
				Ángulo convergente:	1 °
				Ángulo divergente:	1 °
				Presión de descarga:	1 kg/cm ²
				Gasto a manejar:	1 m ³ /d
				Caída de presión:	25 psi

Comentarios:
No existen comentarios

Imprimir Calcular con eyector Salir

Figura 5.12 Pantalla de presentación de resultados de los cálculos de caída de presión y gasto.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Para salir del programa se pueden pulsar los botones llamados “Salir” cuando estos estén presentes o en los submenús en los que se marca “Salir” o abriendo el menú “Archivo” y seleccionando la opción “Salir”, también indicada como Alt+s o como cualquier programa de Windows pulsando la cruz roja que se encuentra en la esquina superior derecha, confirmando posteriormente la salida.

5.3.4 USO DE VENTANAS DE AYUDA Y MENSAJES DE ERROR

A lo largo del programa existen ayudas y comentarios que se muestran simplemente al pasar el puntero del ratón sobre la casilla de la cual se requiere la ayuda, son pequeños textos que resaltan y dan una breve información de lo que se realiza con los botones o que está escrito en alguna casilla.

Los mensajes de error (**Figura 5.13**), son validaciones del programa que no permiten que existan fallas en la introducción de los datos; por ejemplo en el caso de que en la casilla donde se requiere la presión del pozo se introdujera una palabra o un dato alfanumérico se mostraría un mensaje de error indicando qué se deberá hacer en cada caso, cómo corregir el error o a qué se debe, estas ventanas de error desaparecen al pulsar la tecla "Enter" o pulsar sobre el botón del mismo mensaje que dice "Aceptar". Existen también mensajes de información, que indican que se debe de realizar alguna acción antes de continuar; estos se identifican por tener una "i" encerrada en un círculo azul, basta con pulsar la tecla "Enter" o sobre el botón de "Aceptar" y realizar la acción indicada por el mensaje para poder continuar.

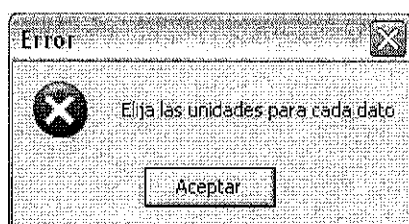


Figura 5.13 Mensaje de Error

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Existe un mensaje de error relacionado con los cálculos, es decir, cuando los datos de entrada no son coherentes entre sí, como un gasto grande para una línea de descarga pequeña, o una diferencial de presión no apropiada para el resto de los datos a utilizar, el programa mandará un mensaje de error, indicando la posible falla y la solución será cambiar alguna de las condiciones dadas inicialmente para hacer congruente al sistema.

5.3.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN E IMPRESIÓN DE RESULTADOS

El modelo matemático presentado, resulta práctico para calcular la geometría de un inyector montado sobre un pozo de aceite fluyente y para obtener la caída de presión y el gasto que se obtendrá al utilizar dicha geometría, esto dentro de cierto rango de operación, que se explica posteriormente.

Para que el modelo de resultados válidos, los datos introducidos deberán ser coherentes ya que de lo contrario el modelo procesará la información y dará resultados erróneos, pero existe una ventaja para conocer cuando los datos de entrada no fueron los correctos, ya que la solución que presenta el modelo manda resultados de longitudes y/o gastos negativos, de esta manera se sabe que existe algún problema en los datos de entrada.

Generalmente el problema está en la capacidad de flujo de la boquilla, ya que al ser ésta un orificio, al llegar a cierto gasto y presión, no es capaz de admitir más volumen, entonces se requiere de un orificio mayor ya que el orificio es función de los diámetros de los ductos de succión y el de entrada de fluido motivador; otra posible causa de este problema es una baja diferencial de presiones entre ambos pozos. Entonces una manera de corregir el diseño de un eyector que muestre resultados erróneos es bajar los gastos, aumentar los diámetros de las líneas de entrada de fluidos o incrementar las diferenciales de presión y volver a realizar los cálculos.

Un ejemplo de aplicación del modelo se puede realizar con los datos de campo de un par de pozos fluyentes; para la realización de esta corrida se utilizaron datos reales del campo Blasillo, con los pozos Blasillo 386 y Blasillo 368 mostrándose en las **Figuras 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18**, los estados mecánicos para conocer la profundidad de los disparos, las pruebas de producción efectuadas y los análisis de laboratorio realizados a los dos pozos, como dato adicional los dos pozos tienen líneas de descarga de 3 pg y la temperatura en superficie es de 28° C.

Con los datos anteriores introducidos en el programa se obtiene la **Figura 5.19** donde se observan los resultados de la corrida que se realizó seleccionando la opción de mostrar los resultados en forma gráfica y en el sistema métrico de unidades.

Estos resultados pueden mostrarse con una de las utilidades con que cuenta el programa de cómputo, que es la posibilidad de imprimir los resultados de una corrida, esto se logra al estar en la ventana de reporte de resultados de cualquiera de los cálculos, pulsando el botón "Imprimir" o por medio de la barra de menús en la parte superior de la pantalla pulsando el ícono de la "impresora" o con la combinación de

teclas Alt+p, esta impresión contiene todos los datos que se introdujeron al inicio y los datos que el programa calculó, anexando si fuera el caso, los comentarios pertinentes para cada cálculo.

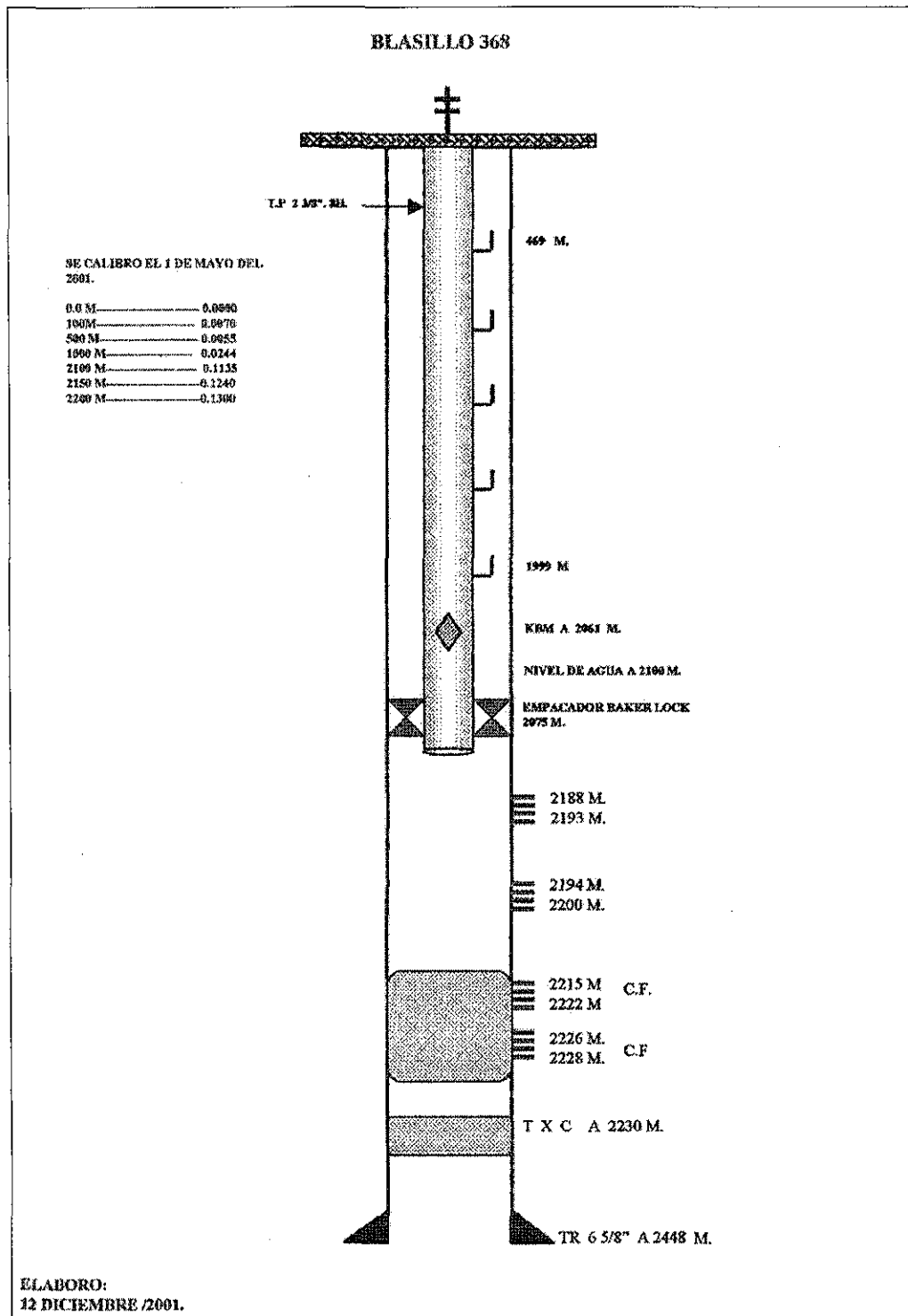
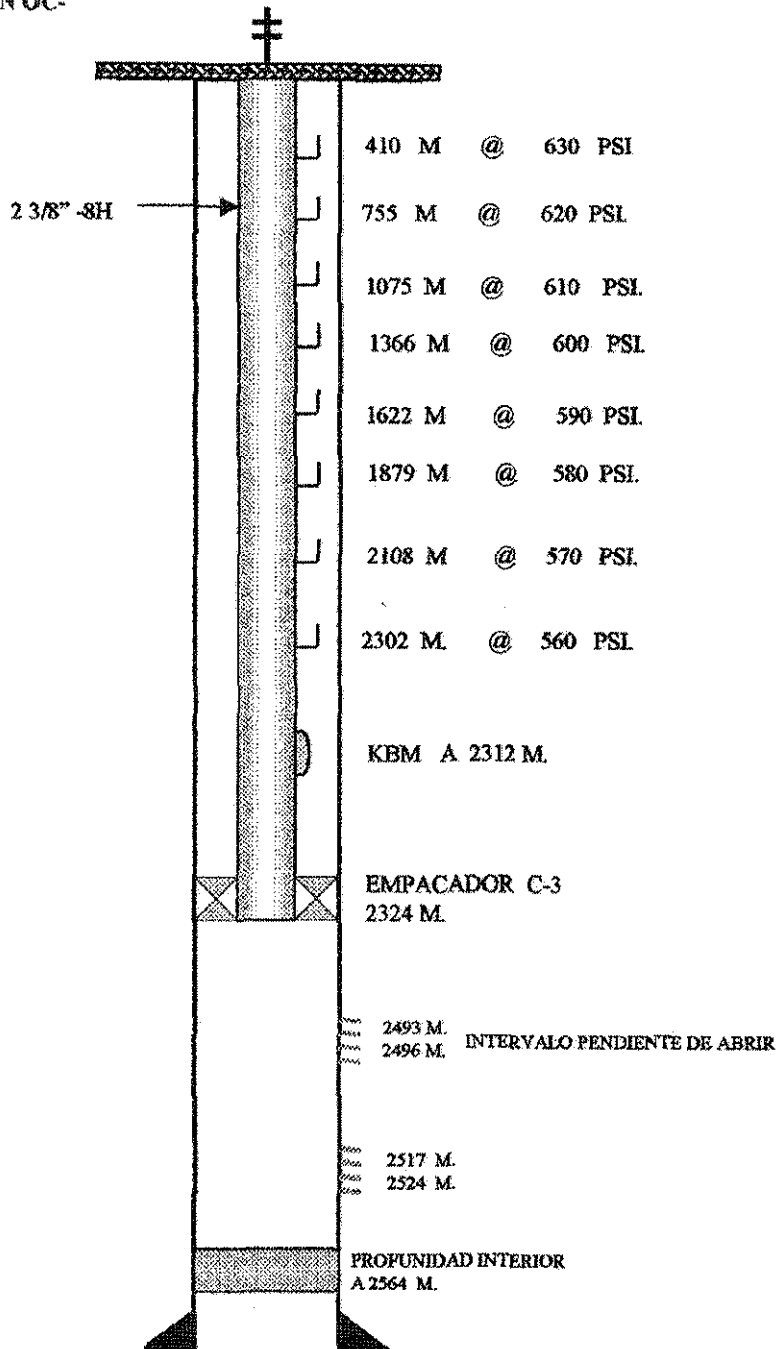


Figura 5.14 Estado mecánico del pozo Blasillo 368¹⁴

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ULTIMA INTERVENCION
DE REPARACION EN OC-
TUBRE DE 1989.

BLASILLO 386.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5.15 Estado mecánico del pozo Blasillo 386¹⁴

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN
ACTIVO CINCO PRESIDENTES
REPORTE DE PRUEBA DE PRODUCCIÓN A TANQUE MUERTO

FECHA: 12-13 DE MAYO DE 2002

CAMPO BLASILLO BATERÍA: ÚNICA POZO: 368 TANQUE: 4de 500 BLS.

NIVEL INICIAL	1.42	MTS.	FACTOR DE TANQUE	0.169 M ³ /cm	VOLUMEN INICIAL	24.0 M ³
---------------	------	------	------------------	--------------------------	-----------------	---------------------

NIVEL (MTS.)	VOLUMEN (M ³)	AGUA Y SEDIM. POR CENTRIFUGACIÓN(%)	VOL.DE AGUA Y SEDIM. (M ³)	VOL. DE ACEITE (M ³)
0.50	8.5	100.0	8.5	0.0
1.00	8.5	35.0	3.0	5.5
1.42	7.1	4.0	0.3	6.8
1.42	0.0	1.0	0.0	0.0
1.42	0.0	0.0	0.0	0.0
1.42	0.0	0.0	0.0	0.0
T O T A L			11.7	12.3

NIVEL FINAL	4.22	MTS.	FACTOR DE TANQUE	0.169 M ³ /cm	VOLUMEN FINAL	71.3 M ³
-------------	------	------	------------------	--------------------------	---------------	---------------------

NIVEL (MTS.)	VOLUMEN (M ³)	AGUA Y SEDIM. POR CENTRIFUGACIÓN(%)	VOL.DE AGUA Y SEDIM. (M ³)	VOL. DE ACEITE (M ³)
0.50	8.5	100.0	8.5	0.0
1.00	8.5	95.0	8.0	0.4
1.50	8.5	35.0	3.0	5.5
2.00	8.5	12.0	1.0	7.4
2.50	8.5	2.3	0.2	8.3
3.00	8.5	1.2	0.1	8.3
3.50	8.5	0.0	0.0	8.5
4.00	8.5	0.0	0.0	8.5
4.22	3.7	0.0	0.0	3.7
4.22	0.0	0.0	0.0	0.0
4.22	0.0	0.0	0.0	0.0
T O T A L			20.7	50.6

VOLUMEN PRODUCIDO DE AGUA 9.0 M³
VOLUMEN PRODUCIDO DE ACEITE 38.3 M³
VOLUMEN TOTAL PRODUCIDO 47.3 M³

PRUEBA DE 24 HORAS

	PROD. BRUTA	AGUA (%)	PROD.NETA
PROD. DIARIA POR MUESTREO (M ³ /D)	47.3	19.05	38
PROD. DIARIA REPORTADA (M ³ /D)	46	17.00	38
DIFERENCIAS (M ³ /D)	1.3	2.05	1

AGUA LIBRE INICIAL = 0.69 MTS

AGUA LIBRE FINAL = 0.69 MTS

ELABORO

ING. MOISÉS HERNÁNDEZ ALAVEZ

Figura 5.16 Prueba de producción del pozo Blasillo 368¹⁴

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN
ACTIVO CINCO PRESIDENTES
REPORTE DE PRUEBA DE PRODUCCIÓN A TANQUE MUERTO

FECHA: 15-16 DE MAYO DE 2002

CAMPO BLASILLO BATERÍA: ÚNICA POZO: 386 TANQUE: 4de 500 BLS.

NIVEL INICIAL	1.27	MTS.	FACTOR DE TANQUE	0.188 M ³ /cm	VOLUMEN INICIAL	21.5 M ³
---------------	------	------	------------------	--------------------------	-----------------	---------------------

NIVEL (MTS.)	VOLUMEN (M ³)	AGUA Y SEDIM. POR CENTRIFUGACIÓN(%)	VOL.DE AGUA Y SEDIM. (M ³)	VOL. DE ACEITE (M ³)
0.50	8.5	100.0	8.5	0.0
1.00	8.5	5.0	0.4	8.0
1.27	4.6	4.0	0.2	4.4
1.27	0.0	0.0	0.0	0.0
1.27	0.0	0.0	0.0	0.0
1.27	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL			9.1	12.4

NIVEL FINAL	2.74	MTS.	FACTOR DE TANQUE	0.168 M ³ /cm	VOLUMEN FINAL	46.3 M ³
-------------	------	------	------------------	--------------------------	---------------	---------------------

NIVEL (MTS.)	VOLUMEN (M ³)	AGUA Y SEDIM. POR CENTRIFUGACIÓN(%)	VOL.DE AGUA Y SEDIM. (M ³)	VOL. DE ACEITE (M ³)
0.50	8.5	100.0	8.5	0.0
1.00	8.5	4.0	0.3	8.1
1.50	8.5	2.5	0.2	8.2
2.00	8.5	2.0	0.2	8.3
2.50	8.5	2.0	0.2	8.3
2.74	4.1	1.2	0.0	4.0
2.74	0.0	0.0	0.0	0.0
2.74	0.0	0.0	0.0	0.0
2.74	0.0	0.0	0.0	0.0
2.74	0.0	0.0	0.0	0.0
2.74	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL			9.4	36.9

VOLUMEN PRODUCIDO DE AGUA 0.3 M³
VOLUMEN PRODUCIDO DE ACEITE 24.5 M³
VOLUMEN TOTAL PRODUCIDO 24.8 M³

PRUEBA DE 24 HORAS

	PROD. BRUTA	AGUA (%)	PROD.NETA
PROD. DIARIA POR MUESTREO (M ³ /D)	24.8	1.13	25
PROD. DIARIA REPORTADA (M ³ /D)	25	1.20	25
DIFERENCIAS (M ³ /D)	-0.2	-0.07	0

AGUA LIBRE INICIAL = 0.59 MTS

AGUA LIBRE FINAL = 0.59 MTS

ELABORO

ING. MOISÉS HERNÁNDEZ ALAVEZ

Figura 5.17 Prueba de producción del pozo Blasillo 386¹⁴

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS DE CRUDO

 CAMPO: BLASILLO

 FECHA: 16-May-02

FECHA	HORA	POZO No.	DENSIDAD CRUDO	DENSIDAD GAS	EMULSIÓN %	AGUA %	SALINIDAD PPM	PRESIÓN KG/CM ²
13/05/2002	10:00	BLAS.386	0.82	0.25		19.05	219000	42
16/05/2002	12:00	BLAS-388	0.88	0.28		1.13	185000	68

Figura 5.18 Análisis de laboratorio de los pozos Blasillo 368 y 386

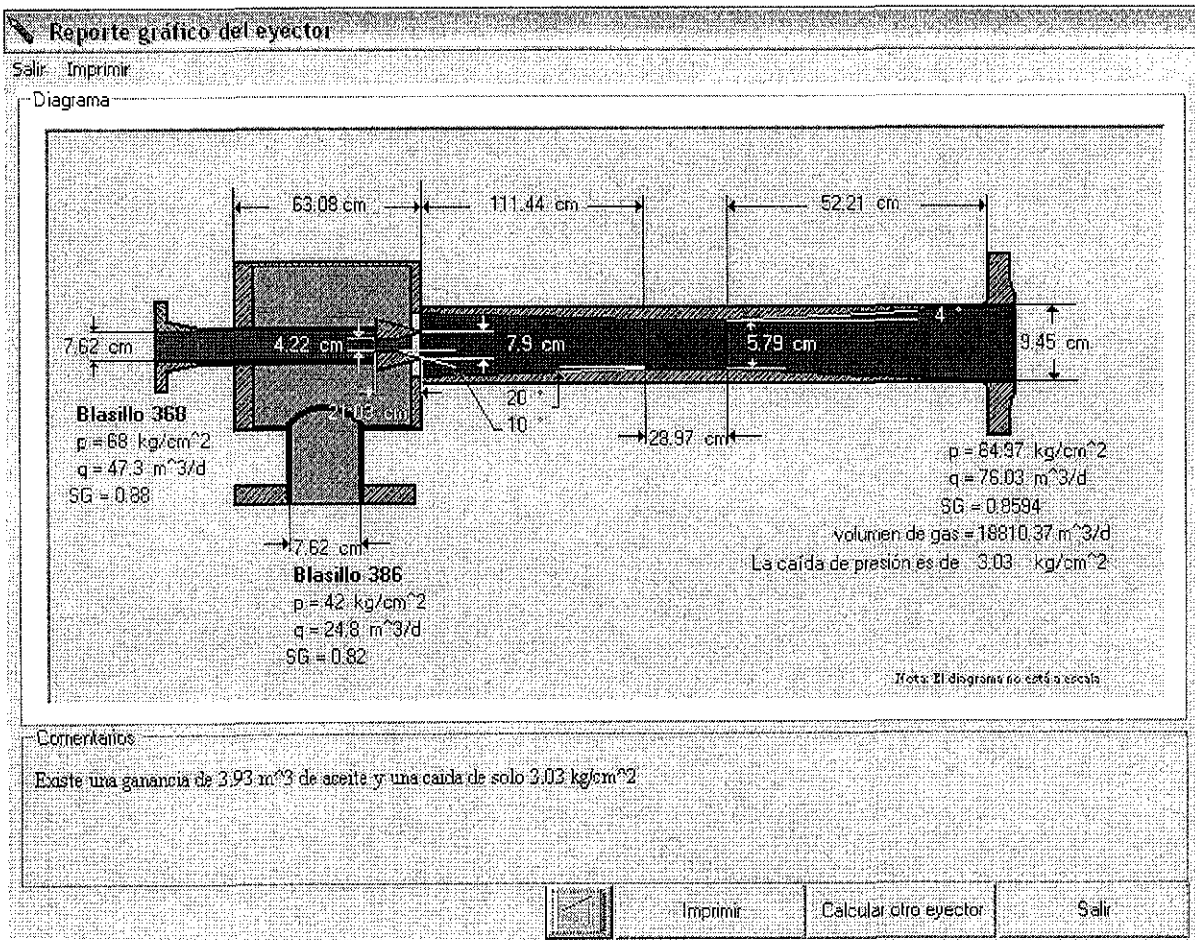


Figura 5.19 Impresión de pantalla de resultados

 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En la **Figura 5.17** se observan las dimensiones del eyector que sería necesario y el aumento de producción que se daría en caso de colocar un eyector sobre el pozo Blasillo 386, utilizando la energía del pozo Blasillo 368 como fluido motivador en el eyector, los resultados muestran que sería factible su utilización.

CAPÍTULO

6

VALIDACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 VALIDACIÓN DEL MODELO

Desafortunadamente existe muy poca información relacionada con los eyectores utilizados para producción de pozos de aceite, lo que hace limitada la validación de este modelo. En el artículo "Ejectors For Boosting Low-Pressure Oil Wells"³ se muestra la **Tabla 3** de resultados obtenidos en pruebas de campo.

Tabla 3.- Datos y resultados Campo Villafortuna 4³.

Campo 4 de Villafortuna condiciones de proceso con la instalación de eyectores				
Corriente motivadora (Pozo T18)		Corriente de succión (Pozo VF4)		Descarga
		Sin eyector	Con eyector	
Fluido	Aceite	Aceite y gas	Aceite y gas	Aceite y gas
Presión en la cabeza del pozo	73 bar	60 bar	52 bar	60 bar
Flujo de aceite	1320 m ³ /d	90 m ³ /d	120 m ³ /d	
Densidad API	40°	40°	40°	
RGA	30 m ³ /m ³	30 m ³ /m ³	30 m ³ /m ³	

Otra limitante es que no se muestran completas las condiciones a las que se encontraban los pozos al realizar dichas pruebas y sólo se indica la presión de descarga como único resultado; para tratar de comparar los resultados se realizó una corrida con el modelo aquí propuesto suponiendo algunos datos necesarios y se obtuvieron los resultados de la **Tabla 4**.

Se aprecia que el pozo T18 es mucho mejor productor que el VF4 por lo que no se reflejan grandes resultados en la descarga, ya que el gran volumen del pozo de alta presión no permite que todo el volumen del pozo de baja presión entre a la corriente; sin embargo, sí se nota un incremento en la producción, la cual se hubiera perdido de no haber sido por el uso de eyectores.

Tabla 4.- Datos y resultados utilizados y obtenidos con EYECTOR 1 para el Campo 4 de Villafortuna.

	Corriente motivadora (Pozo T18)	Corriente de succión (Pozo VF4)		Descarga del eyector calculados
		Sin eyector	Con eyector medidos	
Fluido	Aceite	Aceite y gas	Aceite y gas	Aceite y gas
Presión en la cabeza del pozo	73 bar	60 bar	52 bar	68 bar
Flujo de aceite	1320 m ³ /d	90 m ³ /d	120 m ³ /d	1388 m ³ /d
Flujo de gas	39600 m ³ /d	2700 m ³ /d	20000 m ³ /d	22200 m ³ /d
temperatura	55° C	55° C	55° C	55° C
Dens. API	40 °	40 °	40 °	32.2 °
Dens. Rel. gas	0.50	0.70	0.70	0.70

Como datos adicionales, se conoce la profundidad del intervalo de disparo del pozo que está a 1828 m y cuenta con un índice de productividad de 1.2, el gas del pozo de alta presión debe ser separado antes de inyectar el líquido al eyector, para

que la corriente motivadora entre en una sola fase, esto se logra instalando algún sistema de separación a la llegada de la corriente del fluido del pozo de alta presión.

Se observa que comparando los resultados del modelo con el único parámetro que se muestra en el artículo, la presión se tiene una variación de 8 bars que representa una diferencia de 13%, aunque se tendrían que saber todas las condiciones que se aplicaron para poder tener una comparación más real, así que resulta una buena aproximación.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para analizar los resultados obtenidos con el modelo propuesto, resulta conveniente comparar algunos parámetros. En el siguiente ejemplo se analizan dos pozos con características similares y al realizar el cálculo del eyector a utilizar se pueden generar algunas gráficas de las que se obtiene información muy útil.

Como datos de entrada de estos dos pozos del campo Blasillo del Activo Cinco Presidentes de la Región Sur, se utilizaron los que se muestran en la **Tabla 5**, para realizar el análisis se graficaron los gastos de aceite a obtener en la descarga para caídas de presión de 180 a 600 lb/pg² entre el pozo de baja y el de alta y se observa el comportamiento del gasto de descarga utilizando un eyector y por medio de la misma línea de descarga.

Antes de utilizar el eyector, el pozo Blasillo 386 que es el de menor presión es incapaz de fluir por la misma línea. Existen dos opciones para explotar este campo si no se tuvieran líneas de descarga individuales, la primera es estrangular el pozo de alta presión hasta la presión del pozo de baja y permitir que el de baja presión entre a la línea, con lo que se tendría un gasto menor a la suma de los gastos de los dos pozos; la segunda es cerrar el pozo de baja presión y permitir el flujo completo del pozo de mayor presión y se tendría un gasto igual al del pozo de alta presión. Si existiera una línea de descarga para cada pozo, el mayor gasto de aceite a producir sería la suma de los gastos de los dos pozos. Con el uso de un eyector en el pozo de baja presión, este gasto se incrementaría y permitiría a los dos pozos fluir por una sola línea de descarga.

Tabla 5.- Datos utilizados para analizar resultados del modelo

Datos	Blasillo 386 (baja presión)	Blasillo 368 (alta presión)
Fluido	Aceite y gas	Aceite
Presión de descarga	600 lb/pg ²	De 700 a 1000 lb/pg ²
Volumen de aceite	160 bpd	300 bpd
Diámetro línea descarga	3 pg	3 pg
Densidad relativa aceite	0.8017	0.8017
Temp. en superficie	55 ° F	55 ° F
Diámetro de TP	2.375 pg	2.375 pg
Volumen de gas	210000 pie ³ /d	150000 pie ³ /d
Profundidad del pozo	7598 pies	6685 pies
Densidad del gas	20 lb/pie ³	20 lb/pie ³
Índice de productividad	1.3	1.4

Se pueden observar en la **Tabla 6** los resultados obtenidos y en la **Figura 6.1** que la máxima recuperación se obtiene a diferenciales de presión menores entre los dos pozos y que al ir incrementando la diferencial de presión, el gasto alcanza un mínimo en el cual se mantiene, esto es debido a la capacidad del orificio y a que casi todo el fluido que pasa del pozo de mayor presión ocupa el área de flujo del eyector y no permite la entrada del fluido del pozo de menor presión, de donde se concluye que a bajas diferenciales de presión entre pozos, la producción obtenida es máxima, aunque se hace notar que la diferencial no deberá ser tan pequeña que no ayude en la producción del pozo de baja presión.

En los cálculos realizados la menor diferencial de presión permitida con un gasto para el pozo de Blasillo 368 y el Blasillo 386, fue de 180 lb/pg², ya que a valores menores el programa no realiza los cálculos, lo que indica que no hay un beneficio al utilizar ese par de pozos para instalarles un eyector con una diferencial de presión

menor a este valor. Dicho valor de diferencial de presión va aumentando entre mayor sea el volumen de aceite manejado por los pozos.

Tabla 6.- Resultados de la corrida con el modelo.

Presión Blasillo 386 [lb/pg ²]	Presión Blasillo 368 [lb/pg ²]	Diferencial de presión [lb/pg ²]	Gasto de descarga Pozo de baja presión 40 bpd Pozo de alta presión 70 bpd [bpd]
600	780	180	504.06
600	800	200	499.61
600	825	225	495.54
600	850	250	492.2
600	875	275	489.61
600	900	300	487.39
600	925	325	485.54
600	950	350	484.05
600	975	375	482.94
600	1000	400	481.83
600	1025	425	481.09
600	1050	450	480.35
600	1075	475	479.98
600	1100	500	479.24
600	1125	525	478.87
600	1150	550	478.5
600	1175	575	478.13
600	1200	600	478.13

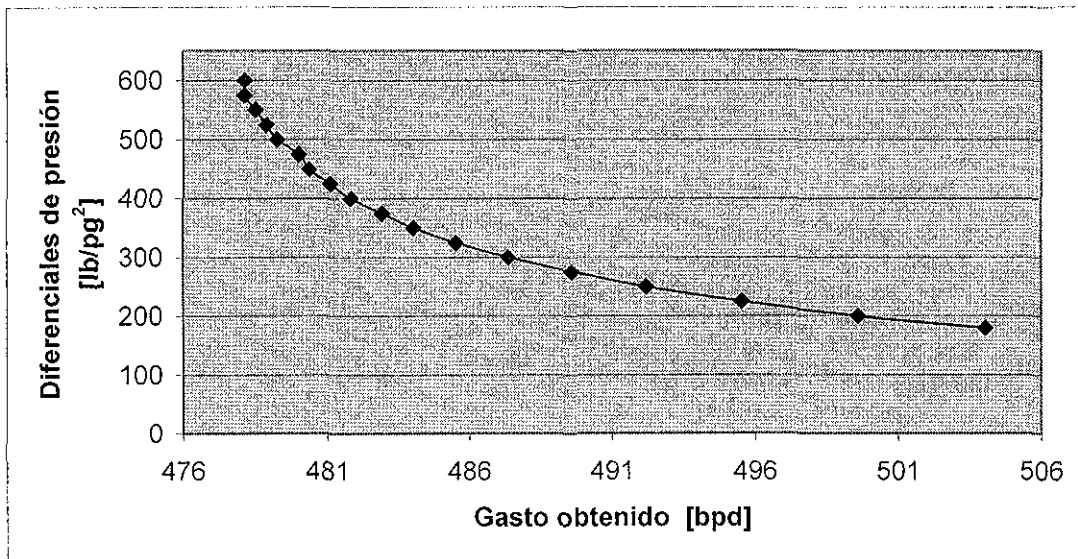


Figura 6.1 Gráfica de gastos obtenidos contra diferenciales de presión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otro ejemplo que se puede analizar con el modelo propuesto en este trabajo, es el de gastos contra caídas de presión, es decir al variar en un intervalo dado, la presión de entrada de los pozos conservando siempre una misma diferencial de presión. Los datos utilizados se observan en la **Tabla 7** y se utilizaron el mismo par de pozos del Campo Blasillo mencionados y la diferencial de presión utilizada entre ambos pozos fue constante de 200 lb/pg²; con estos datos se obtuvieron los resultados de la **Tabla 8** y se graficaron en la **Figura 6.2** en la que se muestran los barriles obtenidos por cada lb/pg² de caída de presión contra la presión del pozo 1, observándose que a mayor presión e igual diferencial de presión la recuperación por cada libra de caída de presión es menor; aunque el gasto de descarga es mayor a mayores presiones como se observa en la **Figura 6.3**.

Tabla 7.- Datos utilizados para realizar corrida

Datos	Blasillo 386 (baja presión)	Blasillo 368 (alta presión)
Fluido	Aceite y gas	Aceite
Presión de descarga	De 400 a 750 lb/pg ²	De 600 a 950 lb/pg ²
Volumen de aceite	160 bpd	300 bpd
Diámetro línea descarga	3 pg	3 pg
Densidad relativa aceite	0.8017	0.8017
Temp. en superficie	55 ° F	55 ° F
Diámetro de TP	2.375 pg	2.375 pg
Gasto de gas	210000 pie ³ /d	150000 pie ³ /d
Profundidad del pozo	7598 pies	6685 pies
Densidad del gas	20 lb/pie ³	20 lb/pie ³
Índice de productividad	1.3	1.4

Tabla 8.- Resultados de la corrida con el modelo.

Presión Blasillo 386 [lb/pg ²]	Presión Blasillo 368 [lb/pg ²]	Diferencial de presión [lb/pg ²]	Gasto desc. [bpd]	Caída de presión [lb/pg ²]	Gasto por unidad de caída de presión [bpd/ΔP]
400	600	200	488.87	31.33	15.60
450	650	200	491.83	37.2	13.22
500	700	200	494.43	43.58	11.35
550	750	200	497.39	50.46	9.86
600	800	200	499.61	57.84	8.64
650	850	200	502.58	65.73	7.65
700	900	200	505.17	74.12	6.82
750	950	200	507.77	83.02	6.12

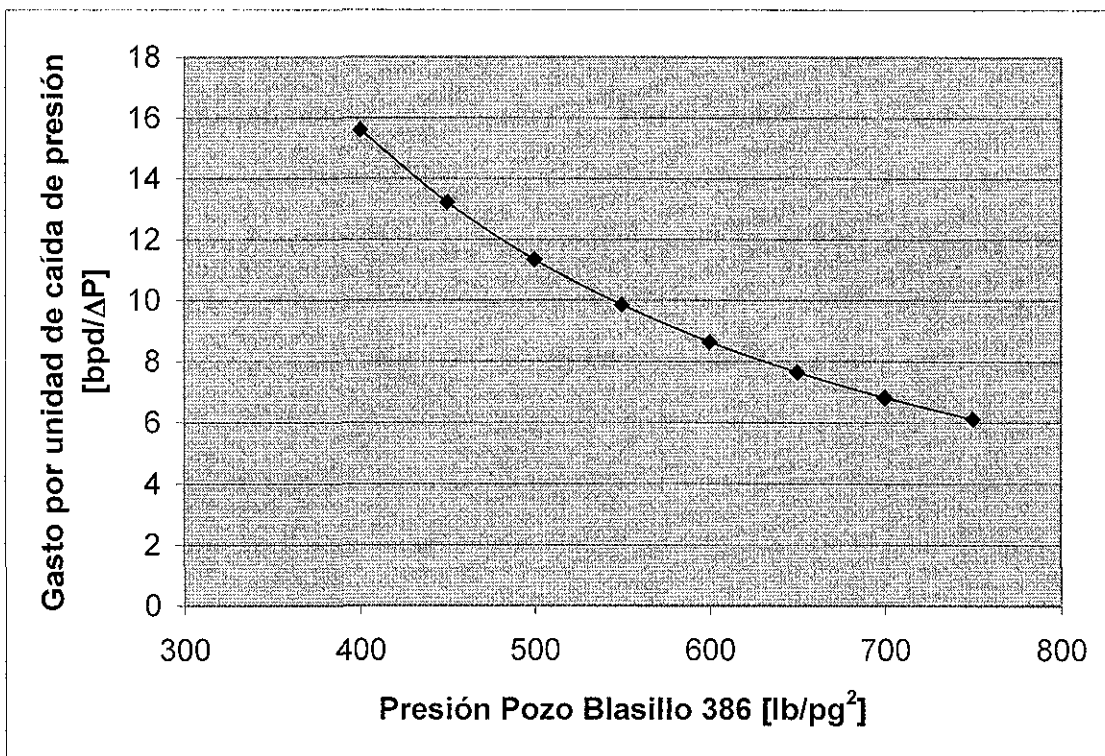


Figura 6.2 Gráfica de gastos obtenidos contra diferenciales de presión

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

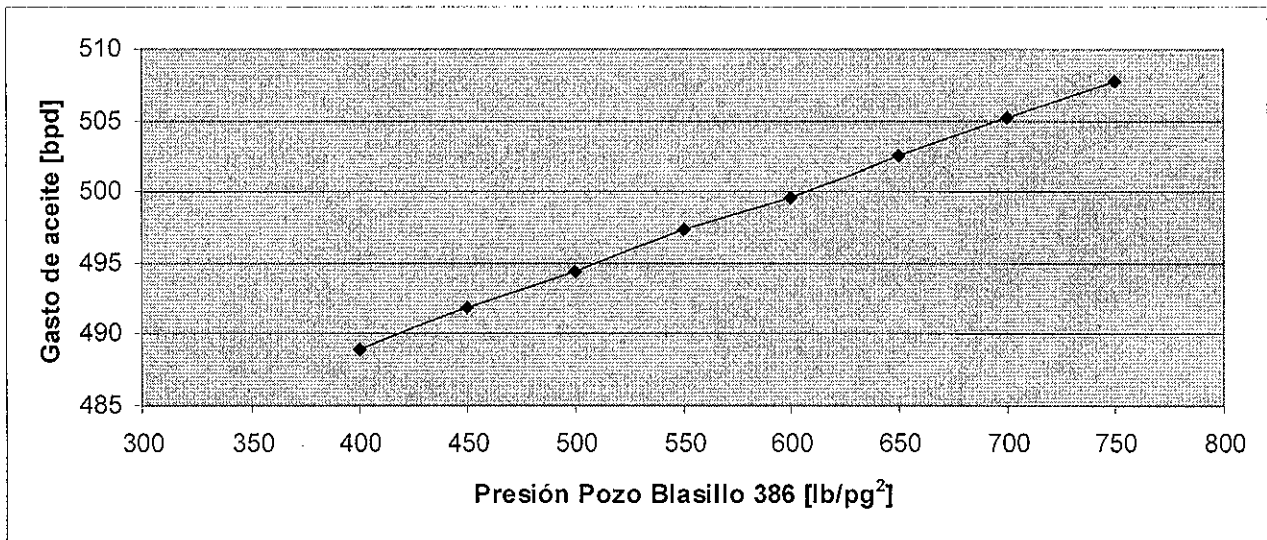


Figura 6.3 Gráfica de gastos obtenidos contra presión del Pozo de menor presión

Otra comparación posible es la de graficar la relación entre los diámetros de entrada del pozo de mayor presión (d_1) y los diámetros de descarga (d_d) contra el gasto total, con los datos de la **Tabla 9**, aumentando la diferencial de presión desde 200 hasta 700 lb/pg² en incrementos de 50 lb/pg², con lo que se obtienen los resultados de la **Tabla 10** graficados en la **Figura 6.4**.

Tabla 9.- Datos utilizados para realizar la corrida

Datos	Blasillo 386 (baja presión)	Blasillo 368 (alta presión)
Fluido	Aceite y gas	Aceite
Presión de descarga	500 lb/pg ²	De 600 a 1250 lb/pg ²
Volumen de aceite	60 bpd	90 bpd
Diámetro línea descarga	2 pg	3 pg
Densidad relativa aceite	0.8017	0.8017
Temp. en superficie	55 ° F	55 ° F
Diámetro de TP	2.375 pg	2.375 pg
Gasto de gas	210000 pie ³ /d	150000 pie ³ /d
Profundidad del pozo	7598 pies	6685 pies
Densidad del gas	20 lb/pie ³	20 lb/pie ³
Índice de productividad	1.3	1.4

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 10.- Tabla de resultados de la corrida con el modelo

Presión Blasillo 386 [lb/pg ²]	Presión Blasillo 368 [lb/pg ²]	Gasto salida [bpd]	Diámetro Blasillo 368 [pg]	Diámetro descarga [pg]	Relación de diámetros
500	700	494.43	3	3.22	0.93
500	750	488.50	3	3.42	0.88
500	800	484.79	3	3.56	0.84
500	850	482.20	3	3.67	0.82
500	900	480.72	3	3.75	0.80
500	950	479.61	3	3.83	0.78
500	1000	478.87	3	3.89	0.77
500	1050	478.50	3	3.94	0.76
500	1100	478.50	3	3.99	0.75
500	1150	478.50	3	4.03	0.74
500	1200	478.50	3	4.07	0.74

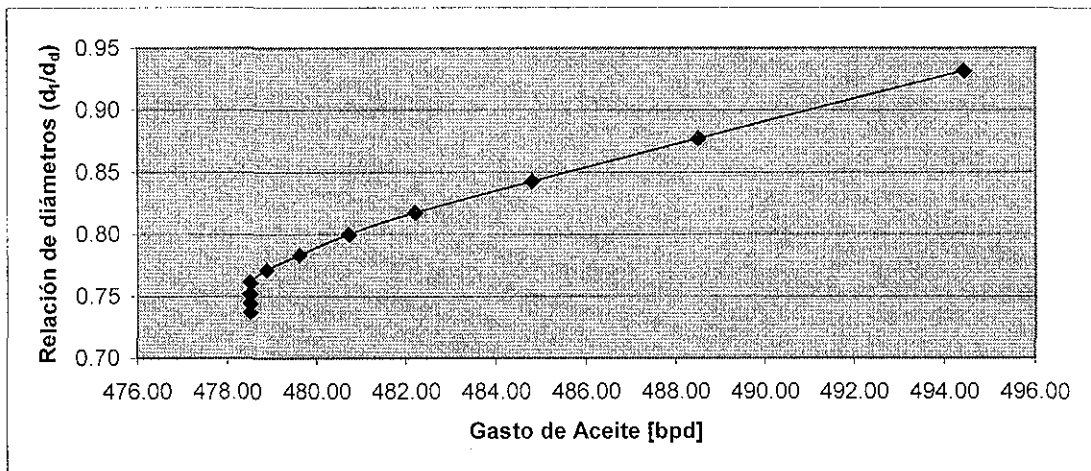


Figura 6.4 Gráfica de gastos obtenidos contra relación de diámetros de entrada y salida.

De estos resultados se pueden ver que entre mayor sea la relación de diámetros de entrada y salida, mayor será el gasto a obtener y también se aprecia que a mayor diferencial de presión menor es la relación de diámetros, lo que confirma lo dicho anteriormente que con una diferencial de presión pequeña que pase de los límites inferiores para operación de un eyector, éste funcionará mejor; es decir, con una menor caída de presión se obtendrá un máximo gasto, siempre y cuando no se rebase el límite inferior.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO

7

CONCLUSIONES

- Se desarrolló un modelo matemático que permite determinar la geometría que debe tener un eyector para utilizarse en la industria petrolera, básicamente en la producción de aceite, para elevar la producción de un pozo fluyente de baja presión con la ayuda de uno de mayor presión. El desarrollo matemático se programó en Visual Basic™ para hacer más fácil su uso y aplicación, el listado del programa se encuentra en el Apéndice B y el programa en el Apéndice D.
- Al aplicar un eyector a un pozo de baja presión, el aumento de la producción puede llegar a ser del orden del 40%.
- De lograrse los resultados esperados, el uso de esta tecnología se generalizaría en México en un futuro no muy lejano, dados los beneficios potenciales que representaría su aplicación en muchos pozos de Petróleos Mexicanos.
- Con el uso y la aplicación de eyectores se comienzan a tener beneficios como son, el de no requerir de líneas de descarga individuales para cada pozo, elevar la producción del pozo fluyente de menor presión y no sacrificar tanto la presión del pozo que servirá como impulsor y, posiblemente, algunas otras ventajas que se aprecien al realizar pruebas de campo.

CAPÍTULO

8

RECOMENDACIONES

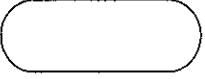


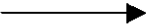
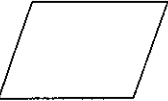

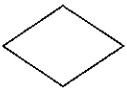
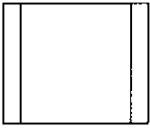
Se recomienda continuar este trabajo llevando a la práctica los resultados que aquí se han obtenido y construir un prototipo o realizar un modelo físico al cual se le puedan realizar pruebas para observar su comportamiento y eficiencia y compararlo con los resultados teóricos. Para esto el programa de cómputo que se desarrolló en forma modular y se encuentra libre de candados para que cualquiera pueda modificarlo o añadirle nuevas funciones o módulos sin afectar las ya establecidas.

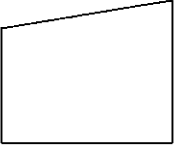

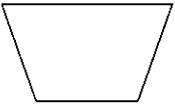
APENDICE

A

**SIMBOLOGÍA DE
DIAGRAMAS DE
FLUJO**

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de lo que se desea que la computadora haga.

SIMBOLO	NOMBRE	DEFINICION
	Terminal	Su función consiste en indicar dónde principia y donde termina un programa.
	Proceso	Representa una función de proceso, tal como un cálculo.
	Documento	Representa una salida de la computadora en forma de un documento.
	Flechas de conexión	Las flechas que conectan los símbolos muestran en que orden van a ser realizadas las distintas funciones.
	Entrada/Salida	Representa información que va a ser leída para su posterior procesado o bien información a ser escrita.
	Conectores	Se usa para conectar una parte de un diagrama de flujo con otra. El primero se utiliza para realizar conexiones en la misma hoja y el segundo cuando se cambia de hoja.
	Decisión	Se utiliza para alterar el curso de acción de un programa.
	Proceso definido	Se utiliza para mostrar un proceso definido, que puede tener dentro de si otro diagrama de flujo que posiblemente se defina posteriormente.

	<p>Entrada manual</p>	<p>Se utiliza para introducir datos de manera manual.</p>
	<p>Multidocumento</p>	<p>Genera salidas impresas de varias páginas, en forma de un documento.</p>
	<p>Operación manual</p>	<p>Se utiliza para introducir operaciones de manera manual.</p>

APENDICE

B

**LISTADO DEL
PROGRAMA DE
COMPUTO**

El programa de cómputo, está realizado en Visual Basic 6.0 y es necesario crear las pantallas con los objetos que no se programaron desde código, para lo anterior en el CD que se anexa como apéndice D existe una copia del programa con todas sus pantallas y propiedades de cada una de ellas y sus componentes, para utilizarse en caso de requerirse para realizar alguna modificación.

Los formularios se muestran en orden alfabético y al final se muestra el módulo.

Frmabout.frm

```
' Opciones de seguridad de clave del Registro...
Const KEY_ALL_ACCESS = &H2003F
' Tipos ROOT de claves del Registro...
Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002
Const ERROR_SUCCESS = 0
Const REG_SZ = 1           ' cadena terminada en valor nulo Unicode
Const REG_DWORD = 4       ' número de 32 bits
Const gREGKEYSYSINFOLOC = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools Location"
Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"
Const gREGKEYSYSINFO = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools\MSINFO"
Const gREGVALSYSINFO = "PATH"

Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32" Alias "RegOpenKeyExA" (ByVal hKey As Long,
ByVal lpSubKey As String, ByVal ulOptions As Long, ByVal samDesired As Long, ByRef phkResult As
Long) As Long
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32" Alias "RegQueryValueExA" (ByVal hKey As
Long, ByVal lpValueName As String, ByVal lpReserved As Long, ByRef lpType As Long, ByVal lpData As
String, ByRef lpcbData As Long) As Long
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32" (ByVal hKey As Long) As Long

Private Sub cmdSysInfo_Click()
    Call StartSysInfo
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
    Unload Me
End Sub

Public Sub StartSysInfo()
    On Error GoTo SysInfoErr
    Dim rc As Long
    Dim SysInfoPath As String
    ' Intentar obtener el nombre y la ruta del programa en el Registro...
    If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFO, gREGVALSYSINFO, SysInfoPath)
Then
    ' Intentar obtener sólo la ruta del programa en el Registro...
    ElseIf GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFOLOC, gREGVALSYSINFOLOC,
SysInfoPath) Then
        ' Validar la existencia de versión conocida de 32 bits de archivo
        If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then
            SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"
        ' Error: no se encuentra el archivo...
        Else
            GoTo SysInfoErr
        End If
    End If
End Sub
```

```

    End If
    ' Error: no se encuentra la entrada del Registro...
Else
    GoTo SysInfoErr
End If
Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)
Exit Sub
SysInfoErr:
    MsgBox "La información del sistema no está disponible en este momento", vbOKOnly
End Sub

```

Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName As String, SubKeyRef As String, ByRef KeyVal As String) As Boolean

```

    Dim i As Long                ' Contador de bucle
    Dim rc As Long              ' Código de retorno
    Dim hKey As Long           ' Controlador a una clave de Registro abierta
    Dim hDepth As Long         '
    Dim KeyValType As Long     ' Tipo de datos de una clave del Registro
    Dim tmpVal As String       ' Almacenamiento temporal para un valor de clave del
Registro
    Dim KeyValSize As Long     ' Tamaño de variable de clave del Registro
    '-----
    ' Abrir RegKey bajo KeyRoot {HKEY_LOCAL_MACHINE...}
    '-----
    rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0, KEY_ALL_ACCESS, hKey) ' Abrir la clave del Registro
    If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError ' Controlar error...
    tmpVal = String$(1024, 0) ' Asignar espacio de variable
    KeyValSize = 1024 ' Marcar tamaño de variable
    '-----
    ' Obtener valor de clave del Registro...
    '-----
    rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, KeyValType, tmpVal, KeyValSize) ' Get/Create Key
Value
    If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError ' Controlar errores
    tmpVal = VBA.Left(tmpVal, InStr(tmpVal, VBA.Chr(0)) - 1)
    '-----
    ' Determinar el tipo de valor de clave para conversión...
    '-----
    Select Case KeyValType
    Case REG_SZ                ' Buscar tipos de datos...
        KeyVal = tmpVal        ' Tipo de datos String de clave del Registro
                                ' Copiar valor String
    Case REG_DWORD             ' Tipo de datos Double Word de clave del Registro
        For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1
            KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid(tmpVal, i, 1))) ' Convertir cada bit
                                ' Generar valor carácter a carácter
        Next
        KeyVal = Format("&h" + KeyVal) ' Convertir Double Word a String
    End Select
    GetKeyValue = True        ' Operación realizada correctamente
    rc = RegCloseKey(hKey)   ' Cerrar clave del Registro
    Exit Function            ' Salir
GetKeyError: ' Limpiar después de que se produzca un error...
    KeyVal = ""              ' Establecer el valor de retorno a la cadena vacía
    GetKeyValue = False     ' La operación no se ha realizado correctamente
    rc = RegCloseKey(hKey)  ' Cerrar clave del Registro
End Function

```

Frmcaidapresion.frm

Private Sub atras_Click()

```
'subrutina para el boton atrás
Unload Me
frmpregunta.Visible = True
End Sub
```

Private Sub Check1_Click()

```
'subrutina para activar los comentarios
If Check1.Value = 1 Then
frmComentarios.Visible = True
Else
frmComentarios.Hide
End If
End Sub
```

Private Sub chkayuda_Click()

```
'activa la ayuda visible y borra los dibujos que no se utilizan
If chkayuda <> 1 Then
Picture8.Visible = False
Picture2.Visible = False
Picture3.Visible = False
Picture4.Visible = False
Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture1.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Combo1_Click()

```
'selecciona el sistema de medicion en el que se introduziran los
'datos
```

```
If Combo1.Text = "Métrico" Then
```

```
Label8.Caption = "cm"
Label9.Caption = "cm"
Label2.Caption = "cm"
Label3.Caption = "cm"
Label10.Caption = ""
Label11.Caption = ""
Label12.Caption = ""
Label5.Caption = "m^3/d"
Label6.Caption = "kg/cm^2"
Label7.Caption = "m^3/d"
```

```
Else
```

```
Label8.Caption = "pg"
Label9.Caption = "pg"
Label2.Caption = "pg"
Label3.Caption = "pg"
Label10.Caption = ""
Label11.Caption = ""
Label12.Caption = ""
Label5.Caption = "pie^3/d"
Label6.Caption = "lb/pg^2"
Label7.Caption = "bpd"
```

```
End If
End Sub
```

Private Sub continuar_Click()

'valida los resultados y pasa a la ventana siguiente

If Text11 = "" Or Text12 = "" Or Text13 = "" Or Text14 = "" Or Text16 = "" Or Text17 = "" Or Text18 = "" Then

 If MsgBox("Esta faltando alguno de los datos", vbCritical, "Error") Then

 Else

 End If

Else

 dblEndTime = Timer + 2#

 cuadro.Visible = True

 Do While dblEndTime > Timer

 DoEvents

'calcula de geometria

'valores constantes a utilizar

If Combo1.Text = "Métrico" Then

 Text23 = Text11 * 2.54

 Text24 = Text12 * 2.54

 Text25 = Text13 * 2.54

 Text26 = Text14 * 2.54

Else

 Text23 = Text11 / 12

 Text24 = Text12 / 12

 Text25 = Text13 / 12

 Text26 = Text14 / 12

End If

g = 32.2

eficiencia = 0.95

angulo1 = Text16.Text

angulo2 = Text17.Text

angulo3 = Text18.Text

teta = angulo1 * 3.1416 / 180 '7 a 10

tetad = angulo3 * 3.1416 / 180 '3-10

tetac = angulo2 * 3.1416 / 180 '2-20

'datos del pozo de menor presion

ps = frmmenorpresion.Text1.Text

dt2 = frmmenorpresion.Text3.Text

sg2 = frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text

ro2 = frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text * 62.37

w2 = frmmenorpresion.Text2.Text * ro2

'datos del pozo de mayor presion

p1 = frmmayorpresion.Text1.Text 'psi

dt1 = frmmayorpresion.Text3.Text 'ft

sg1 = frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text 'adimensional

ro1 = frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text * 62.37 'lb/ft^3

w1 = frmmayorpresion.Text2.Text * ro1 'lb/h

'calculos del eyector optimo

'diseño de la boquilla

dd = Text23.Text

de = Text24.Text

L = (dd - de) / (2 * Tan(teta / 2))

caida = (0.5 * sg1 * (((dd / de) ^ 4 - 1) ^ 2)) * (((w1 / 0.233940972222) * 35.2 _
/ 86400) ^ 2 / (3.1416 * (dd * 12) ^ 2 / 4) ^ 2)

'diseño del difusor

Dt = Text25.Text

Ld = (dt2 - Dt) / Tan(tetad)

Lc = (8 * Dt - Dt) / Tan(tetac)

Lg = 5 * Dt


```

p2 = p1 - caida
altura = Ld * Tan(tetad)
diamdesc = Text26.Text
Ld = (diamdesc - Dt) / Tan(tetad)
gastotal = ((w1 / ro1) + (w2 / ro2)) / 0.233940972222
'caida de presion en la boquilla
deltapb = (0.5 * sg1 * (((dd / de) ^ 4 - 1) ^ 2)) * (((w1 / 0.233940972222) * 35.2 _
/ 86400) ^ 2 / (3.1416 * (dd * 12) ^ 2 / 4) ^ 2)
'calculo del flujo multifasico con la nueva presion en la cabeza
tempsup = frmmultifasico.Text7
presion = frmmenorpresion.Text1 - deltapb ' en psi
voliq = frmmenorpresion.Text2 * 4.2745825603 ' en bpd
densl = frmmenorpresion.rtfdensrelbaja * 62.37 ' en lb/ft^3
diamtp = frmmultifasico.Text8
volgas = frmmultifasico.Text11
prof = frmmultifasico.Text12
densg = frmmultifasico.Text14
'calculos para obtener la caida de presion y volumen a manejar por el pozo
deltap = 5
deltal = 1
Do While (deltal < prof * 1)
tempyac = tempsup + (0.04 * prof)
tempyacR = tempyac + 460
volmasl = voliq * densl * 35.2 / 86400
volmasg = volgas * densg / 86400
denrel = densl / 62.37
denrelg = densg / 28.97
diamtpft = diamtp / 12
denapi = 141.5 / denrel - 131.5
ygs = denrelg * (1 + 0.00005912 * denapi * tempsup * Log10(presion / 114.7))
rs = 0.0178 * ygs * presion ^ 1.187 * Exp(23.931 * denapi / tempyacR)
f = rs * (densg / densl) ^ 0.5 + 1.25 * tempyac
bo = 0.972 + 0.000147 * f ^ 1.175
rga = volgas / (voliq * 35.2)
'calculo de la viscosidad del aceite
ZZ = (3.0324 - (0.02023 * denapi))
YY = 10 ^ ZZ
XX = YY * (tempsup ^ -1.163)
mom = (10 ^ XX) - 1
bb = 5.44 * (rs + 150) ^ -0.338
aa = 10.715 * (rs + 100) ^ -0.515
viscac = aa * mom ^ bb
Text3.Text = Round(viscac, 4)
'calculo de la viscosidad del gas
dengl = (rga * denrelg - rs * denrelg) / (rga - rs)
XXX = 3.5 + 960 / (tempsup + 460) + 0.2897 * dengl
YYY = 2.4 - 0.2 * XXX
K = ((9.4 + 0.5797 * dengl) * (tempsup + 460) ^ 1.5) / (209 + 550.4 * dengl + (tempsup + 460))
viscgas = K * 10 ^ -4 * Exp(XXX * (densg / 62.428) ^ YYY)
'-----
'Función para el cálculo de Z.
Tipo_ac = 1
Dens_rel_g = denrelg
If Tipo_ac = 1 Then
    Tpc = 167 + (316.67 * Dens_rel_g)
    Ppc = 702.5 - (50 * Dens_rel_g)
Else
    Tpc = 238 + (210 * Dens_rel_g)

```

```

Ppc = 740 - (100 * Dens_rel_g)
End If
tpr = (tempyac + 460) / Tpc
ppr = (presion + deltap * 1) / Ppc
If (presion + deltap * 1) < 4000 Then
Z = 1
conv = 10
Do Until (conv < 0.00001)
Ror = 0.27 * ppr / (Z * tpr)
A1 = 0.31506
A2 = -1.0467
A3 = -0.5783
A4 = 0.5353
A5 = -0.6123
A6 = -0.10489
A7 = 0.68157
A8 = 0.68446
Z1 = 1 + (A1 + A2 / tpr + A3 / tpr ^ 3) * Ror + (A4 + A5 / tpr) * Ror ^ 2 + (A5 * A6 * Ror ^ 5 / tpr) + (A7 *
Ror ^ 2 / tpr ^ 3) * (1 + A8 * Ror ^ 2) * Exp(-A8 * Ror ^ 2)
conv = Abs(Z - Z1)
Z = Z1
Loop
Else
ah = 10
Z = 1
rors = 1
Do While (Abs(ah) > 0.0001)
t = 1 / tpr
aa = -(0.06125 * t * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2))
ab = 14.76 * t - 9.76 * t ^ 2 + 4.58 * t ^ 3
ac = 90.7 * t - 242.2 * t ^ 2 + 42.4 * t ^ 3
Ad = 29.52 * t - 19.52 * t ^ 2 + 9.16 * t ^ 3
ae = 2.18 + 2.82 * t
ag = 1.18 + 2.82 * t
ah = ppr * aa + (rors + rors ^ 2 + rors ^ 3 - rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 3 - (ab * rors ^ 2 + ac * rors ^ ae)
al = (1 + 4 * rors ^ 2 + 4 * rors ^ 3 + rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 4 - Ad * rors + ae * ac * rors ^ ag
rorc = rors + ah / al
rors = (rorc)
cont = cont + 1
Loop
Z = 0.06125 * ppr * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2) / rors
End If

```

```

bg = 0.02825 * Z * tempyacR / presion
presion2 = presion * 1 + deltap * 1
presionprom = presion + deltap / 2
vsl = 0.01191 * voliq * bo / diamtp ^ 2
vsg = 0.002122 * voliq * (rga - rs) * bg / diamtp ^ 2
vm = vsl + vsg
lamda = vsl / vm
rons = densl * lamda + densg * (1 - lamda)
wm = volmasl + volmasg
froude = 7734.9 * wm ^ 2 / (rons ^ 2 * diamtp ^ 5)
yl = 1.065 * lamda ^ 0.5824 / froude ^ 0.0609
rom = densl * yl + densg * (1 - yl)
viscmez = viscac * lamda + viscgas * (1 - lamda)
re = 124 * diamtp * vm * rons / viscmez
X = lamda / yl ^ 2

```

```

s = Log(X) / (-0.0523 + 3.182 * Log(X) - 0.8725 * Log(X ^ 2) + 0.01853 * Log(X ^ 4))
es = Exp(s)
fn = (2 * Log10(re / (4.5223 * Log10(re) - 3.8215))) ^ -2
ftp = fn * es
ek = vm * rom * vsq / (4637 * presionprom)
delta1 = 1 / 144
delta2 = ftp * rons * vm ^ 2 / (5.362 * diamtp)
delta3 = vm * vsq * rom / (144 * 32.2 * presionprom)
deltal = deltap / (delta1 * (rom + delta2) / (1 - delta3))
deltap = deltap + 0.3
Loop
deltayac = frmmultifasico.Text15 - deltap
gasto = deltayac * frmmultifasico.Text9
gastot = gastotal + gasto
gastogas = rga * gasto * 35.2 + frmmultifasico.Text11
If Combo1.Text = "Métrico" Then
    Text1 = Round((L * 30.48), 2) 'long boquilla
    Text2 = Round(3 * L * 30.48, 2) 'long de la camara
    Text3 = Round(Lc * 30.48, 2) 'long seccion conv
    Text4 = Round(Ld * 30.48, 2) 'long seccion div
    Text5 = Round(Lg * 30.48, 2) 'long garganta difusor
    Text6 = Round((p1 - deltapb) * 0.0703069579639, 2) 'presion descarga
    Text7 = Round(gastot * eficiencia * 0.158987294928, 2) 'gasto a manejar
    Text8 = Round(deltapb * 0.0703069579639, 2) 'caida de presion
    Text9 = Round(gastogas * eficiencia * 0.028316846592, 2) 'gasto de gas
    Text10 = Round(0, 2) 'densidad relativa salida
    Text11 = Round(dd * 30.48, 2) 'diametro de la boquilla
    Text12 = Round(de * 30.48, 2) 'diametro de la garganta
    Text13 = Round(Dt * 30.48, 2) 'diametro garganta difusor
    Text14 = Round(diamdesc * 30.48, 2) 'diametro descarga
    Text16 = Round(teta * 180 / 3.1416, 1) 'angulo descarga boquilla
    Text17 = Round(tetac * 180 / 3.1416, 1) 'angulo secc conv
    Text18 = Round(tetad * 180 / 3.1416, 1) 'angulo secc div
Else
    Text1 = Round((L * 12), 2) 'long boquilla
    Text2 = Round(3 * L * 12, 2) 'long de la camara
    Text3 = Round(Lc * 12, 2) 'long seccion conv
    Text4 = Round(Ld * 12, 2) 'long seccion div
    Text5 = Round(Lg * 12, 2) 'long garganta difusor
    Text6 = Round((p1 - deltapb), 2) 'presion descarga
    Text7 = Round(gastot * eficiencia, 2) 'gasto a manejar
    Text8 = Round(deltapb, 2) 'caida de presion
    Text9 = Round(gastogas * eficiencia, 2) 'gasto de gas
    Text10 = Round(0, 2) 'densidad relativa salida
    Text11 = Round(dd * 12, 2) 'diametro de la boquilla
    Text12 = Round(de * 12, 2) 'diametro de la garganta
    Text13 = Round(Dt * 12, 2) 'diametro garganta difusor
    Text14 = Round(diamdesc * 12, 2) 'diametro descarga
    Text16 = Round(teta * 180 / 3.1416, 1) 'angulo descarga boquilla
    Text17 = Round(tetac * 180 / 3.1416, 1) 'angulo secc conv
    Text18 = Round(tetad * 180 / 3.1416, 1) 'angulo secc div
End If
Loop
cuadro.Visible = False
End If
End Sub

```

Static Function Log10(valor)

```
Log10 = Log(valor) / Log(10)
End Function
```

Private Sub Option1_Click()

```
continuar_Click
If Combo1 <> "" Then
    frmcaidapresion.Hide
    reportecaidapresion.Visible = True
Else
    If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados", vbInformation,
"Información") = vbOK Then
        End If
    End If
End Sub
```

Private Sub Option1_DbIcClick()

```
continuar_Click
If Combo1 <> "" Then
    frmcaidapresion.Hide
    reportecaidapresion.Visible = True
Else
    If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados", vbInformation,
"Información") = vbOK Then
        End If
    End If
End Sub
```

Private Sub Option2_Click()

```
continuar_Click
If Combo1 <> "" Then
    frmcaidapresion.Hide
    reportegraficocaida.Visible = True
Else
    If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados", vbInformation,
"Información") = vbOK Then
        End If
    End If
End Sub
```

Private Sub Option2_DbIcClick()

```
continuar_Click
If Combo1 <> "" Then
    frmcaidapresion.Hide
    reportegraficocaida.Visible = True
Else
    If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados", vbInformation,
"Información") = vbOK Then
        End If
    End If
End Sub
```

Private Sub Text11_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valordiam = Text11.Text
numerico = IsNumeric(valordiam)
If numerico = False Then
Text11.Text = ""
If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
```

```
Else
End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub Text11_Click()
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
Picture2.Visible = False
Picture3.Visible = False
Picture4.Visible = False
Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture8.Visible = False
Picture1.Visible = True
Else
Picture1.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Text11_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
If KeyAscii = 13 Then
    If Text11.Text <> "" Then
        Text12.SetFocus
        Text12_Click
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text12_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valor = Text12.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text12.Text = ""
If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
Else
End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text12_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
Picture1.Visible = False
Picture3.Visible = False
Picture4.Visible = False
Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture8.Visible = False
Picture2.Visible = True
Else
Picture2.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Text12_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
If KeyAscii = 13 Then
    If Text12.Text <> "" Then
        Text13.SetFocus
        Text13_Click
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text13_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valor = Text13.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text13.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text13_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
Picture2.Visible = False
Picture1.Visible = False
Picture4.Visible = False
Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture8.Visible = False
Picture3.Visible = True
Else
Picture3.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Text13_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
If KeyAscii = 13 Then
    If Text13.Text <> "" Then
        Text14.SetFocus
        Text14_Click
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text14_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valor = Text14.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text14.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text14_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
Picture2.Visible = False
Picture3.Visible = False
Picture1.Visible = False
Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture8.Visible = False
Picture4.Visible = True
Else
Picture4.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Text14_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
If KeyAscii = 13 Then
    If Text14.Text <> "" Then
        Text16.SetFocus
        Text16_Click
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text16_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
```

```
valor = Text16.Text
```

```
numerico = IsNumeric(valor)
```

```
If numerico = False Then
```

```
    Text16.Text = ""
```

```
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
```

```
        Else
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Private Sub Text16_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
```

```
If chkayuda.Value = 1 Then
```

```
Picture2.Visible = False
```

```
Picture3.Visible = False
```

```
Picture4.Visible = False
```

```
Picture1.Visible = False
```

```
Picture7.Visible = False
```

```
Picture8.Visible = False
```

```
Picture5.Visible = True
```

```
Else
```

```
Picture6.Visible = False
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Private Sub Text16_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
    If Text16.Text <> "" Then
```

```
        Text17.SetFocus
```

```
        Text17_Click
```

```
    End If
```

```
End If
End Sub
```

Private Sub Text17_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valor = Text17.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
    Text17.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text17_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
    Picture2.Visible = False
    Picture3.Visible = False
    Picture4.Visible = False
    Picture5.Visible = False
    Picture1.Visible = False
    Picture8.Visible = False
    Picture7.Visible = True
Else
    Picture7.Visible = False
End If
End Sub
```

Private Sub Text17_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'al presionar enter cambia de casilla a la siguiente
If KeyAscii = 13 Then
    If Text17.Text <> "" Then
        Text18.SetFocus
        Text18_Click
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text18_Change()

```
'valida el dato a introducir en esta casilla
valor = Text18.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
    Text18.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text18_Click()

```
'activa solo la ayuda visible para esta casilla
If chkayuda.Value = 1 Then
    Picture2.Visible = False
    Picture3.Visible = False
    Picture4.Visible = False
```



```

Picture5.Visible = False
Picture7.Visible = False
Picture1.Visible = False
Picture8.Visible = True
Else
Picture8.Visible = False
End If
End Sub

```

Private Sub Timer1_Timer()

```

Label14.Visible = True
Label14.Caption = "Espere un momento por favor"
End Sub

```

FrmComentarios.frm

```

Private Sub Command1_Click()
'Oculto la pantalla de comentarios y guarda la informacion
frmComentarios.Hide
End Sub

```

FrmDocument.frm

Private Sub cmdcontinuar_Click()

```

'valida si la informacion esta completa y las ventanas estan cerradas y posteriormente continua a la
'siguiente pantalla
If frmmenorpresion.Visible = True Or frmmayorpresion.Visible = True Then
    If MsgBox("Cierre o termine de llenar las otras ventanas antes de continuar", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        If frmmenorpresion.Text1.Text = "" Or frmmayorpresion.Text1.Text = "" Then
            If frmmenorpresion.Text1.Text = "" Then
                dato = "menor presión"
            Else
                dato = "mayor presión"
            End If
            If MsgBox("No ha introducido los datos del pozo de " & dato, vbCritical, "Error") Then
                End If
            Else
                Unload Me
                frmpregunta.Visible = True
            End If
        End If
    End Sub

```

Private Sub cmdmayor_Click()

```

'abre la pantalla de introduccion de datos del pozo de mayor presion
frmmayorpresion.Visible = True
End Sub

```

Private Sub cmdmenor_Click()

```

frmmenorpresion.Visible = True
'abre la pantalla de introduccion de datos del pozo de menor presion
End Sub

```

Private Sub rtfText_SelChange()

```

fMainForm.tbToolBar.Buttons("Negrita").Value = If(rtfText.SelBold, tbrPressed, tbrUnpressed)
fMainForm.tbToolBar.Buttons("Cursiva").Value = If(rtfText.SelItalic, tbrPressed, tbrUnpressed)

```

```

'fMainForm.tbToolBar.Buttons("Subrayado").Value = IIf(rtfText.SelUnderline, tbrPressed,
tbrUnpressed)
'fMainForm.tbToolBar.Buttons("Alinear a la izquierda").Value = IIf(rtfText.SelAlignment = rtfLeft,
tbrPressed, tbrUnpressed)
'fMainForm.tbToolBar.Buttons("Centrar").Value = IIf(rtfText.SelAlignment = rtfCenter, tbrPressed,
tbrUnpressed)
'fMainForm.tbToolBar.Buttons("Alinear a la derecha").Value = IIf(rtfText.SelAlignment = rtfRight,
tbrPressed, tbrUnpressed)
End Sub

```

Private Sub Form_Load()

```

'escribe la descripción de un eyector y algunos datos interesantes como comentario
Label2.Caption = "El eyector es un dispositivo estático en el cual un chorro de alta presión " _
& "es mezclado con un chorro de baja presión en una cámara de mezclado especialmente diseñada," _
& "la mezcla pasa a través de un difusor, dejando al eyector en una presión media de salida común." _
& "Todos los eyectores tienen un principio en común, son bombas de intercambio de momentum, el _
fluido " _
& "a alta presión se expande a través de una boquilla convergente-divergente y acelerado a velocidad " _
& "supersónica. (típicamente 3000 a 4000 ft/s), la alta velocidad de la corriente del fluido " _
& "motivador envía al fluido a succionar, a través del puerto de succión, una compresión de la mezcla " _
& "es llevada a cabo a través del difusor por medio de la conversión de la velocidad en presión. " _
& "La mezcla del fluido motivador y el fluido a succionar empuja en contra de la presión de descarga " _
& "del eyector y mantiene la diferencia de presión entre el puerto de succión y la descarga, la presión " _
& "en la cabeza es convertida a velocidad en la cabeza en la boquilla de la corriente motivadora. " _
& "La velocidad es convertida a presión en la cabeza del difusor. Ambos fluidos a la salida toman " _
& "la forma del Venturi, una boquilla convergente - divergente es requerida para acelerar el fluido a " _
& "una velocidad supersónica. En la sección convergente de la boquilla el fluido motivador que entra " _
& "a una velocidad subsónica se acelera a una velocidad sónica, el fluido motivador entrando a la _
sección " _
& "divergente a una velocidad sónica es acelerado a una velocidad supersónica."
End Sub

```

Private Sub imprime_Click()

```

frmDocument.PrintForm
Printer.EndDoc
End Sub

```

FrmeyeoOptimo.frm

Private Sub Check1_Click()

```

'activa la ventana para introducción de comentarios
If Check1.Value = 1 Then
frmComentarios.Visible = True
Else
frmComentarios.Hide
End If
End Sub

```

Private Sub Combo1_Click()

```

dblEndTime = Timer + 2#
cuadro.Visible = True
Do While dblEndTime > Timer
DoEvents
'calcula de geometría
'valores constantes a utilizar
g = 32.2
eficiencia = 0.95
angulo1 = Text19.Text

```

```

angulo2 = Text20.Text
angulo3 = Text21.Text
teta = angulo1 * 3.1416 / 180 '7 a 10
tetad = angulo2 * 3.1416 / 180 '3-10
tetac = angulo3 * 3.1416 / 180 '2-20
'datos del pozo de menor presion
ps = frmminorpresion.Text1.Text
dt2 = frmminorpresion.Text3.Text
sg2 = frmminorpresion.rtfdensrelbaja.Text
ro2 = frmminorpresion.rtfdensrelbaja.Text * 62.37
w2 = frmminorpresion.Text2.Text * ro2
'datos del pozo de mayor presion
p1 = frmmayorpresion.Text1.Text           'psi
dt1 = frmmayorpresion.Text3.Text         'ft
sg1 = frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text 'adimensional
ro1 = frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text * 62.37 'lb/ft^3
w1 = frmmayorpresion.Text2.Text * ro1     'lb/h
'calculos del eyector optimo
'diseño de la boquilla
Vn = 2 * g * ((p1 - ps) / sg1) ^ 0.5
Ad = w1 / (Vn * ro1)
dd = 2 * (Ad / 3.1416) ^ 0.5
de = (w1 / (865.8 * (p1 * ro1) ^ 0.5)) ^ 0.5
L = (dd - de) / (2 * Tan(teta / 2))
caida = (0.5 * sg1 * (((dd / de) ^ 4 - 1) ^ 2)) * (((w1 / 0.233940972222) * 35.2 _
/ 86400) ^ 2 / (3.1416 * (dd * 12) ^ 2 / 4) ^ 2)
'diseño del difusor
Vt = 2 * g * ((p1 - caida - ps) / sg2) ^ 0.5
At = w2 / (Vt * ro2)
Dt = 2 * (At / 3.1416) ^ 0.5
Ld = (dt2 - Dt) / Tan(tetad)
Lc = (8 * Dt - Dt) / Tan(tetac)
Lg = 5 * Dt
p2 = p1 - caida
altura = Ld * Tan(tetad)
diamdesc = (2 * altura + Dt)
Ld = (diamdesc - Dt) / Tan(tetad)
gastotal = ((w1 / ro1) + (w2 / ro2)) / 0.233940972222
'caida de presion en la boquilla
deltapb = (0.5 * sg1 * (((dd / de) ^ 4 - 1) ^ 2)) * (((w1 / 0.233940972222) * 35.2 _
/ 86400) ^ 2 / (3.1416 * (dd * 12) ^ 2 / 4) ^ 2)
'calculo del flujo multifasico con la nueva presion en la cabeza
tempsup = frmmultifasico.Text7
presion = frmminorpresion.Text1 - deltapb ' en psi
voliq = frmminorpresion.Text2 * 4.2745825603 ' en bpd
densl = frmminorpresion.rtfdensrelbaja * 62.37 ' en lb/ft^3
diamtp = frmmultifasico.Text8
volgas = frmmultifasico.Text11
prof = frmmultifasico.Text12
densg = frmmultifasico.Text14
'calculos para obtener la caida de presion y volumen a manejar por el pozo
deltap = 5
deltal = 1
Do While (deltal < prof * 1)
tempyac = tempsup + (0.04 * prof)
tempyacR = tempyac + 460
volmasl = voliq * densl * 35.2 / 86400
volmasg = volgas * densg / 86400

```

```

denrel = densl / 62.37
denrelg = densg / 28.97
diamtpft = diamtp / 12
denapi = 141.5 / denrel - 131.5
ygs = denrelg * (1 + 0.00005912 * denapi * tempsup * Log10(presion / 114.7))
rs = 0.0178 * ygs * presion ^ 1.187 * Exp(23.931 * denapi / tempyacR)
f = rs * (densg / densl) ^ 0.5 + 1.25 * tempyac
bo = 0.972 + 0.000147 * f ^ 1.175
rga = volgas / (voliq * 35.2)
'calculo de la viscosidad del aceite
ZZ = (3.0324 - (0.02023 * denapi))
YY = 10 ^ ZZ
XX = YY * (tempsup ^ -1.163)
mom = (10 ^ XX) - 1
bb = 5.44 * (rs + 150) ^ -0.338
aa = 10.715 * (rs + 100) ^ -0.515
viscac = aa * mom ^ bb
Text3.Text = Round(viscac, 4)
'calculo de la viscosidad del gas
dengl = (rga * denrelg - rs * denrelg) / (rga - rs)
XXX = 3.5 + 960 / (tempsup + 460) + 0.2897 * dengl
YYY = 2.4 - 0.2 * XXX
K = ((9.4 + 0.5797 * dengl) * (tempsup + 460) ^ 1.5) / (209 + 550.4 * dengl + (tempsup + 460))
viscgas = K * 10 ^ -4 * Exp(XXX * (densg / 62.428) ^ YYY)
-----
'Función para el cálculo de Z.
Tipo_ac = 1
Dens_rel_g = denrelg
If Tipo_ac = 1 Then
    Tpc = 167 + (316.67 * Dens_rel_g)
    Ppc = 702.5 - (50 * Dens_rel_g)
Else
    Tpc = 238 + (210 * Dens_rel_g)
    Ppc = 740 - (100 * Dens_rel_g)
End If
tpr = (tempyac + 460) / Tpc
ppr = (presion + deltap * 1) / Ppc
If (presion + deltap * 1) < 4000 Then
    Z = 1
    conv = 10
    Do Until (conv < 0.00001)
        Ror = 0.27 * ppr / (Z * tpr)
        A1 = 0.31506
        A2 = -1.0467
        A3 = -0.5783
        A4 = 0.5353
        A5 = -0.6123
        A6 = -0.10489
        A7 = 0.68157
        A8 = 0.68446
        Z1 = 1 + (A1 + A2 / tpr + A3 / tpr ^ 3) * Ror + (A4 + A5 / tpr) * Ror ^ 2 + (A5 * A6 * Ror ^ 5 / tpr) + (A7 *
        Ror ^ 2 / tpr ^ 3) * (1 + A8 * Ror ^ 2) * Exp(-A8 * Ror ^ 2)
        conv = Abs(Z - Z1)
        Z = Z1
    Loop
Else
    ah = 10
    Z = 1

```

```

rors = 1
Do While (Abs(ah) > 0.0001)
t = 1 / tpr
aa = -(0.06125 * t * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2))
ab = 14.76 * t - 9.76 * t ^ 2 + 4.58 * t ^ 3
ac = 90.7 * t - 242.2 * t ^ 2 + 42.4 * t ^ 3
Ad = 29.52 * t - 19.52 * t ^ 2 + 9.16 * t ^ 3
ae = 2.18 + 2.82 * t
ag = 1.18 + 2.82 * t
ah = ppr * aa + (rors + rors ^ 2 + rors ^ 3 - rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 3 - (ab * rors ^ 2 + ac * rors ^ ae)
al = (1 + 4 * rors ^ 2 + 4 * rors ^ 3 + rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 4 - Ad * rors + ae * ac * rors ^ ag
rorc = rors + ah / al
rors = (rorc)
cont = cont + 1
Loop
Z = 0.06125 * ppr * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2) / rors
End If

```

```

bg = 0.02825 * Z * tempyacR / presion
presion2 = presion * 1 + deltap * 1
presionprom = presion + deltap / 2
vsl = 0.01191 * voliq * bo / diamtp ^ 2
vsg = 0.002122 * voliq * (rga - rs) * bg / diamtp ^ 2
vm = vsl + vsg
lamda = vsl / vm
rons = densl * lamda + densg * (1 - lamda)
wm = volmasl + volmasg
froude = 7734.9 * wm ^ 2 / (rons ^ 2 * diamtp ^ 5)
yl = 1.065 * lamda ^ 0.5824 / froude ^ 0.0609
rom = densl * yl + densg * (1 - yl)
viscmez = viscac * lamda + viscgas * (1 - lamda)
re = 124 * diamtp * vm * rons / viscmez
X = lamda / yl ^ 2
s = Log(X) / (-0.0523 + 3.182 * Log(X) - 0.8725 * Log(X ^ 2) + 0.01853 * Log(X ^ 4))
es = Exp(s)
fn = (2 * Log10(re / (4.5223 * Log10(re) - 3.8215))) ^ -2
ftp = fn * es
ek = vm * rom * vsg / (4637 * presionprom)
delta1 = 1 / 144
delta2 = ftp * rons * vm ^ 2 / (5.362 * diamtp)
delta3 = vm * vsg * rom / (144 * 32.2 * presionprom)
deltal = deltap / (delta1 * (rom + delta2) / (1 - delta3))
deltap = deltap + 0.3
Loop

```

```

deltayac = frmmultifasico.Text15 - deltap
gasto = deltayac * frmmultifasico.Text9
gastot = gastotal + gasto
gastogas = rga * gasto * 35.2 + frmmultifasico.Text11

```

```

If Combo1.Text = "Métrico" Then
lblong.Caption = "cm"
lbldiagar.Caption = "cm"
lbldiaboq.Caption = "cm"
lbldiamsuc.Caption = "cm"
lbldiades.Caption = "cm"
lblangconv.Caption = ""
lblangdiv.Caption = ""

```

```

IbIpresion.Caption = "kg/cm^2"
IbIgasto.Caption = "m^3/d"
Label10.Caption = ""
Text1 = Round((Lc * 30.48), 2)
Text2 = Round(de * 30.48, 2)
Text3 = Round(dd * 30.48, 2)
Text4 = Round(Dt * 30.48, 2)
Text5 = Round(dt2 * 30.48, 2)
Text6 = Round(tetac * 180 / 3.1416, 1)
Text7 = Round(tetad * 180 / 3.1416, 1)
Text8 = Round(p2 * 0.0703069579639, 2)
Text9 = Round(gastot * eficiencia * 0.158987294928, 2)
Text10 = Round(caida * 0.0703069579639, 2)
Text11 = Round(L * 30.48, 2)
Text12 = Round(teta * 180 / 3.1416, 1)
Text13 = Round(Lg * 30.48, 2)
Text14 = Round(Ld * 30.48, 2)
Text15 = Round((Ld + Lg + L + Lc) * 30.48, 2)
Text16 = Round(diamdesc * 30.48, 2)
Text17 = Round(3 * L * 30.48, 2)
Text22 = Round(gastogas * eficiencia * 0.028316846592, 2)
Else
IbIlong.Caption = "pg"
IbIldiagar.Caption = "pg"
IbIldiaboq.Caption = "pg"
IbIldiamsuc.Caption = "pg"
IbIldiades.Caption = "pg"
Iblangconv.Caption = ""
Iblangdiv.Caption = ""
IbIpresion.Caption = "lb/pg^2"
IbIgasto.Caption = "bpd"
Label10.Caption = ""
Text1 = Round((Lc) * 12, 2)
Text2 = Round(de * 12, 2)
Text3 = Round(dd * 12, 2)
Text4 = Round(Dt * 12, 2)
Text5 = Round(dt2 * 12, 2)
Text6 = Round(tetac * 180 / 3.1416, 1)
Text7 = Round(tetad * 180 / 3.1416, 1)
Text8 = Round(p2, 2)
Text9 = Round(gastot * eficiencia, 2)
Text10 = Round(caida, 2)
Text11 = Round(L * 12, 2)
Text12 = Round(teta * 180 / 3.1416, 1)
Text13 = Round(Lg * 12, 2)
Text14 = Round(Ld * 12, 2)
Text15 = Round((Ld + Lg + L + Lc) * 12, 2)
Text16 = Round(diamdesc * 12, 2)
Text17 = Round(3 * L * 12, 2)
Text22 = Round(gastogas * eficiencia, 2)

End If
Loop
cuadro.Visible = False
End Sub

```

Static Function Log10(valor)

```
Log10 = Log(valor) / Log(10)
```

End Function

Private Sub Command2_Click()

'abre la el reporte de texto despues de validar la informacion

If Combo1 <> "" Then

frmeyeoptimo.Hide

reportetextoeyectoroptimo.Visible = True

Else

If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados" _
, vbInformation, "Información") = vbOK Then

End If

End If

End Sub

Private Sub Command3_Click()

'abre la el reporte grafico despues de validar la informacion

If Combo1 <> "" Then

frmeyeoptimo.Hide

reportegraficoeyeoptimo.Visible = True

Else

If MsgBox("No ha elegido el sistema en el que requiere los resultados", vbInformation, "Información") =
vbOK Then

End If

End If

End Sub

Private Sub Form_Load()

'enfoca el objeto de seleccion de sistema de unidades

focus = Combo1

End Sub

FrmMain.frm

Private Declare Function SendMessage Lib "user32" Alias "SendMessageA" (ByVal hwnd As Long, ByVal wParam As Long, ByVal lParam As Long, ByVal IPParam As Any) As Long

Const EM_UNDO = &HC7

Private Declare Function OSWinHelp% Lib "user32" Alias "WinHelpA" (ByVal hwnd&, ByVal HelpFile\$,
ByVal wCommand%, dwData As Any)

Private Sub MDIForm_Load()

Me.Left = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainLeft", 1000)

Me.Top = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainTop", 1000)

Me.Width = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainWidth", 6500)

Me.Height = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainHeight", 6500)

LoadNewDoc

End Sub

Private Sub LoadNewDoc()

Static IDocumentCount As Long

Dim frmD As frmDocument

IDocumentCount = IDocumentCount + 1

Set frmD = New frmDocument

frmD.Caption = "Document " & IDocumentCount

frmD.Show

End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)

If Me.WindowState <> vbMinimized Then

```

SaveSetting App.Title, "Settings", "MainLeft", Me.Left
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainTop", Me.Top
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainWidth", Me.Width
SaveSetting App.Title, "Settings", "MainHeight", Me.Height
End If
End Sub

```

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(ByVal Button As MSComCtlLib.Button)

```

On Error Resume Next
Select Case Button.Key
Case "Nuevo"
    LoadNewDoc
Case "Abrir"
    mnuFileOpen_Click
Case "Guardar"
    mnuFileSave_Click
Case "Imprimir"
    mnuFilePrint_Click
Case "Cortar"
    mnuEditCut_Click
Case "Copiar"
    mnuEditCopy_Click
Case "Pegar"
    mnuEditPaste_Click
Case "Negrita"
    ActiveForm.rtfText.SelBold = Not ActiveForm.rtfText.SelBold
    Button.Value = If(ActiveForm.rtfText.SelBold, tbrUnpressed, tbrPressed)
Case "Cursiva"
    ActiveForm.rtfText.SelItalic = Not ActiveForm.rtfText.SelItalic
    Button.Value = If(ActiveForm.rtfText.SelItalic, tbrUnpressed, tbrPressed)
Case "Subrayado"
    ActiveForm.rtfText.SelUnderline = Not ActiveForm.rtfText.SelUnderline
    Button.Value = If(ActiveForm.rtfText.SelUnderline, tbrUnpressed, tbrPressed)
Case "Alinear a la izquierda"
    ActiveForm.rtfText.SelAlignment = rtfLeft
Case "Centrar"
    ActiveForm.rtfText.SelAlignment = rtfCenter
Case "Alinear a la derecha"
    ActiveForm.rtfText.SelAlignment = rtfRight
End Select
End Sub

```

Private Sub mnuHelpAbout_Click()

```

frmAbout.Show vbModal, Me
End Sub

```

Private Sub mnuHelpSearchForHelpOn_Click()

```

Dim nRet As Integer
'no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No hay Ayuda asociada a este proyecto.",
vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    nRet = OSWinHelp(Me.hwnd, App.HelpFile, 261, 0)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If

```



```
End If
End Sub
```

Private Sub mnuHelpContents_Click()

```
Dim nRet As Integer
'no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No hay Ayuda asociada a este proyecto.",
vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    nRet = OSWinHelp(Me.hwnd, App.HelpFile, 3, 0)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub mnuWindowTileVertical_Click()

```
Me.Arrange vbTileVertical
End Sub
```

Private Sub mnuWindowTileHorizontal_Click()

```
Me.Arrange vbTileHorizontal
End Sub
```

Private Sub mnuWindowCascade_Click()

```
Me.Arrange vbCascade
End Sub
```

Private Sub mnuViewStatusBar_Click()

```
mnuViewStatusBar.Checked = Not mnuViewStatusBar.Checked
sbStatusBar.Visible = mnuViewStatusBar.Checked
End Sub
```

Private Sub mnuViewToolbar_Click()

```
mnuViewToolbar.Checked = Not mnuViewToolbar.Checked
tbToolBar.Visible = mnuViewToolbar.Checked
End Sub
```

Private Sub mnuEditPaste_Click()

```
On Error Resume Next
ActiveForm.rtfText.SelRTF = Clipboard.GetText
End Sub
```

Private Sub mnuEditCopy_Click()

```
On Error Resume Next
Clipboard.SetText ActiveForm.rtfText.SelRTF
End Sub
```

Private Sub mnuEditCut_Click()

```
On Error Resume Next
Clipboard.SetText ActiveForm.rtfText.SelRTF
ActiveForm.rtfText.SelText = vbNullString
End Sub
```

Private Sub mnuFileExit_Click()

```

    If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
Unload Me
End
End If
End Sub

```

Private Sub mnuFilePrint_Click()

```

On Error Resume Next
If ActiveForm Is Nothing Then Exit Sub
With dlgCommonDialog
    .DialogTitle = "Imprimir"
    .CancelError = True
    .Flags = cdIPDReturnDC + cdIPDNoPageNums
    If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then
        .Flags = .Flags + cdIPDAllPages
    Else
        .Flags = .Flags + cdIPDSelection
    End If
    .ShowPrinter
    ActiveForm.PrintForm
    Printer.EndDoc
    If Err <> MSCoMDlg.cdlCancel Then
        ActiveForm.rtfText.SelPrint .hDC
    End If
End With
End Sub

```

Private Sub mnuFilePageSetup_Click()

```

On Error Resume Next
With dlgCommonDialog
    .DialogTitle = "Configurar página"
    .CancelError = True
    .ShowPrinter
End With

```

End Sub

Private Sub mnuFileSaveAs_Click()

```

Dim strnewfile As String
    archivoguardar.Text = "*" + frmmenorpresion.rtfnombrebaja + "&" + _
    frmmenorpresion.rtfpresionbaja + "!" + frmmenorpresion.rtfvolumenbaja + _
"$" + frmmenorpresion.rfdiametrobaja + "#" + frmmenorpresion.rtfdensrelbaja + _
"o" + frmmenorpresion.cmbpresion + "@" + frmmenorpresion.Combo1 + "¿" + _
    frmmenorpresion.Combo2 + "?" + frmmayorpresion.rtfnombrealta + "!" + _
    frmmayorpresion.rtfpresionalta + "¬" + frmmayorpresion.rtfvolumenalta + _
    "÷" + frmmayorpresion.rfdiametroalta + "[" + frmmayorpresion.rtfdensrelalta + _
    "]" + frmmayorpresion.cmbpresion + "£" + frmmayorpresion.Combo1 + "Ø" + _
    frmmayorpresion.Combo2 + "¡" + frmComentarios.rtfcomentario.Text + "x"
    dlgCommonDialog.Filter = "Archivos eyectores (*.eye)*.eye"
    dlgCommonDialog.ShowSave
    strnewfile = dlgCommonDialog.FileName
    archivoguardar.SaveFile strnewfile
End Sub

```

Private Sub mnuFileSave_Click()

```
Dim strnewfile As String
archivoguardar.Text = "" + frmmenorpresion.rtfnombrebaja + "&" + _
frmmenorpresion.rtfpresionbaja + "!" + frmmenorpresion.rtfvolumenbaja + _
"$" + frmmenorpresion.rtfdiametrobaja + "#" + frmmenorpresion.rtfdensrelbaja + _
"°" + frmmenorpresion.cmbpresion + "@" + frmmenorpresion.Combo1 + "¿" + _
frmmenorpresion.Combo2 + "?" + frmmayorpresion.rtfnombrealta + "!" + _
frmmayorpresion.rtfpresionalta + "¬" + frmmayorpresion.rtfvolumenalta + _
"±" + frmmayorpresion.rtfdiametroalta + "[]" + frmmayorpresion.rtfdensrelalta + _
"]" + frmmayorpresion.cmbpresion + "£" + frmmayorpresion.Combo1 + "Ø" + _
frmmayorpresion.Combo2 + "!" + frmComentarios.rtfcomentario.Text + "×" + _
frmmultifasico.Text1 + "~" + frmmultifasico.Text2 + "Ç" + _
frmmultifasico.Text5 + "Å" + frmmultifasico.Text6 + "Ä" + frmmultifasico.Text9 + "Û" + _
frmmultifasico.Text13 + "ó" + frmmultifasico.Combo1 + "{" + _
+ frmmultifasico.Combo2 + "}" + frmmultifasico.Combo5 + "ü" + _
frmmultifasico.Combo6 + "!" + frmmultifasico.Combo7 + "â"
dlgCommonDialog.Filter = "Archivos eyectores (*.eye)|*.eye"
dlgCommonDialog.ShowSave
strnewfile = dlgCommonDialog.FileName
archivoguardar.SaveFile strnewfile
```

End Sub

Private Sub mnuFileOpen_Click()

```
Dim stropen As String
dlgCommonDialog.Filter = "Archivos eyectores (*.eye)|*.eye"
dlgCommonDialog.ShowOpen
stropen = dlgCommonDialog.FileName
archivoguardar.LoadFile stropen
```

```
dblEndTime = Timer + 5#
frmDocument.carga.Visible = True
Do While dblEndTime > Timer
DoEvents
```

```
'nombre pozo baja presion
inicio = InStr(archivoguardar.Text, "")
archivoguardar.SelStart = inicio
archivoguardar.Span "&", True, True
frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'presion pozo baja presion
inicio1 = InStr(archivoguardar.Text, "&")
archivoguardar.SelStart = inicio1
archivoguardar.Span "!", True, True
frmmenorpresion.rtfpresionbaja.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'volumen pozo baja presion
inicio2 = InStr(archivoguardar.Text, "!")
archivoguardar.SelStart = inicio2
archivoguardar.Span "$", True, True
frmmenorpresion.rtfvolumenbaja.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'diametro pozo baja presion
inicio3 = InStr(archivoguardar.Text, "$")
archivoguardar.SelStart = inicio3
archivoguardar.Span "#", True, True
frmmenorpresion.rtfdiametrobaja.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'densidad pozo baja presion
inicio4 = InStr(archivoguardar.Text, "#")
archivoguardar.SelStart = inicio4
archivoguardar.Span "", True, True
frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades presion pozo baja presion
inicio5 = InStr(archivoguardar.Text, "")
archivoguardar.SelStart = inicio5
archivoguardar.Span "@", True, True
frmmenorpresion.cmbpresion.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades volumen pozo baja presion
inicio6 = InStr(archivoguardar.Text, "@")
archivoguardar.SelStart = inicio6
archivoguardar.Span "¿", True, True
frmmenorpresion.Combo1.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades diametro pozo baja presion
inicio7 = InStr(archivoguardar.Text, "¿")
archivoguardar.SelStart = inicio7
archivoguardar.Span "?", True, True
frmmenorpresion.Combo2.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'nombre pozo alta presion
inicio = InStr(archivoguardar.Text, "?")
archivoguardar.SelStart = inicio
archivoguardar.Span "|", True, True
frmmayorpresion.rfnombrealta.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'presion pozo alta presion
inicio1 = InStr(archivoguardar.Text, "|")
archivoguardar.SelStart = inicio1
archivoguardar.Span "→", True, True
frmmayorpresion.rtfpresionalta.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'volumen pozo alta presion
inicio2 = InStr(archivoguardar.Text, "→")
archivoguardar.SelStart = inicio2
archivoguardar.Span "÷", True, True
frmmayorpresion.rtfvolumenalta.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'diametro pozo alta presion
inicio3 = InStr(archivoguardar.Text, "÷")
archivoguardar.SelStart = inicio3
archivoguardar.Span "[", True, True
frmmayorpresion.rfdiametroalta.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'densidad pozo alta presion
inicio4 = InStr(archivoguardar.Text, "[")
archivoguardar.SelStart = inicio4
archivoguardar.Span "]", True, True
frmmayorpresion.rfdensrelalta.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades presion pozo alta presion
inicio5 = InStr(archivoguardar.Text, "]", True, True)
archivoguardar.SelStart = inicio5
```

```
archivoguardar.Span "£", True, True  
frmMayorPresion.cmbPresion.Text = archivoguardar SelText
```

```
'unidades volumen pozo alta presion  
inicio6 = InStr(archivoguardar.Text, "£")  
archivoguardar.SelStart = inicio6  
archivoguardar.Span "Ø", True, True  
frmMayorPresion.Combo1.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades diametro pozo alta presion  
inicio7 = InStr(archivoguardar.Text, "Ø")  
archivoguardar.SelStart = inicio7  
archivoguardar.Span "¡", True, True  
frmMayorPresion.Combo2.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'comentarios  
inicio8 = InStr(archivoguardar.Text, "¡")  
archivoguardar.SelStart = inicio8  
archivoguardar.Span "x", True, True  
frmComentarios.rtfComentario.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'temperatura superficie pozo baja presion  
inicio = InStr(archivoguardar.Text, "x")  
archivoguardar.SelStart = inicio  
archivoguardar.Span "~", True, True  
frmMultifasico.Text1.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'diametro tp pozo baja presion  
inicio1 = InStr(archivoguardar.Text, "~")  
archivoguardar.SelStart = inicio1  
archivoguardar.Span "Ç", True, True  
frmMultifasico.Text2.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'volumen de gas pozo baja presion  
inicio4 = InStr(archivoguardar.Text, "Ç")  
archivoguardar.SelStart = inicio4  
archivoguardar.Span "Å", True, True  
frmMultifasico.Text5.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'profundidad del pozo baja presion  
inicio5 = InStr(archivoguardar.Text, "Å")  
archivoguardar.SelStart = inicio5  
archivoguardar.Span "Ä", True, True  
frmMultifasico.Text6.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'indice de productivida del pozo baja presion  
inicio6 = InStr(archivoguardar.Text, "Ä")  
archivoguardar.SelStart = inicio6  
archivoguardar.Span "Û", True, True  
frmMultifasico.Text9.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'densidad del gas pozo baja presion  
inicio2 = InStr(archivoguardar.Text, "Û")  
archivoguardar.SelStart = inicio2  
archivoguardar.Span "ø", True, True  
frmMultifasico.Text13.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades temperatura pozo baja presion
```

```
inicio7 = InStr(archivoguardar.Text, "ó")
archivoguardar.SelStart = inicio7
archivoguardar.Span "{", True, True
frmmultifasico.Combo1.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades diametro pozo baja presion
inicio8 = InStr(archivoguardar.Text, "{")
archivoguardar.SelStart = inicio8
archivoguardar.Span "}", True, True
frmmultifasico.Combo2.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades volumen gas pozo baja presion
inicio11 = InStr(archivoguardar.Text, "}")
archivoguardar.SelStart = inicio11
archivoguardar.Span "ü", True, True
frmmultifasico.Combo5.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades profundidad pozo baja presion
inicio12 = InStr(archivoguardar.Text, "ü")
archivoguardar.SelStart = inicio12
archivoguardar.Span "i", True, True
frmmultifasico.Combo6.Text = archivoguardar.SelText
```

```
'unidades densidad gas pozo baja presion
inicio13 = InStr(archivoguardar.Text, "i")
archivoguardar.SelStart = inicio13
archivoguardar.Span "å", True, True
frmmultifasico.Combo7.Text = archivoguardar.SelText
```

```
Loop
frmDocument.carga.Visible = False
```

```
End Sub
```

Private Sub mnuFileNew_Click()

```
LoadNewDoc
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbYesNo, "Atención") =
vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End If
End Sub
```

Frmmayorpresion.frm

Private Sub cmbpresion_Change()

```
cmbpresion_Click
```

```
End Sub
```

Private Sub cmbpresion_Click()

```
'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
```

```
If rtfpresionalta.Text = "" Then
```

```
    If MsgBox("No ha introducido valor de la presión", vbCritical, "Error") Then
```

```
        End If
```

```
Else
```

```
    unipresion = cmbpresion.Text
```

```

Select Case unipresion
Case "lb/in^2"
Text1 = rtfpresionalta.Text * 1
Case "Kg/cm^2"
'conversion de kg/cm^2 a psi 14.223343071
Text1 = rtfpresionalta.Text * 14.223343071
Case "Bar"
'conversion de bar a psi 14.503773773
Text1 = rtfpresionalta.Text * 14.503773773
Case "Atm"
'conversion de Atmosferas a psi 14.6959487755
Text1 = rtfpresionalta.Text * 14.6959487755
Case "Torr"
'conversion de Torrs a psi 14.6959487755
Text1 = rtfpresionalta.Text * 0.0193367747046
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub cmdcontalta_Click()

```

cmbpresion_Click
Combo1_Click
Combo2_Click
'valida todos los campos para poder continuar y salvar la informacion
If cmbpresion.Text = "" Or Combo1.Text = "" Or Combo2.Text = "" Then
    If MsgBox("Elija las unidades para cada dato", vbCritical, "Error") Then
        End If
Else
    If rtfdensrelalta.Text = "" Or rtfvolumenalta.Text = "" Or rtfpresionalta.Text = "" Or rtfdiametroalta.Text = "" Then
        If MsgBox("No ha llenado alguno de los campos obligatorios", vbCritical, "Error") Then
            End If
        Else
            'If frmmenorpresion.Text1.Text >= Text1.Text Then
            'If MsgBox("La presión de este pozo no puede ser igual o menor que la del pozo de baja presión",
vbCritical, "Error") Then
                'End If
            'Else
            If rtfdensrelalta.Text = "Dato no válido" Then
                If MsgBox("El valor de densidad no es válido", vbCritical, "Error") Then
                    End If
                Else
                frmmayorpresion.Hide
                End If
            End If
            'End If
            'End If
        End If
    End Sub

```

Private Sub Combo1_Change()

```

Combo1_Click
End Sub

```

Private Sub Combo1_Click()

```

'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
If rtfvolumenalta.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de el volumen", vbCritical, "Error") Then
        End If

```

```

Else
univolumen = Combo1.Text
Select Case univolumen
'conversion de bpd a ft^3/h .233940972222
Case "bpd"
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 0.233940972222
Case "gpm"
'conversion de gpm a ft^3/h 8.02083333333
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 8.02083333333
Case "gph"
'conversion de gph a ft^3/h .133680555556
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 0.133680555556
Case "gpd"
'conversion de gpd a ft^3/h 5.57002314815e-3
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 0.00557002314815
Case "mcd"
'conversion de m^3/d a ft^3/h 1.47144444673
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 1.47144444673
Case "pcd"
'conversion de ft^3/d a ft^3/h 1
Text2 = rtfvolumenalta.Text * 1
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub Combo2_Change()

```

Combo2_Click
End Sub

```

Private Sub Combo2_Click()

```

'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
If rtfdiametroalta.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de el diámetro", vbCritical, "Error") Then
        End If
Else
unidiametro = Combo2.Text
Select Case unidiametro
Case "pulg"
'conversion de in a ft 8.33333333333e-2
Text3 = rfdiametroalta.Text * 0.0833333333333
Case "mm"
'conversion de mm a ft 3.28083989501e-3
Text3 = rfdiametroalta.Text * 0.00328083989501
Case "cm"
'conversion de cm a ft 3.28083989501e-2
Text3 = rfdiametroalta.Text * 0.0328083989501
Case "pies"
'conversion de ft a ft 1
Text3 = rfdiametroalta.Text * 1
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub optapialta_Click()

```

'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad en ° API"
densidad = InputBox(mensaje, "Datos")

```



```

If densidad = "" Then
densidad = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidad)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        End If
        densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
        If densidad = "" Then
            densidad = 0
        End If
        numerico = IsNumeric(densidad)
Loop
If densidad > 0 Then
rtfdensrelalta.Text = Round(141.5 / (densidad + 131.5), 4)
Else
rtfdensrelalta.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub optdensalta_Click()

```

'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad"
densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
If densidad = "" Then
densidad = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidad)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        End If
        densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
        If densidad = "" Then
            densidad = 0
        End If
        numerico = IsNumeric(densidad)
Loop
If densidad > 0 Then
rtfdensrelalta.Text = Round(densidad / 62.37, 4)
Else
rtfdensrelalta.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub optdensrel_Click()

```

'convierte las unidades dadas a las que el programa requiere para trabajar
Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad relativa"
densidadrel = InputBox(mensaje, "Datos")
If densidadrel = "" Then
densidadrel = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidadrel)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        End If
        densidadrel = InputBox(mensaje, "Datos")

```

```

    If densidadrel = "" Then
        densidadrel = 0
    End If
    numerico = IsNumeric(densidadrel)
Loop
If densidadrel > 0 Then
    rtfdensrelalta.Text = Round(densidadrel, 4)
Else
    rtfdensrelalta.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub rtfdiametroalta_Change()

```

'valida la informacion
valordiametroalta = rfdiametroalta.Text
numerico = IsNumeric(valordiametroalta)
If numerico = False Then
    rfdiametroalta.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfnombrealta_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

'mueve el cursor al presionar enter
If KeyAscii = 13 Then
    If rtfnombrealta.Text <> "" Then
        rtfpresionalta.SetFocus
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfpresionalta_Change()

```

'valida la informacion
valorpresiondescargaalta = rtfpresionalta.Text
numerico = IsNumeric(valorpresiondescargaalta)
If numerico = False Then
    rtfpresionalta.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfpresionalta_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

'mueve el cursor al presionar enter
If KeyAscii = 13 Then
    If rtfpresionalta.Text <> "" Then
        rtfvolumenalta.SetFocus
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfvolumenalta_Change()

```

'valida la informacion
valorvolumenalta = rtfvolumenalta.Text
numerico = IsNumeric(valorvolumenalta)

```

```

If numerico = False Then
    rtfvolumenalta.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfvolumenalta_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

'mueve el cursor al presionar enter
If KeyAscii = 13 Then
    If rtfvolumenalta.Text <> "" Then
        rfdiametroalta.SetFocus
    End If
End If
End Sub

```

Tesis.frm

Private Sub cmbpresion_Change()

```

cmbpresion_Click
End Sub

```

Private Sub cmbpresion_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If rtfpresionbaja.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de la presión", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        unipresion = cmbpresion.Text
        Select Case unipresion
            Case "lb/in^2"
                Text1 = rtfpresionbaja.Text * 1
            Case "Kg/cm^2"
                'conversion de kg/cm^2 a psi 14.223343071
                Text1 = rtfpresionbaja.Text * 14.223343071
            Case "Bar"
                'conversion de bar a psi 14.503773773
                Text1 = rtfpresionbaja.Text * 14.503773773
            Case "Atm"
                'conversion de Atmosferas a psi 14.6959487755
                Text1 = rtfpresionbaja.Text * 14.6959487755
            Case "Torr"
                'conversion de Torrs a psi 14.6959487755
                Text1 = rtfpresionbaja.Text * 0.0193367747046
        End Select
    End If
End Sub

```

Private Sub cmdcontbaja_Click()

```

cmbpresion_Click
Combo1_Click
Combo2_Click
'valida la informacion y la guarda
If cmbpresion.Text = "" Or Combo1.Text = "" Or Combo2.Text = "" Then
    If MsgBox("Elija las unidades para cada dato", vbCritical, "Error") Then
        End If
    End If

```

```

Else
  If rtfdensrelbaja.Text = "" Or rtfvolumenbaja.Text = "" Or rtfpresionbaja.Text = "" Or rtfdiametrobaja.Text
= "" Then
    If MsgBox("No ha llenado alguno de los campos obligatorios", vbCritical, "Error") Then
      End If
    Else
      If rtfdensrelbaja.Text = "Dato no válido" Then
        If MsgBox("El valor de densidad no es válido", vbCritical, "Error") Then
          End If
        Else
          frmmenorpresion.Hide
          frmmultifasico.Show
        End If
      End If
    End If
  End If
End Sub

```

Private Sub Combo1_Change()

```

Combo1_Click
End Sub

```

Private Sub Combo1_Click()

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa

```

If rtfvolumenbaja.Text = "" Then
  If MsgBox("No ha introducido valor de el volumen", vbCritical, "Error") Then
    End If

```

```

Else
  univolumen = Combo1.Text
  Select Case univolumen
  'conversion de bpd a ft^3/h .233940972222
  Case "bpd"
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 0.233940972222
  Case "gpm"
    'conversion de gpm a ft^3/h 8.02083333333
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 8.02083333333
  Case "gph"
    'conversion de gph a ft^3/h .133680555556
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 0.133680555556
  Case "gpd"
    'conversion de gpd a ft^3/h 5.57002314815e-3
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 0.00557002314815
  Case "mcd"
    'conversion de m^3/d a ft^3/h 1.47144444673
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 1.47144444673
  Case "pcd"
    'conversion de ft^3/d a ft^3/h 1
    Text2 = rtfvolumenbaja.Text * 1
  End Select
End If
End Sub

```

Private Sub Combo2_Change()

```

Combo2_Click
End Sub

```

Private Sub Combo2_Click()

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa

```

If rtfdiametrobaja.Text = "" Then

```

```

    If MsgBox("No ha introducido valor de el diámetro", vbCritical, "Error") Then
    End If
Else
unidiámetro = Combo2.Text
Select Case unidiámetro
Case "pulg"
'conversion de in a ft 8.333333333333e-2
Text3 = rtdiámetrobaja.Text * 0.083333333333
Case "mm"
'conversion de mm a ft 3.28083989501e-3
Text3 = rtdiámetrobaja.Text * 0.00328083989501
Case "cm"
'conversion de cm a ft 3.28083989501e-2
Text3 = rtdiámetrobaja.Text * 0.0328083989501
Case "pies"
'conversion de ft a ft 1
Text3 = rtdiámetrobaja.Text * 1
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub optapibaja_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad en ° API"
densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
If densidad = "" Then
densidad = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidad)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
    End If
    densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
    If densidad = "" Then
    densidad = 0
    End If
    numerico = IsNumeric(densidad)
Loop
If densidad > 0 Then
rtdensrelbaja.Text = Round(141.5 / (densidad + 131.5), 4)
Else
rtdensrelbaja.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub optdensbaja_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad"
densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
If densidad = "" Then
densidad = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidad)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
    End If

```

```

    densidad = InputBox(mensaje, "Datos")
    If densidad = "" Then
        densidad = 0
    End If
    numerico = IsNumeric(densidad)
Loop
If densidad > 0 Then
    rfdensrelbaja.Text = Round(densidad / 62.37, 4)
Else
    rfdensrelbaja.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub optdensrel_Click()

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa

```

Dim mensaje As String
mensaje = "Introduzca el valor de la densidad relativa"
densidadrel = InputBox(mensaje, "Datos")
If densidadrel = "" Then
    densidadrel = 0
End If
numerico = IsNumeric(densidadrel)
Do While numerico = False
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        End If
        densidadrel = InputBox(mensaje, "Datos")
        If densidadrel = "" Then
            densidadrel = 0
        End If
        numerico = IsNumeric(densidadrel)
Loop
If densidadrel > 0 Then
    rfdensrelbaja.Text = Round(densidadrel, 4)
Else
    rfdensrelbaja.Text = "Dato no válido"
End If
End Sub

```

Private Sub rtdiametrobaja_Change()

```

'valida los datos de esta casilla
valordiametrobaja = rtdiametrobaja.Text
numerico = IsNumeric(valordiametrobaja)
If numerico = False Then
    rtdiametrobaja.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
End If
End Sub

```

Private Sub rtfnombrebaja_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'cambia de posicion el cursor cuando se oprime enter

```

If KeyAscii = 13 Then
    If rtfnombrebaja.Text <> "" Then
        rtfpresionbaja.SetFocus
    End If
End If

```

End Sub

Private Sub rtfpresionbaja_Change()

```
'valida los datos de esta casilla
valorpresiondescargabaja = rtfpresionbaja.Text
numerico = IsNumeric(valorpresiondescargabaja)
If numerico = False Then
rtfpresionbaja.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
End If
End Sub
```

Private Sub rtfpresionbaja_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'cambia de posicion el cursor al oprimir enter
If KeyAscii = 13 Then
    If rtfpresionbaja.Text <> "" Then
        rtfvolumenbaja.SetFocus
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub rtfvolumenbaja_Change()

```
'valida los datos de esta casilla
valorvolumenbaja = rtfvolumenbaja.Text
numerico = IsNumeric(valorvolumenbaja)
If numerico = False Then
rtfvolumenbaja.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
End If
End Sub
```

Private Sub rtfvolumenbaja_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'cambia de posicion el cursor al oprimir enter
If KeyAscii = 13 Then
    If rtfvolumenbaja.Text <> "" Then
        rtfdiametrobaja.SetFocus
    End If
End If
End Sub
```

Multifasico.frm

Private Sub Combo1_Change()

```
Combo1_Click
End Sub
```

Private Sub Combo1_Click()

```
'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If Text1.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de la temperatura", vbCritical, "Error") Then
        End If
Else
temp = Combo1.Text
Select Case temp
```

```

Case "" F"
Text7 = Text1.Text * 1
Case "" C"
'conversion de C a F (9/5*C+32)
Text7 = (9 / 5) * Text1.Text + 32
Case "" K"
'conversion de K a F (K-273)*(9/5)+32
Text7 = (Text1.Text - 273) * (9 / 5) + 32
Case "" R"
'conversion de R a F (R-460)
Text7 = Text1.Text - 460
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub Combo2_Change()

```

Combo2_Click
End Sub

```

Private Sub Combo2_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If Text2.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de el diámetro", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        diametro = Combo2.Text
        Select Case diametro
        Case "pulg"
            'conversion de in a in
            Text8 = Text2.Text * 1
        Case "mm"
            'conversion de mm a in mm/25.4
            Text8 = Text2.Text / 25.4
        Case "cm"
            'conversion de cm a in in/2.54
            Text8 = Text2.Text / 2.54
        Case "pies"
            'conversion de ft a in
            Text8 = Text2.Text * 12
        Case "m"
            'conversion de m a in m/.0254
            Text8 = Text2.Text / 0.0254
        End Select
    End If
End Sub

```

Private Sub Combo5_Change()

```

Combo5_Click
End Sub

```

Private Sub Combo5_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If Text5.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de el volumen", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        volumen = Combo5.Text
        Select Case volumen

```



```

'conversion de pcd a pcd 1
Case "pcd"
Text11 = Text5.Text * 1
Case "mcd"
'conversion de mcd a pcd 35.3146667215
Text11 = Text5.Text * 35.3146667215
Case "mmpcd"
'conversion de mmpcd a pcd * 1000000
Text11 = Text5.Text * 1000000
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub Combo6_Change()

```

Combo6_Click
End Sub

```

Private Sub Combo6_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If Text6.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de la profundidad", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        prof = Combo6.Text
        Select Case prof
        Case "pies"
            'conversion de pies a pies
            Text12 = Text6.Text * 1
        Case "metros"
            'conversion de metros a pies
            Text12 = Text6.Text * 3.28083989501
        Case "millas"
            'conversion de millas a pies
            Text12 = Text6.Text * 5280
        Case "kilometros"
            'conversion de km a pies
            Text12 = Text6.Text * 3280.83989501
        End Select
    End If
End Sub

```

Private Sub Combo7_Change()

```

Combo7_Click
End Sub

```

Private Sub Combo7_Click()

```

'convierte los valores que se introdujeron a las unidades que requiere el programa
If Text7.Text = "" Then
    If MsgBox("No ha introducido valor de la densidad", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Else
        densidadg = Combo7.Text
        Select Case densidadg
        Case "dens. rel"
            'conversion de sg a lb/ft^3
            Text14 = Text13.Text * 28.97
        Case "lb/pie^3"
            'conversion de lb/ft^3 a lb/ft^3

```

```

Text14 = Text13.Text * 1
End Select
End If
End Sub

```

Private Sub Command1_Click()

```

    dblEndTime = Timer + 2#
    cuadro.Visible = True
    Do While dblEndTime > Timer
        DoEvents
    Combo1_Click
    Combo2_Click
    Combo5_Click
    Combo6_Click
    Combo7_Click
        If Combo1.Text = "" Or Combo2.Text = ""
            Or Combo5.Text = "" Or Combo6.Text = "" Or Combo7.Text = "" Or Text7.Text = ""
            Or Text8.Text = "" Or Text11.Text = ""
            Or Text12.Text = "" Or Text14.Text = "" Then
                If MsgBox("falta introducir algún dato", vbCritical, "Error") Then
                    End If
                Else
                    tempsup = Text7
                    presion = frmmenorpresion.Text1 ' en psi
                    voliq = frmmenorpresion.Text2 * 4.2745825603 ' en bpd
                    densl = frmmenorpresion.rtfdensrelbaja * 62.37 ' en lb/ft^3
                    diamtp = Text8
                    volgas = Text11
                    prof = Text12
                    densg = Text14
                    'calculos para obtener la caida de presion y volumen a manejar por el pozo
                    deltap = 5
                    deltal = 1
                    Do While (deltal < prof * 1)
                        tempyac = tempsup + (0.04 * prof)
                        tempyacR = tempyac + 460
                        volmasl = voliq * densl * 35.2 / 86400
                        volmasg = volgas * densg / 86400
                        denrel = densl / 62.37
                        denrelg = densg / 28.97
                        diamtpft = diamtp / 12
                        denapi = 141.5 / denrel - 131.5
                        ygs = denrelg * (1 + 0.00005912 * denapi * tempsup * Log10(presion / 114.7))
                        rs = 0.0178 * ygs * presion ^ 1.187 * Exp(23.931 * denapi / tempyacR)
                        f = rs * (densg / densl) ^ 0.5 + 1.25 * tempyac
                        bo = 0.972 + 0.000147 * f ^ 1.175
                        rga = volgas / (voliq * 35.2)
                        Text10 = rga
                    'calculo de la viscosidad del aceite
                    ZZ = (3.0324 - (0.02023 * denapi))
                    YY = 10 ^ ZZ
                    XX = YY * (tempsup ^ -1.163)
                    mom = (10 ^ XX) - 1
                    bb = 5.44 * (rs + 150) ^ -0.338
                    aa = 10.715 * (rs + 100) ^ -0.515
                    viscac = aa * mom ^ bb
                    Text3.Text = Round(viscac, 4)
                    'calculo de la viscosidad del gas

```

```

dengl = (rga * denrelg - rs * denrelg) / (rga - rs)
XXX = 3.5 + 960 / (tempsup + 460) + 0.2897 * dengl
YYY = 2.4 - 0.2 * XXX
K = ((9.4 + 0.5797 * dengl) * (tempsup + 460) ^ 1.5) / (209 + 550.4 * dengl + (tempsup + 460))
viscgas = K * 10 ^ -4 * Exp(XXX * (densg / 62.428) ^ YYY)
Text4.Text = Round(viscgas, 4)

```

'Función para el cálculo de Z.

```

Tipo_ac = 1
Dens_rel_g = denrelg
If Tipo_ac = 1 Then
    Tpc = 167 + (316.67 * Dens_rel_g)
    Ppc = 702.5 - (50 * Dens_rel_g)
Else
    Tpc = 238 + (210 * Dens_rel_g)
    Ppc = 740 - (100 * Dens_rel_g)
End If
tpr = (tempyac + 460) / Tpc
ppr = (presion + deltap * 1) / Ppc
If (presion + deltap * 1) < 4000 Then
    Z = 1
    conv = 10
    Do Until (conv < 0.00001)
        Ror = 0.27 * ppr / (Z * tpr)
        A1 = 0.31506
        A2 = -1.0467
        A3 = -0.5783
        A4 = 0.5353
        A5 = -0.6123
        A6 = -0.10489
        A7 = 0.68157
        A8 = 0.68446
        Z1 = 1 + (A1 + A2 / tpr + A3 / tpr ^ 3) * Ror + (A4 + A5 / tpr) * Ror ^ 2 + (A5 * A6 * Ror ^ 5 / tpr) + (A7 *
        Ror ^ 2 / tpr ^ 3) * (1 + A8 * Ror ^ 2) * Exp(-A8 * Ror ^ 2)
        conv = Abs(Z - Z1)
        Z = Z1
    Loop
Else
    ah = 10
    Z = 1
    rors = 1
    Do While (Abs(ah) > 0.0001)
        t = 1 / tpr
        aa = -(0.06125 * t * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2))
        ab = 14.76 * t - 9.76 * t ^ 2 + 4.58 * t ^ 3
        ac = 90.7 * t - 242.2 * t ^ 2 + 42.4 * t ^ 3
        Ad = 29.52 * t - 19.52 * t ^ 2 + 9.16 * t ^ 3
        ae = 2.18 + 2.82 * t
        ag = 1.18 + 2.82 * t
        ah = ppr * aa + (rors + rors ^ 2 + rors ^ 3 - rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 3 - (ab * rors ^ 2 + ac * rors ^ ae)
        al = (1 + 4 * rors ^ 2 + 4 * rors ^ 3 + rors ^ 4) / (1 + rors) ^ 4 - Ad * rors + ae * ac * rors ^ ag
        rorc = rors + ah / al
        rors = (rorc)
        cont = cont + 1
    Loop
    Z = 0.06125 * ppr * Exp(-1.2 * (1 - t) ^ 2) / rors
End If

```

```

bg = 0.02825 * Z * tempyacR / presion
presion2 = presion * 1 + deltap * 1
presionprom = presion + deltap / 2
vsl = 0.01191 * voliq * bo / diamtp ^ 2
vsg = 0.002122 * voliq * (rga - rs) * bg / diamtp ^ 2
vm = vsl + vsg
lamda = vsl / vm
rons = densl * lamda + densg * (1 - lamda)
wm = volmasl + volmasg
froude = 7734.9 * wm ^ 2 / (rons ^ 2 * diamtp ^ 5)
yl = 1.065 * lamda ^ 0.5824 / froude ^ 0.0609
rom = densl * yl + densg * (1 - yl)
viscmez = viscac * lamda + viscgas * (1 - lamda)
re = 124 * diamtp * vm * rons / viscmez
X = lamda / yl ^ 2
s = Log(X) / (-0.0523 + 3.182 * Log(X) - 0.8725 * Log(X ^ 2) + 0.01853 * Log(X ^ 4))
es = Exp(s)
fn = (2 * Log10(re / (4.5223 * Log10(re) - 3.8215))) ^ -2
ftp = fn * es
ek = vm * rom * vsg / (4637 * presionprom)
delta1 = 1 / 144
delta2 = ftp * rons * vm ^ 2 / (5.362 * diamtp)
delta3 = vm * vsg * rom / (144 * 32.2 * presionprom)
deltal = deltap / (delta1 * (rom + delta2) / (1 - delta3))
deltap = deltap + 0.3
Text15 = deltap
Label8 = deltal
Loop
'pausa para prueba hola = deltap(i(i))
frmmultifasico.Hide
End If
    Loop
    cuadro.Visible = False
    frmmultifasico.Hide
End Sub

```

Static Function Log10(valor)

```

    Log10 = Log(valor) / Log(10)
End Function

```

Private Sub Text1_Change()

```

'valida los datos de esta casilla
valor = Text1.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text1.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
            End If
    End If
End Sub

```

Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

'cambia de posicion el cursor al oprimir enter
If KeyAscii = 13 Then
    If Text1.Text <> "" Then
        Text2.SetFocus
    End If
End Sub

```

```
End If
End Sub
```

Private Sub Text14_Change()

```
If Combo1.Text <> "" And Combo2.Text <> ""
And Combo5.Text <> "" And Combo6.Text <> "" And Combo7.Text <> "" And Text7.Text <> ""
And Text8.Text <> "" And Text11.Text <> ""
And Text12.Text <> "" And Text14.Text <> "" Then
Command1_Click
End If
End Sub
```

Private Sub Text2_Change()

```
'valida los datos de esta casilla
valor = Text2.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text2.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text2_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'cambia de posicion el cursor al oprimir enter
If KeyAscii = 13 Then
    If Text2.Text <> "" Then
        Text5.SetFocus
    End If
End If
End Sub
Private Sub Text5_Change()
'valida los datos de esta casilla
valor = Text5.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text5.Text = ""
    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
        Else
        End If
End If
End Sub
```

Private Sub Text5_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```
'cambia de posicion el cursor al oprimir enter
If KeyAscii = 13 Then
    If Text5.Text <> "" Then
        Text6.SetFocus
    End If
End If
End Sub
Private Sub Text6_Change()
'valida los datos de esta casilla
valor = Text6.Text
numerico = IsNumeric(valor)
If numerico = False Then
Text6.Text = ""
```

```

    If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then
    Else
    End If
End If
End Sub

```

Private Sub Text6_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'cambia de posicion el cursor al oprimir enter

```

If KeyAscii = 13 Then
    If Text6.Text <> "" Then
    Text13.SetFocus
    End If
End If
End Sub

```

End If

End Sub

Private Sub Text13_Change()

'valida los datos de esta casilla

valor = Text13.Text

numerico = IsNumeric(valor)

If numerico = False Then

Text13.Text = ""

 If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then

 Else

 End If

End If

End Sub

Private Sub Text13_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'cambia de posicion el cursor al oprimir enter

```

If KeyAscii = 13 Then

```

 If Text13.Text <> "" Then

 Text9.SetFocus

 End If

End If

End Sub

Private Sub Text9_Change()

'valida los datos de esta casilla

valor = Text9.Text

numerico = IsNumeric(valor)

If numerico = False Then

Text9.Text = ""

 If MsgBox("El dato a introducir debe ser numérico", vbCritical, "Error") Then

 Else

 End If

End If

End Sub

Private Sub Text9_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'cambia de posicion el cursor al oprimir enter

```

If KeyAscii = 13 Then

```

 If Text9.Text <> "" Then

 Combo1.SetFocus

 End If

End If

End Sub

Frmpregunta.frm

Private Sub Option1_Click(Index As Integer)

```
'activa la opcion de eyector optimo
frmpregunta.Hide
frmstatusbar.Visible = True
caso = 1
End Sub
```

Private Sub Option1_Db1Click(Index As Integer)

```
frmpregunta.Hide
frmstatusbar.Visible = True
caso = 1
End Sub
```

Private Sub Option2_Click(Index As Integer)

```
'activa la opcion de caida de presion
frmpregunta.Hide
frmstatusbar.Visible = True
caso = 2
End Sub
```

Private Sub Option2_Db1Click(Index As Integer)

```
frmpregunta.Hide
frmstatusbar.Visible = True
caso = 2
End Sub
```

Barra.frm

Option Explicit

```
'subrutina que muestra la barra de progreso mientras el programa realiza los
'calculos
```

```
Private Const SWP_NOACTIVATE = &H10
```

```
Private Const SWP_SHOWWINDOW = &H40
```

```
Private Const SWP_NOMOVE = 2
```

```
Private Const SWP_NOSIZE = 1
```

```
Private Const HWND_FLAGS = SWP_NOMOVE Or SWP_NOSIZE
```

```
Private Const HWND_TOPMOST = -1
```

```
Private Const HWND_NOTOPMOST = -2
```

```
Private Declare Function SetWindowPos Lib "user32" _
    (ByVal hwnd As Long, ByVal hwndInsertAfter As Long, _
    ByVal X As Long, ByVal Y As Long, ByVal cx As Long, _
    ByVal cy As Long, ByVal wParam As Long) As Long
```

```
Private Const SM_CYFULLSCREEN = 17
```

```
Private Const SM_CXFULLSCREEN = 16
```

```
Private Declare Function GetSystemMetrics Lib "user32" _
    (ByVal nIndex As Long) As Long
```

Public Sub StatusBar(ByVal iCurrAmt As Long, ByVal iMaxAmt As Long)

```
Dim sMsg As String
```

```
Dim sPerCent As String
```

```
Dim iPerCent As Integer
```

```
Dim iLeft As Long
```

```
Dim iTop As Long
```

```
Dim iRight As Long
```

```
Dim iBottom As Long
```

```
Dim iLineWidth As Long
```

```
Dim iCalcAmt As Long
```

```
Const DGREYcolor As Long = &H808080
```

```

Const LGREYcolor As Long = &HC0C0C0
Const WHITEcolor As Long = &HFFFFFF
Const COPYPEN = 13
Const XORPEN = 7
If ICurrAmt >= IMaxAmt Then ICurrAmt = IMaxAmt - 1
ICalcAmt = IMaxAmt - ICurrAmt
iPerCent = (100 - Int(100 * ICalcAmt / IMaxAmt))
If iPerCent < 0 Then
    iPerCent = 0
Else
    If iPerCent > 100 Then
        iPerCent = 100
    End If
End If
picStatus.Tag = iPerCent
sPerCent = CStr(iPerCent) & "%"
picStatus.DrawMode = COPYPEN
iLineWidth = Screen.TwipsPerPixelX
If picStatus.BorderStyle <> 0 Then
    picStatus.BorderStyle = 0
End If
iLeft = iLineWidth
iTop = iLineWidth
iRight = picStatus.ScaleWidth - iLineWidth
iBottom = picStatus.ScaleHeight - iLineWidth
picStatus.Line (iLeft, iTop)-(iRight, iBottom), picStatus.BackColor, BF
With picStatus
    .CurrentX = (.ScaleWidth - .TextWidth(sPerCent)) / 2
    .CurrentY = (.ScaleHeight - .TextHeight(sPerCent)) / 2
    picStatus.Print sPerCent
End With
If iPerCent > 0 Then
    With picStatus
        .DrawMode = XORPEN
        picStatus.Line (iLeft, iTop)-((iRight / 100) * iPerCent, iBottom), vbBlack, BF
        picStatus.Line (iLeft, iTop)-((iRight / 100) * iPerCent, iBottom), vbWhite, BF
    End With
End If
With picStatus
    .DrawMode = COPYPEN
    picStatus.Line (iRight, iLineWidth)-(iRight, iBottom), vbWhite, BF
    picStatus.Line (iLineWidth, iBottom)-(iRight, iBottom), vbWhite, BF
    picStatus.Line (0, 0)-(iRight, 0), DGREYcolor, BF
    picStatus.Line (0, 0)-(0, iBottom), DGREYcolor, BF
End With
picStatus.Line (iLeft, iTop)-(iRight - iLineWidth, iBottom - iLineWidth), LGREYcolor, B
End Sub

```

Private Sub Center_Form(frm As Form)

```

frm.Left = Screen.TwipsPerPixelX * GetSystemMetrics(SM_CXFULLSCREEN) / 2 - frm.Width / 2
frm.Top = Screen.TwipsPerPixelY * GetSystemMetrics(SM_CYFULLSCREEN) / 2 - frm.Height / 2
End Sub

```

Private Sub cmdCancel_Click()

```

If MsgBox("Ha pulsado cancelar, esta usted seguro", vbYesNo, "Alerta") = vbYes Then
    Unload frmstatusbar
    If MsgBox("No se ha procesado su informacion", vbInformation, "Informacion") = vbOK Then
        frmpregunta.Visible = True
    End If
End If

```



```

    frmeyeoptimo.Hide
    Exit Sub
End If
Else
frmeyeoptimo.Visible = True
End If
End Sub

```

Private Sub Form_Load()

```

Dim IRetVal As Long
Center_Form frmstatusbar
IRetVal = SetWindowPos(frmstatusbar.hwnd, HWND_TOPMOST, 0, 0, 0, 0, HWND_FLAGS)
With frmstatusbar
    .Timer1.Enabled = True
    .lblSource.Caption = ""
    .lblDest.Caption = ""
    .Show vbModeless
    .Refresh
    .cmdCancel.SetFocus
End With
End Sub

```

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)

```

SetWindowPos frmstatusbar.hwnd, HWND_NOTOPMOST, 0, 0, 0, 0, HWND_FLAGS
Timer1.Enabled = False
Select Case UnloadMode
    Case 0
        Unload frmstatusbar
        frmpregunta.Hide
        Set frmstatusbar = Nothing
    Case 1
        Unload frmstatusbar
        frmpregunta.Hide
        Set frmstatusbar = Nothing
    Case 2: Exit Sub
    Case 3: Exit Sub
    Case 4: Exit Sub
End Select
End Sub

```

Private Sub Timer1_Timer()

```

Static ICurrAmt As Long
Dim ICalcAmt As Long
Dim iPerCnt As Integer
Const IMaxAmt As Long = 5
lblSource.Caption = "Calculando resultados del eyector optimo a utilizar"
lblDest.Caption = "Espere un momento por favor..."
Caption = "Barra de progreso"
ICurrAmt = ICurrAmt + 1
StatusBar ICurrAmt, IMaxAmt
If ICurrAmt = IMaxAmt Then
    Timer1.Enabled = False
    Unload Me
    If frmpregunta.caso = 1 Then
        frmeyeoptimo.Visible = True
    Else
        If frmpregunta.caso = 2 Then
            frmcaidapresion.Visible = True
        End If
    End If
End If

```

```
End If
End If
End If
End Sub
```

Reportecaidapresion.frm

Private Sub cmdcalculaotro_Click()

```
'cierra las pantallas actuales y vuelve al inicio
Unload Me
frmDocument.Visible = True
End Sub
```

Private Sub cmdsalir_Click()

```
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End If
End Sub
```

Private Sub atras_Click()

```
'vuelve una ventana atras
Unload Me
frmcaidapresion.Visible = True
End Sub
```

Private Sub Command1_Click()

```
On Error Resume Next
With dlgCommonDialog
.DialogTitle = "Imprimir"
.CancelError = True
.Flags = cdIPDReturnDC + cdIPDNoPageNums
If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then
.Flags = .Flags + cdIPDAllPages
Else
.Flags = .Flags + cdIPDSelection
End If
.ShowPrinter
reportecaidapresion.PrintForm
Printer.EndDoc
End With
End Sub
```

Private Sub Form_Load()

```
If frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text = "" Then
etiqueta = "Pozo 2"
Else
etiqueta = frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text
End If
If frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text = "" Then
etiqueta1 = "Pozo 1"
Else
etiqueta1 = frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text
End If
Label2.Caption = "Reporte del cálculo de eyector requerido para los pozos: " + etiqueta1 + " y " + etiqueta
If frmComentarios.rtfcomentario.Text <> "" Then
```

```

If frmcaidapresion.Check1.Value = 1 Then
    lblcomentario = frmComentarios.rtfcomentario.Text
Else
    lblcomentario = "No existen comentarios"
End If
Else
    lblcomentario = "No existen comentarios"
End If
presionalta = frmmayorpresion.Text1.Text
volumenalta = frmmayorpresion.Text2.Text
diametroalta = frmmayorpresion.Text3.Text
presionbaja = frmmenorpresion.Text1.Text
volumenbaja = frmmenorpresion.Text2.Text
diametrobaja = frmmenorpresion.Text3.Text
If frmcaidapresion.Combo1 = "Métrico" Then
    presion = Round(presionalta * 0.0703069579639, 2)
    volumen = Round(volumenalta * 0.679604318208, 2)
    diametro = Round(diametroalta * 30.48, 2)
    presionb = Round(presionbaja * 0.0703069579639, 2)
    volumenb = Round(volumenbaja * 0.679604318208, 2)
    diametrob = Round(diametrobaja * 30.48, 2)
    Text24.Text = "kg/cm^2"
    Text25.Text = "m^3/d"
    Text26.Text = "cm"
    Text30.Text = "m^3/d"
Else
    presion = Round(presionalta * 1, 2)
    volumen = Round(volumenalta / 0.233940972222, 2)
    diametro = Round(diametroalta * 12, 2)
    presionb = Round(presionbaja * 1, 2)
    volumenb = Round(volumenbaja / 0.233940972222, 2)
    diametrob = Round(diametrobaja * 12, 2)
    Text24.Text = "psi"
    Text25.Text = "bpd"
    Text26.Text = "in"
    Text30.Text = "pcd"
End If
Text1 = etiqueta1
Text2 = presion.Text + " " + Text24.Text
Text3 = volumen.Text + " " + Text25.Text
Text4 = diametro.Text + " " + Text26.Text
Text5 = Round(frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text, 4)
Text6 = etiqueta
Text7 = presionb.Text + " " + Text24.Text
Text8 = volumenb.Text + " " + Text25.Text
Text9 = diametrob.Text + " " + Text26.Text
Text10 = Round(frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text, 4)
Text11 = frmcaidapresion.Text11.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text12 = frmcaidapresion.Text12.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text13 = frmcaidapresion.Text13.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text14 = frmcaidapresion.Text14.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text15 = frmcaidapresion.Text1.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text16 = frmcaidapresion.Text3.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text17 = frmcaidapresion.Text16.Text + " °"
Text18 = frmcaidapresion.Text17.Text + " °" + " y " + frmcaidapresion.Text18.Text + " °"
Text19 = frmcaidapresion.Text6.Text + " " + frmcaidapresion.Label6.Caption
Text20 = frmcaidapresion.Text7.Text + " " + frmcaidapresion.Label7.Caption
Text21 = frmcaidapresion.Text8.Text + " " + frmcaidapresion.Label6.Caption

```

```

Text22 = frmcaidapresion.Text4.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text23 = frmcaidapresion.Text5.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
Text27 = frmcaidapresion.Text9 + " " + frmcaidapresion.Label5.Caption
Text28 = frmcaidapresion.Text10
Text29 = frmcaidapresion.Text2.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
If frmcaidapresion.Text3.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text2.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text4.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text16.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text11.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text1.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text8.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text9.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text10.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text14.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text13.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text17.Text < 0
Then
    If MsgBox("Existe un error de congruencia de datos favor de verificar," _
    & " presionar calcular otro eyector para corregir", vbCritical, "Error") Then
    End If
    lblcomentario = "Al existir valores negativos en los resultados significa que" _
    & " algún dato no es el correcto para realizar los cálculos, este puede ser un" _
    & " diámetro muy pequeño o un gasto demasiado grande para los datos geométricos dados, " _
    & " pruebe incrementando los diámetros"
Else
End If
End Sub

```

Private Sub imprime_Click()

```

Command1_Click
End Sub

```

Private Sub salir_Click()

```

'sale del programa por medio del menu
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End If
End Sub

```

Frmreportegraficocaida.frm

Private Sub cmdcalculaotro_Click()

```

Unload Me
frmDocument.Visible = True
End Sub
Private Sub cmdsalir_Click()
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End If
End Sub
Private Sub atras_Click()
Unload Me
frmcaidapresion.Visible = True
End Sub

```

Private Sub Command1_Click()

```

On Error Resume Next
With dlgCommonDialog
.DialogTitle = "Imprimir"

```

```

.CancelError = True
.Flags = cdIPDReturnDC + cdIPDNoPageNums
If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then
    .Flags = .Flags + cdIPDAllPages
Else
    .Flags = .Flags + cdIPDSelection
End If
.ShowPrinter
reportegraficocaida.PrintForm
Printer.EndDoc
End With
End Sub

```

Private Sub Form_Load()

```

If frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text = "" Then
    etiqueta = "Pozo 2"
Else
    etiqueta = frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text
End If
If frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text = "" Then
    etiqueta1 = "Pozo 1"
Else
    etiqueta1 = frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text
End If
Label2.Caption = "Reporte gráfico para los pozos: " + etiqueta1 + " y " + etiqueta
If frmComentarios.rtfcomentario.Text <> "" Then
    If frmcaidapresion.Check1.Value = 1 Then
        lblcomentario = frmComentarios.rtfcomentario.Text
    Else
        lblcomentario = "No existen comentarios"
    End If
Else
    lblcomentario = "No existen comentarios"
End If
presionalta = frmmayorpresion.Text1.Text
volumenalta = frmmayorpresion.Text2.Text
diametroalta = frmmayorpresion.Text3.Text
presionbaja = frmmenorpresion.Text1.Text
volumenbaja = frmmenorpresion.Text2.Text
diametrobaja = frmmenorpresion.Text3.Text
If frmcaidapresion.Combo1 = "Métrico" Then
    presion = Round(presionalta * 0.0703069579639, 2)
    volumen = Round(volumenalta * 0.679604318208, 2)
    diametro = Round(diametroalta * 30.48, 2)
    presionb = Round(presionbaja * 0.0703069579639, 2)
    volumenb = Round(volumenbaja * 0.679604318208, 2)
    diametrob = Round(diametrobaja * 30.48, 2)
    Text24.Text = "kg/cm^2"
    Text25.Text = "m^3/d"
    Text26.Text = "cm"
    Text27.Text = "m^3/d"
Else
    presion = Round(presionalta * 1, 2)
    volumen = Round(volumenalta / 0.233940972222, 2)
    diametro = Round(diametroalta * 12, 2)
    presionb = Round(presionbaja * 1, 2)
    volumenb = Round(volumenbaja / 0.233940972222, 2)
    diametrob = Round(diametrobaja * 12, 2)

```

```

Text24.Text = "lb/in^2"
Text25.Text = "bpd"
Text26.Text = "pg"
Text27.Text = "pcd"
End If
lblnomalta = etiqueta1
lblpresional = "p = " + presion.Text + " " + Text24.Text
lblgastal = "q = " + volumen.Text + " " + Text25.Text
lbldiaalt = diametro.Text + " " + Text26.Text
lblsga = Round(frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text, 4)
lblsgb = Round(frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text, 4)
volumenmezcla = (volumen * 1 + volumenb * 1)
sgmezcla = (lblsga * volumen + lblsgb * volumenb) / volumenmezcla
lblsga = "sg = " + lblsga
lblnombaj = etiqueta
lblpresionb = "p = " + presionb.Text + " " + Text24.Text
lblgastb = "q = " + volumenb.Text + " " + Text25.Text
lbldiamba = diambro.Text + " " + Text26.Text
lblsgb = "sg = " + lblsgb
lbldiaboq = frmcaidapresion.Text11.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lbldiagar = frmcaidapresion.Text12.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lbllongboq = frmcaidapresion.Text1.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblangulo = frmcaidapresion.Text16.Text + " " + " °"
lbldiamsuc = frmcaidapresion.Text13.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblongdifu = frmcaidapresion.Text5.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblongconv = frmcaidapresion.Text3.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblanguloc = frmcaidapresion.Text17.Text + " °"
lblangulod = frmcaidapresion.Text18.Text + " °"
lblongdifus = frmcaidapresion.Text4.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblpresionsal = "p = " + frmcaidapresion.Text6.Text + " " + frmcaidapresion.Label6.Caption
lblgastosal = "q = " + frmcaidapresion.Text7.Text + " " + frmcaidapresion.Label5.Caption
lbldiamdesc = frmcaidapresion.Text14.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblcamara = frmcaidapresion.Text2.Text + " " + frmcaidapresion.Label8.Caption
lblsgsal = Round(sgmezcla, 4)
lblsgsal = "sg = " + lblsgsal
caidp = frmcaidapresion.Text8.Text
lblcaida = "La caída de presión es de "
Label5 = Round(caidp, 2)
Label4 = " " + frmcaidapresion.Label6
Label7 = frmcaidapresion.Text9 + " " + Text27.Text
If frmcaidapresion.Text9 < 0 Or caidp < 0 Or sgmezcla < 0 Or frmcaidapresion.Text17.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text16.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text9.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text8.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text14.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text13.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text4.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text1.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text11.Text < 0 Or frmcaidapresion.Text2.Text < 0 Or _
frmcaidapresion.Text3.Text < 0 Then
    If MsgBox("Existe un error de congruencia de datos favor de verificar," _
    & " presionar calcular otro eyector para corregir", vbCritical, "Error") Then
        End If
    lblcomentario = "Al existir valores negativos en los resultados significa que" _
    & " algún dato no es el correcto para realizar los cálculos, este puede ser un" _
    & " diámetro muy pequeño o un gasto demasiado grande para los datos geométricos dados, " _
    & " pruebe incrementando los diámetros"
    Else
End If
End Sub

Private Sub imprimir_Click()
Command1_Click

```

End Sub

Private Sub salir_Click()

```
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +  
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then  
Cancel = True  
Else  
End  
End If  
End Sub
```

Reportegráficooyeoptimo.frm

Private Sub cmdcalculaotro_Click()

Unload Me

frmDocument.Visible = True

End Sub

Private Sub cmdsalir_Click()

```
If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +  
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then  
Cancel = True
```

Else

End

End If

End Sub

Private Sub atras_Click()

Unload Me

frmeyeoptimo.Visible = True

End Sub

Private Sub Command1_Click()

On Error Resume Next

With dlgCommonDialog

.DialogTitle = "Imprimir"

.CancelError = True

.Flags = cdIPDReturnDC + cdIPDNoPageNums

If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then

.Flags = .Flags + cdIPDAllPages

Else

.Flags = .Flags + cdIPDSelection

End If

.ShowPrinter

reportegráficooyeoptimo.PrintForm

Printer.EndDoc

End With

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
If frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text = "" Then  
etiqueta = "Pozo 2"
```

Else

etiqueta = frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text

End If

```
If frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text = "" Then  
etiqueta1 = "Pozo 1"
```

Else

etiqueta1 = frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text

End If

```

Label2.Caption = "Reporte gráfico para los pozos: " + etiqueta1 + " y " + etiqueta
If frmComentarios.rtfcomentario.Text <> "" Then
  If frmeyeoptimo.Check1.Value = 1 Then
    lblcomentario = frmComentarios.rtfcomentario.Text
  Else
    lblcomentario = "No existen comentarios"
  End If
Else
  lblcomentario = "No existen comentarios"
End If
presionalta = frmmayorpresion.Text1.Text
volumenalta = frmmayorpresion.Text2.Text
diametroalta = frmmayorpresion.Text3.Text
presionbaja = frmmenorpresion.Text1.Text
volumenbaja = frmmenorpresion.Text2.Text
diametrobaja = frmmenorpresion.Text3.Text
If frmeyeoptimo.Combo1 = "Métrico" Then
  presion = Round(presionalta * 0.0703069579639, 2)
  volumen = Round(volumenalta * 0.679604318208, 2)
  diametro = Round(diametroalta * 30.48, 2)
  presionb = Round(presionbaja * 0.0703069579639, 2)
  volumenb = Round(volumenbaja * 0.679604318208, 2)
  diametrob = Round(diametrobaja * 30.48, 2)
  Text24.Text = "kg/cm^2"
  Text25.Text = "m^3/d"
  Text26.Text = "cm"
  Text27.Text = "m^3/d"

Else
  presion = Round(presionalta * 1, 2)
  volumen = Round(volumenalta / 0.233940972222, 2)
  diametro = Round(diametroalta * 12, 2)
  presionb = Round(presionbaja * 1, 2)
  volumenb = Round(volumenbaja / 0.233940972222, 2)
  diametrob = Round(diametrobaja * 12, 2)
  Text24.Text = "lb/pg^2"
  Text25.Text = "bpd"
  Text26.Text = "pg"
  Text27.Text = "pcd"
End If
lblnomalta = etiqueta1
lblpresional = "p = " + presion.Text + " " + Text24.Text
lblgastal = "q = " + volumen.Text + " " + Text25.Text
lbldiaalt = diametro.Text + " " + Text26.Text
lblsga = Round(frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text, 4)
lblsgb = Round(frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text, 4)
volumenmezcla = (volumen * 1 + volumenb * 1)
sgmezcla = (lblsga * volumen + lblsgb * volumenb) / volumenmezcla
lblsga = "SG = " + lblsga
lblnombaj = etiqueta
lblpresionb = "p = " + presionb.Text + " " + Text24.Text
lblgastb = "q = " + volumenb.Text + " " + Text25.Text
lbldiamba = diametrob.Text + " " + Text26.Text
lblsgb = "SG = " + lblsgb
lbldiaboq = frmeyeoptimo.Text3.Text + " " + frmeyeoptimo.lbldiaboq.Caption
lbldiagar = frmeyeoptimo.Text2.Text + " " + frmeyeoptimo.lbldiagar.Caption
lblongboq = frmeyeoptimo.Text11.Text + " " + frmeyeoptimo.lbldiagar.Caption
lblangulo = frmeyeoptimo.Text12.Text + " " + frmeyeoptimo.lblangconv.Caption

```



```

Ibldiamsuc = frmeyeoptimo.Text4.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibldiamsuc.Caption
Ibllongdifu = frmeyeoptimo.Text13.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibldiamsuc.Caption
Ibllongconv = frmeyeoptimo.Text1.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibllong.Caption
Iblanguloc = frmeyeoptimo.Text6.Text + " ° "
Iblangulod = frmeyeoptimo.Text7.Text + " ° "
Ibllongdifus = frmeyeoptimo.Text14.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibllong.Caption
Iblpresionsal = "p = " + frmeyeoptimo.Text8.Text + " " + frmeyeoptimo.Iblpresion.Caption
Iblgastosal = "q = " + frmeyeoptimo.Text9.Text + " " + frmeyeoptimo.Iblgasto.Caption
Ibldiamdesc = frmeyeoptimo.Text16.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibllong.Caption
Iblcamara = frmeyeoptimo.Text17.Text + " " + frmeyeoptimo.Ibllong.Caption
Iblsgsal = Round(sgmezcla, 4)
Iblsgsal = "SG = " + Iblsgsal
caidp = presion.Text * 1 - frmeyeoptimo.Text8.Text * 1
Iblcaida = "La caída de presión es de "
Label5 = Round(caidp, 2)
Label4 = " " + frmeyeoptimo.Iblpresion
Label7 = frmeyeoptimo.Text22 + " " + Text27.Text
If frmeyeoptimo.Text22 < 0 Or caidp < 0 Or sgmezcla < 0 Or frmeyeoptimo.Text17.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text16.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text9.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text8.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text14.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text13.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text4.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text1.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text11.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text2.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text3.Text < 0 Then
    If MsgBox("Existe un error de congruencia de datos favor de verificar," _
    & " presionar calcular otro eyector para corregir", vbCritical, "Error") Then
        End If
    Iblcomentario = "Al existir valores negativos en los resultados significa que" _
    & " algún dato no es el correcto para realizar los cálculos, este puede ser un" _
    & " diámetro muy pequeño o un gasto demasiado grande para los datos geométricos dados, " _
    & " pruebe incrementando los diámetros"
    Else
End If
End Sub

```

Private Sub imprime_Click()

```

Command1_Click
End Sub

```

Private Sub salir_Click()

```

If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End If
End Sub

```

Reportetextoeyectoroptimo.frm

Private Sub cmdcalculaotro_Click()

```

Unload Me
frmDocument.Visible = True
End Sub

```

Private Sub cmdsalir_Click()

```

If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation +
vbYesNo, "Atención") = vbNo Then
Cancel = True
Else
End
End Sub

```

```
End If
End Sub
```

Private Sub atras_Click()

```
Unload Me
frmeyeoptimo.Visible = True
End Sub
```

Private Sub Command1_Click()

```
On Error Resume Next
```

```
With dlgCommonDialog
    .DialogTitle = "Imprimir"
    .CancelError = True
    .Flags = cdIPDReturnDC + cdIPDNoPageNums
    If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then
        .Flags = .Flags + cdIPDAllPages
    Else
        .Flags = .Flags + cdIPDSelection
    End If
    .ShowPrinter
    reportetextoeyectoroptimo.PrintForm
    Printer.EndDoc
End With
```

```
End Sub
```

Private Sub Form_Load()

```
If frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text = "" Then
    etiqueta = "Pozo 2"
```

```
Else
```

```
etiqueta = frmmenorpresion.rtfnombrebaja.Text
```

```
End If
```

```
If frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text = "" Then
```

```
etiqueta1 = "Pozo 1"
```

```
Else
```

```
etiqueta1 = frmmayorpresion.rtfnombrealta.Text
```

```
End If
```

```
Label2.Caption = "Reporte del cálculo de eyector requerido para los pozos: " + etiqueta1 + " y " + etiqueta
```

```
If frmComentarios.rtfcomentario.Text <> "" Then
```

```
    If frmeyeoptimo.Check1.Value = 1 Then
```

```
        lblcomentario = frmComentarios.rtfcomentario.Text
```

```
    Else
```

```
        lblcomentario = "No existen comentarios"
```

```
    End If
```

```
Else
```

```
lblcomentario = "No existen comentarios"
```

```
End If
```

```
presionalta = frmmayorpresion.Text1.Text
```

```
volumenalta = frmmayorpresion.Text2.Text
```

```
diametroalta = frmmayorpresion.Text3.Text
```

```
presionbaja = frmmenorpresion.Text1.Text
```

```
volumenbaja = frmmenorpresion.Text2.Text
```

```
diametrobaja = frmmenorpresion.Text3.Text
```

```
If frmeyeoptimo.Combo1 = "Métrico" Then
```

```
presion = Round(presionalta * 0.0703069579639, 2)
```

```
volumen = Round(volumenalta * 0.679604318208, 2)
```

```
diametro = Round(diametroalta * 30.48, 2)
```

```
presionb = Round(presionbaja * 0.0703069579639, 2)
```

```

volumenb = Round(volumenbaja * 0.679604318208, 2)
diametrob = Round(diametrobaja * 30.48, 2)
Text24.Text = "kg/cm^2"
Text25.Text = "m^3/d"
Text26.Text = "cm"
Text30.Text = "m^3/d"
Else
presion = Round(presionalta * 1, 2)
volumen = Round(volumenalta / 0.233940972222, 2)
diametro = Round(diametroalta * 12, 2)
presionb = Round(presionbaja * 1, 2)
volumenb = Round(volumenbaja / 0.233940972222, 2)
diametrob = Round(diametrobaja * 12, 2)
Text24.Text = "lb/pg^2"
Text25.Text = "bpd"
Text26.Text = "pg"
Text30.Text = "pcd"
End If

Text1 = etiqueta1
Text2 = presion.Text + " " + Text24.Text
Text3 = volumen.Text + " " + Text25.Text
Text4 = diametro.Text + " " + Text26.Text
Text5 = Round(frmmayorpresion.rtfdensrelalta.Text, 4)
Text6 = etiqueta
Text7 = presionb.Text + " " + Text24.Text
Text8 = volumenb.Text + " " + Text25.Text
Text9 = diametrob.Text + " " + Text26.Text
Text10 = Round(frmmenorpresion.rtfdensrelbaja.Text, 4)
Text11 = frmeyeoptimo.Text3.Text + " " + frmeyeoptimo.lbdiaaboq.Caption
Text12 = frmeyeoptimo.Text2.Text + " " + frmeyeoptimo.lbdiaagar.Caption
Text13 = frmeyeoptimo.Text4.Text + " " + frmeyeoptimo.lbdiamsuc.Caption
Text14 = frmeyeoptimo.Text16.Text + " " + frmeyeoptimo.lbdiaades.Caption
Text15 = frmeyeoptimo.Text11.Text + " " + frmeyeoptimo.lbillong.Caption
Text16 = frmeyeoptimo.Text1.Text + " " + frmeyeoptimo.lbillong.Caption
Text17 = frmeyeoptimo.Text12.Text + " °"
Text18 = frmeyeoptimo.Text6.Text + " °" + " y " + frmeyeoptimo.Text7.Text + " °"
Text19 = frmeyeoptimo.Text8.Text + " " + frmeyeoptimo.lblpresion.Caption
Text20 = frmeyeoptimo.Text9.Text + " " + frmeyeoptimo.lblgasto.Caption
Text21 = frmeyeoptimo.Text10.Text + " " + frmeyeoptimo.lblpresion.Caption
Text22 = frmeyeoptimo.Text14.Text + " " + frmeyeoptimo.lbillong.Caption
Text23 = frmeyeoptimo.Text13.Text + " " + frmeyeoptimo.lbillong.Caption
Text27 = frmeyeoptimo.Text22 + " " + Text30.Text
Text29 = frmeyeoptimo.Text17.Text + " " + frmeyeoptimo.lbillong.Caption
If frmeyeoptimo.Text3.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text2.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text4.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text16.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text11.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text1.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text8.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text9.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text10.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text14.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text13.Text < 0 Or frmeyeoptimo.Text22.Text < 0 Or _
frmeyeoptimo.Text17.Text < 0 Then
    If MsgBox("Existe un error de congruencia de datos favor de verificar," _
    & " presionar calcular otro eyector para corregir", vbCritical, "Error") Then
    End If
    lblcomentario = "Al existir valores negativos en los resultados significa que" _
    & " algún dato no es el correcto para realizar los cálculos, este puede ser un" _
    & " diámetro muy pequeño o un gasto demasiado grande para los datos geométricos dados, " _
    & " pruebe incrementando los diámetros"
Else
End If
End If

```

End Sub

Private Sub imprime_Click()

Command1_Click

End Sub

Private Sub mnusalir_Click()

If MsgBox("¿Está seguro de querer salir del programa de cálculo de eyectores?", vbInformation + vbYesNo, "Atención") = vbNo Then

Cancel = True

Else

End

End If

End Sub

Tesis.bas

Public fMainForm As frmMain

Sub Main()

frmSplash.Show

frmSplash.Refresh

For i = 1 To 50000

frmSplash.Show

j = i + j

Next i

Set fMainForm = New frmMain

Load fMainForm

Unload frmSplash

fMainForm.Show

End Sub

APENDICE

C

NOMENCLATURA

A	Área de la sección transversal	pie ²
A ₁	Área de la sección transversal entrada en tubo venturi	pie ²
A ₂	Área de la sección transversal salida en tubo venturi	pie ²
A _d	Área sección transversal de descarga de la boquilla	pie ²
A _t	Área de la sección trasversal de la garganta del difusor	pie ²
B _g	Factor de volumen del gas	pie ³ _g @ c.y./ pie ³ _g @ c.s.
B _o	Factor de volumen del aceite	pie ³ _o @ c.y./ pie ³ _o @ c.s.
B _w	Factor de volumen del agua	pie ³ _w @ c.y./ pie ³ _w @ c.s.
C _v	Coefficiente de descarga	
D _{tubería}	Diámetro de la línea de descarga	pie
D ₁	Diámetro de entrada	pie
D ₂	Diámetro de la garganta	pie
d _d	Diámetro de descarga de la boquilla (garganta)	pie
d _e	Diámetro de entrada de la boquilla	pie
D _i	Diámetro de entrada a la boquilla	pie
D _s	Diámetro de descarga de la boquilla	pie
d _t	Diámetro de la garganta del difusor	pie
E _k	Término por aceleración	
f _n	Factor de fricción	
ftp	Factor de fricción para las dos fases	
g	Aceleración de la gravedad	pie/seg ²
h	Altura manométrica	pie

L	Longitud de la boquilla	pie
L_c	Longitud de la sección convergente del difusor	pie
L_d	Longitud de la sección divergente del difusor	pie
M_1	Masa del fluido motivador	lb
M_s	Masa del fluido a succionar	lb
N_{Fr}	Número de Froude	
N_{Re}	Número de Reynolds	
\bar{P}	Presión media	psia
P	Presión	psia
P_{atm}	Presión atmosférica	psia
P_{suc}	Presión de succión	psia
P_v	Presión de vapor	psia
P_1	Presión estática corriente arriba	psia
P_2	Presión estática en la descarga	psia
P_3	Presión de descarga	psia
P_s	Presión estática en la succión	psia
Q	Gasto	
Q_1	Flujo motivador volumétrico	bpd
q_o	Gasto de aceite	bpd
Q_s	Gasto de succión volumétrico	bpd
q_w	Gasto de agua	bpd
R_H	Relación de cargas	
R_q	Relación de volúmenes	

R_s	Relación de la solubilidad del gas	
R_w	Relación de pesos de operación	
s	Coordenada a lo largo de la línea de corriente	
S	Factor definido por la ecuación 4.29	
SG	Densidad relativa	
SG_0	Densidad relativa del líquido en el manómetro	
SG_1	Densidad relativa del líquido a través de la tubería	
SG_2	Densidad relativa del líquido en la descarga	
SG_s	Densidad relativa del líquido en la succión	
\bar{T}	Temperatura media	° F
T	Temperatura	° F
V	Velocidad	pie/seg
V_1	Velocidad en la sección 1 del tubo venturi	pie/seg
V_2	Velocidad en la sección 2 del tubo venturi	pie/seg
V_m	Velocidad superficial de la mezcla	pie/seg
V_N	Velocidad en el orificio de la boquilla	pie/seg
V_s	Velocidad de entrada en la succión	pie/seg
V_{sg}	Velocidad superficial del gas	pie/seg
V_{sl}	Velocidad superficial del líquido	pie/seg
V_T	Velocidad en la garganta del difusor	pie/seg
W_m	Gasto másico de la mezcla	lb/hr
W_s	Gasto másico del fluido motivador	lb/hr
x	Factor definido por la ecuación 4.28	

Y_L	Colgamiento	
Z	Factor de compresibilidad	
z_1	Altura 1	pie
z_2	Altura 2	pie
ΔL	Incremento en la longitud	pie
ΔP	Caída de presión	psi
β	Relación de diámetros	
γ_{gd}	Densidad relativa del gas disuelto	
λ	Colgamiento sin resbalamiento	
μ_{ns}	Viscosidad de la mezcla	cp
θ	Ángulo	°
ρ	Densidad específica	lb _m /pie ³
ρ_1	Densidad del fluido motivador	lb _m /pie ³
ρ_2	Densidad de la mezcla de fluidos	lb _m /pie ³
ρ_g	Densidad del gas	lb _m /pie ³
ρ_l	Densidad del líquido	lb _m /pie ³
ρ_m	Densidad de la mezcla	lb _m /pie ³
ρ_{ns}	Densidad de la mezcla sin resbalamiento	lb _m /pie ³
ρ_o	Densidad del aceite	lb _m /pie ³
ρ_s	Densidad del fluido motivador	lb _m /pie ³

REFERENCIAS

1. Ryans, J.L. y Roper, D.L.: "Process Vacuum System, Design & Operation", McGraw Hill, EU (1986), pp.1-259
2. Miranda, F.J. y Jones, W.M.: "Vacuum seals for continuously evacuated accelerators tubes operating in high ambient pressures", EU (1952), Vol II, p.259
3. Villa, M., De Ghetto, G. et al., "Ejectors for Boosting Low-Pressure Oil Wells", artículo SPE No. 39140, presentado en Offshore Technology Conference, Houston (5-8 mayo 1999) pp. 229-234.
4. Clanton, G.W., Continental Oil Co., "Design and Application of the Gas Jet Ejector On Marginal Gas Wells", artículo SPE 1274 presentado en SPE Annual Fall Meeting, Denver (Oct.8-6 1965) pp. 419-423
5. http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_14.htm (agosto 2001)
6. <http://www.termotran.com.mx/> (agosto 2001)
7. <http://www.geocities.com/CollegePark/Gym/3905> (agosto 2001)
8. <http://www2.netexplora.com/renzo/> (septiembre 2001)
9. www.bhrgroup.co.uk/caltec/products.htm (septiembre 2001)
10. Farina M.V. "Diagramas de flujo", Prentice-Hall, Inc., México (1971) pág. 14
11. Bell, C. Allen, Spisak, Charles D., Continental Oil Co. "Unique Hydraulic Lift System", artículo SPE No. 4539, presentado en el 48th Annual Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME (sept. 30 – oct. 3 1973).
12. Green, A.J., BHR Group, "Gas Production Improvements Using Ejectors", artículo SPE No. 26684, presentado en Offshore European Conference, Aberdeen (septiembre 7-10 1993) pp.523-525
13. Garaicochea, F., Huicochea, C., López O. "Transporte de hidrocarburos por ductos", Colegio de Ingenieros Petroleros de México, A.C., (1991) pp. 13-132
14. Petróleos Mexicanos, Información de campo, Activo Cinco Presidentes, Región Sur

BIBLIOGRAFIA

Gil, P. E.: "Obtención y Aplicaciones Industriales del Vacío", Gustavo Gilli, S.A., Barcelona (1973), pp.31-82.

Ryans, J.L. y Roper, D.L.: "Process Vacuum System, Design & Operation", McGraw Hill, EU (1986), pp.1-259

Pirani, M. y Yarwood, J.: "Principles of Vacuum Engineering", Chapman and Hall, Londres (1961), pp.316-329

Blatchley, C.G.: "Control of Ejectors Type Vacuum Pumps", 1956, National Symposium on Vacuum Technology Transactions, Londres (1957), p.45

Miranda, F.J. y Jones, W.M.: "Vacuum seals for continuously evacuated accelerators tubes operating in high ambient pressures", EU (1952), Vol. II, p.259

Russell, E. G.: "Hidráulica", Continental S.A., Cambridge Massachusetts (1941), pp.225-324

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_14.htm (agosto 2001)

<http://www.termotran.com.mx/> (agosto 2001)

Spin L. K. : "Principles and practice of flow meter engineering", The Foxboro company, E.U. (1978) pp.134

<http://www.geocities.com/CollegePark/Gym/3905> (agosto 2001)

<http://www2.netexplora.com/renzo/> (septiembre 2001)

Bell, C. Allen, Spisak, Charles D., Continental Oil Co. "Unique Hydraulic Lift System", artículo SPE No. 4539, presentado en el 48th Annual Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME (sept. 30 – oct. 3 1973).

Villa, M., De Ghetto, G. et al., "Ejectors for Boosting Low-Pressure Oil Wells", artículo SPE No. 39140, presentado en Offshore Technology Conference, Houston (5-8 mayo 1999) pp. 229-234.

Clanton, G.W., Continental Oil Co., "Design and Application of the Gas Jet Ejector On Marginal Gas Wells", artículo SPE 1274 presentado en SPE Annual Fall Meeting, Denver (Oct.8-6 1965) pp. 419-423

Green, A.J., BHR Group, "Gas Production Improvements Using Ejectors", artículo SPE No. 26684, presentado en Offshore European Conference Aberdeen (septiembre 7-10 1993) pp.523-525

www.bhrgroup.co.uk/caltec/products.htm (septiembre 2001)

Farina M.V. "Diagramas de flujo", Prentice-Hall, Inc., México (1971) pág. 14

Microsoft.: "Visual Basic Manual del Programador", Microsoft, Estados Unidos de Norte América, 1997, pp.15-45

Microsoft.: "Guía de Herramientas Componentes", Microsoft, Estados Unidos de Norte América, 1997, pp.52-75

Garaicochea, F., Huicochea, C., López O. "Transporte de hidrocarburos por ductos", Colegio de Ingenieros Petroleros de México, A.C., (1991) pp. 13-132