

# CAPÍTULO I

Tanto en nuestro país como en el resto de las naciones, la extracción del crudo, conocido también como el oro negro, es una actividad económica fundamental.

En el Mercado petrolero se ha visto cómo, en forma constante, la fluctuación del precio del barril del crudo ha sido determinante en el poder financiero y político de las grandes potencias. En el caso de México, desde la expropiación petrolera, la paraestatal PEMEX ha sido generadora de empleos y de grandes ingresos para la nación Mexicana.

## 1.1 ANTECEDENTES

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es el responsable de todo lo relacionado a la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción. Y esta paraestatal se divide de la siguiente manera:

- **PEMEX Exploración y Producción** que tiene a su cargo la búsqueda y explotación del petróleo y el gas natural.
- **PEMEX Refinación** produce, distribuye y comercializa combustibles.
- **PEMEX Gas y Petroquímica Básica** procesa el gas natural y los líquidos del gas natural; distribuye y comercializa gas natural y gas LP; y produce y comercializa productos petroquímicos básicos.
- **PEMEX Petroquímica** elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos secundarios derivados del petróleo.

La importancia del petróleo radica en su alta demanda de exportación, ya que es uno de los principales motores de toda la industria. En general, los combustibles (gasolina, gas, turbosina, diesel, etc.) con los que operan las industrias son productos del petróleo; al igual que los plásticos, polietilenos, polímeros que son indispensables para cualquier área industrial y comercial.

Como consecuencia de la transformación industrial del país y de la necesidad de incrementar la tecnología relacionada con el desarrollo de la industria petrolera, el 23 de agosto de 1965 fue creado el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

El IMP nació por iniciativa del entonces director general de Pemex, Jesús Reyes Heróles, quien reconoció que la planeación y el desarrollo de la industria petrolera

deberían ser congruentes con las necesidades de una economía mixta. Por esta razón, consideró necesario fomentar la investigación petrolera y formar recursos humanos que impulsaran el desarrollo de tecnología propia.

En respuesta a esa exigencia, el gobierno federal decidió crear un "organismo descentralizado de interés público y preponderantemente científico, técnico, educativo y cultural, cuya función será buscar la independencia científica y tecnológica en el área petrolera". (Fuente <http://www.imp.mx>)

De esta forma, desde 1965, el Instituto Mexicano del Petróleo ha contribuido al desarrollo del país, mediante la formación de recursos humanos y la creación de tecnología propia.

Actualmente, mediante un renovado esfuerzo y una mayor correlación con Pemex, el IMP busca integrarse a los objetivos y grandes proyectos de esta empresa, al ofrecerle investigación, capacitación y prestación de servicios de alto contenido tecnológico, que le permitan aumentar su eficiencia, productividad y crecimiento.

Al igual que PEMEX, el IMP se divide en varias direcciones, su estructura se encuentra conformada de tal manera, que le permite brindar un servicio óptimo a Petróleos Mexicanos, para ello, cuenta con las direcciones de especialidad:

- Exploración y Producción
- Ingeniería de Proceso
- Ingeniería de Proyecto
- Seguridad de Medio Ambiente
- Capacitación

El presente proyecto se realiza para la Dirección de Ingeniería de Proceso a través de su Departamento de Tecnología Aplicada a Sistemas de Control, perteneciente a la Gerencia de Instrumentación y Control, y trabajando a la par con PEMEX Exploración y Producción en la región marina suroeste Dos Bocas, Tabasco: en las plataformas marítimas Abkatun Alfa y Abkatun Delta para el proceso de compresión de gas; la división regional se puede apreciar en la Figura 1.1.

## DIVISIÓN REGIONAL

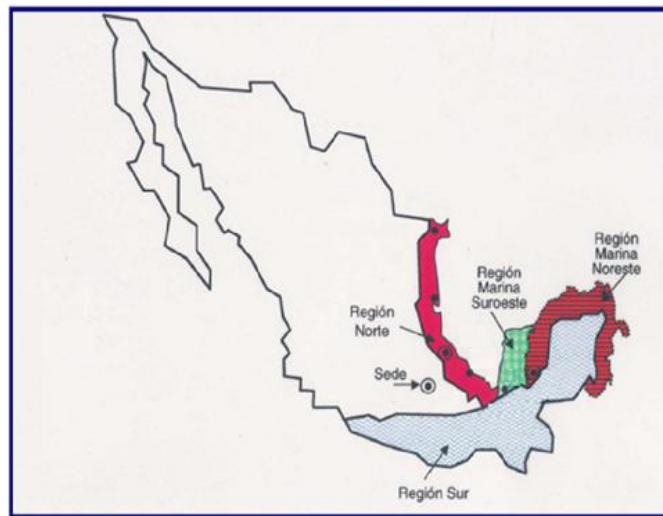


Figura 1.1 División regional (Fuente: <http://www.imp.mx/regiones>)

Las Regiones Marinas Noreste (RMNE) y Suroeste (RMSO) son las encargadas de realizar las actividades de extracción y transporte de petróleo crudo y gas natural en el Sur del Golfo de México, específicamente en la zona de Campeche. El gas natural que se extrae en esta zona viene asociado al petróleo crudo. La mezcla de petróleo y gas extraída es separada en las instalaciones de producción, para posteriormente enviar el petróleo crudo a las Terminales Marítimas, Cayo Arcas y Dos Bocas.

Por su parte, el gas natural asociado, conocido también como gas amargo por contener sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y bióxido de carbono ( $CO_2$ ), es comprimido y enviado al Centro de Proceso y Transporte de Gas en la Península de Atasta (CPTGA), en Campeche.

Por otra parte, también se le da uso al gas natural a bordo de las plataformas marítimas petroleras, ya sea para la generación de electricidad o para inyectarlo a los pozos por medio de turbocompresores; se utiliza gas a una presión relativamente alta para poder aligerar la columna de fluido y de este modo permitir al crudo fluir hacia la superficie (efecto popote).

Todo esto se logra a través de los módulos de compresión, su función finalmente es comprimir el gas; el manejo correcto del gas natural en estas plataformas es de suma importancia, ya que es volátil por naturaleza y no tratarlo de la manera adecuada puede resultar peligroso para el personal que se encuentra en estos complejos marítimos.

Un módulo de compresión se conforma por la turbina de gas (generador de gases y turbina de potencia) y tren de compresores.

Este trabajo está enfocado a la parte de la turbina de gas, donde una parte del proceso requiere de un control de suministro de gas combustible; pero es importante tener un panorama general de cómo funciona el sistema. A continuación se hace una breve descripción de cómo opera el proceso del sistema de gas combustible.

#### EL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE

Tres son los elementos principales que lo componen: compresor axial, generador de gases y turbina de potencia, como se muestra en la Figura 1.2.

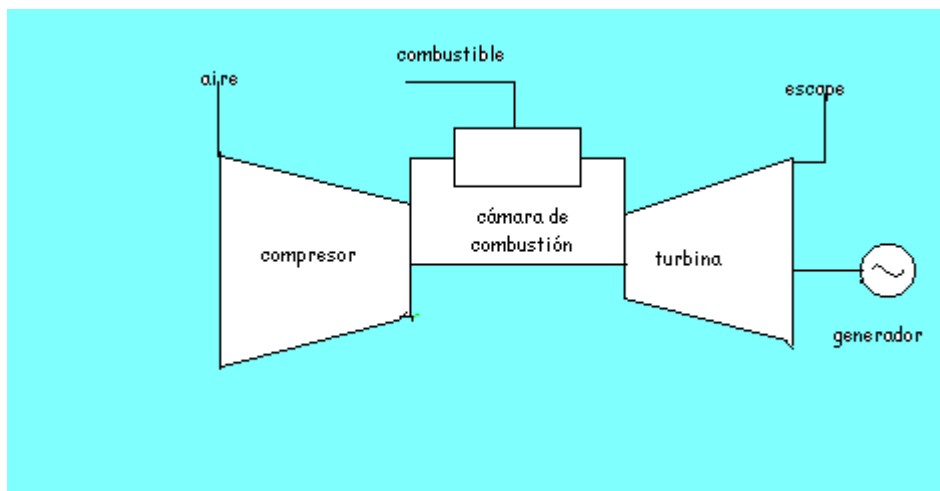


Figura 1.2 Turbina de gas (Fuente: Manual de proceso de compresión)

Éste es un sistema en el que el aire atmosférico entra continuamente al compresor, donde se comprime a alta presión. El aire entra entonces en la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible, produciéndose la combustión y obteniéndose los productos de combustión a elevada temperatura. Los productos de combustión se expanden en la turbina y a continuación se descargan al ambiente (escape). Parte de la potencia desarrollada en la turbina se utiliza en el compresor centrífugo y la restante se utiliza para generar electricidad. El generador de gases tiene como velocidad máxima 9100 RPM y la turbina de potencia 3000 RPM para operar adecuadamente.

Ésa es la idea general de cómo se realiza el proceso dentro de la turbina de gas, pero para que ésta inicie a operar se requiere de un suministro adecuado de combustible, en este caso gas natural.

Previamente, para que este combustible pueda ser utilizado, es necesario que pase por un proceso de purga, que es denominado endulzamiento, ya que el gas natural, tal como es extraído de los yacimientos, contiene algunos compuestos dañinos que hay que eliminar como: el ácido sulfhídrico y el bióxido de carbono, que ocasionan contaminación; el CO<sub>2</sub> en el gas debe eliminarse debido a que disminuye su poder calorífico; así mismo, estos compuestos suelen ser muy dañinos para las tuberías y equipos del proceso por ser altamente corrosivos, de ahí también la importancia de eliminarlos.

El sistema de endulzamiento con el que cuenta el complejo Abkatun Alfa y Abkatun Delta inicia en un horno donde, a través de un serpentín, se obtiene aceite caliente, el cual se usa para intercambiadores de calor que contienen amina, entrando en proceso con el gas amargo; después de realizar varias veces este tratamiento se obtiene el gas dulce o gas combustible como se muestra en la Figura 1.3.

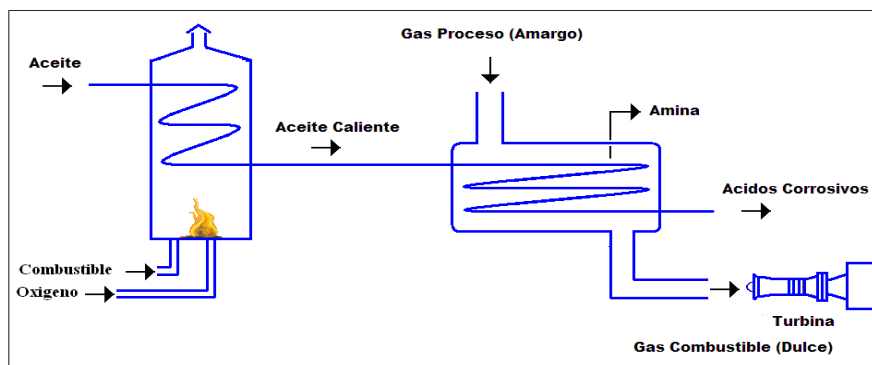


Figura 1.3 Proceso de endulzamiento (Fuente: Elaboración propia)

Una vez que ya se obtuvo el gas dulce o gas combustible, éste se utiliza para el proceso de arranque de la turbina de gas como se aprecia en la figura 1.4, este sistema tiene como función suministrar el gas al módulo de compresión de una forma que garantice un flujo con la presión y el gasto adecuados, según sea necesario para mantener el conjunto turbogenerador (turbina de potencia y tren de compresores) funcionando a las condiciones requeridas.

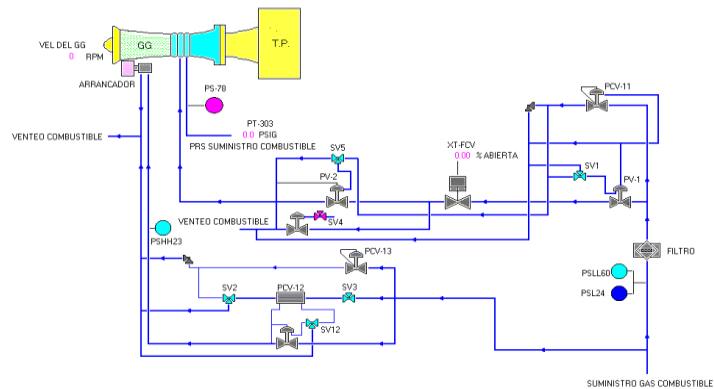


Figura 1.4 Arrancador y sistema de gas combustible (Fuente: Manual de proceso de compresión)

A continuación en la Tabla 1.1 se listan las nomenclaturas utilizadas por la Sociedad Internacional de Medición y Control (ISA), que aparecen en la Figura 1.4.

PSHH	Interruptor de presión alta alta
PSH	Interruptor de presión alta
PS	Interruptor de presión
PCV	Válvula de control de presión
PV	Válvula de presión
FCV	Válvula de control de flujo
PSLL	Interruptor de presión baja baja
PSL	Interruptor de presión baja
SV	Válvula solenoide

Tabla 1.1 Nomenclaturas utilizadas por la SIA

La válvula solenoide (SV) es un dispositivo utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases, con únicamente dos estados, ya sea que esté en posición completamente abierta o completamente cerrada, la nomenclatura de esta válvula aparece con diferentes coeficientes que dependerán de su aplicación y de dónde se localice dentro del proceso.

Para una fácil comprensión de la Figura 1.4, se dividirá en dos secciones que permitan tener una idea más clara de la secuencia del proceso y de los componentes que lo conforman. Dichas secciones se muestran en las Figuras 1.5 y 1.7.

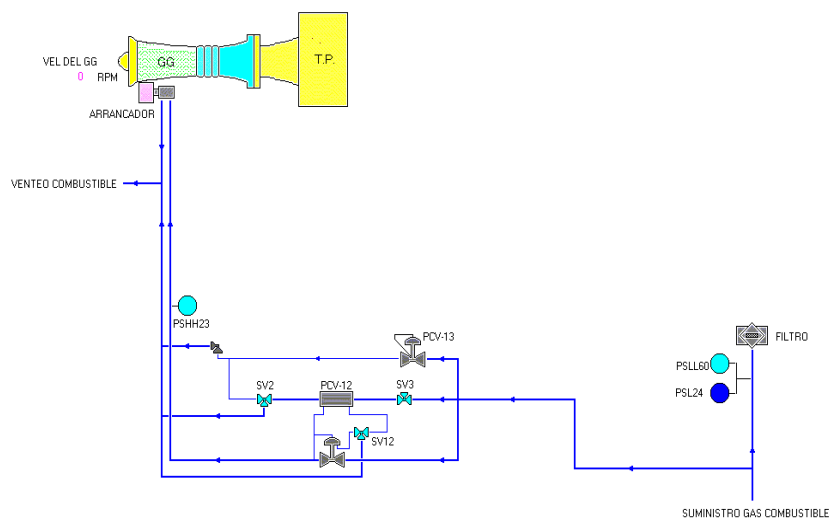


Figura 15 Primera sección del arrancador y del sistema de gas combustible (Fuente: Manual de proceso de compresión)

En la Figura 1.5 se observa el primer paso de la secuencia de arranque, que está compuesto por válvulas solenoides que sólo permiten el paso controlado de gas, un controlador de válvula de presión y una válvula de venteo. En este paso, el gas se estará venteando constantemente sin parar y el arrancador empieza a operar para dar inicio al encendido del turbocompresor.

El arrancador funciona cuando se alimenta a una presión regulada mayor a 25 kPa y esto se logra con la válvula de control de presión, una vez que empieza a trabajar el arrancador esta operación tiene la función de convertir la energía de presión en energía mecánica, para ello se utiliza un adaptador que hace funcionar un compresor axial, el cual se muestra en la Figura 1.6.

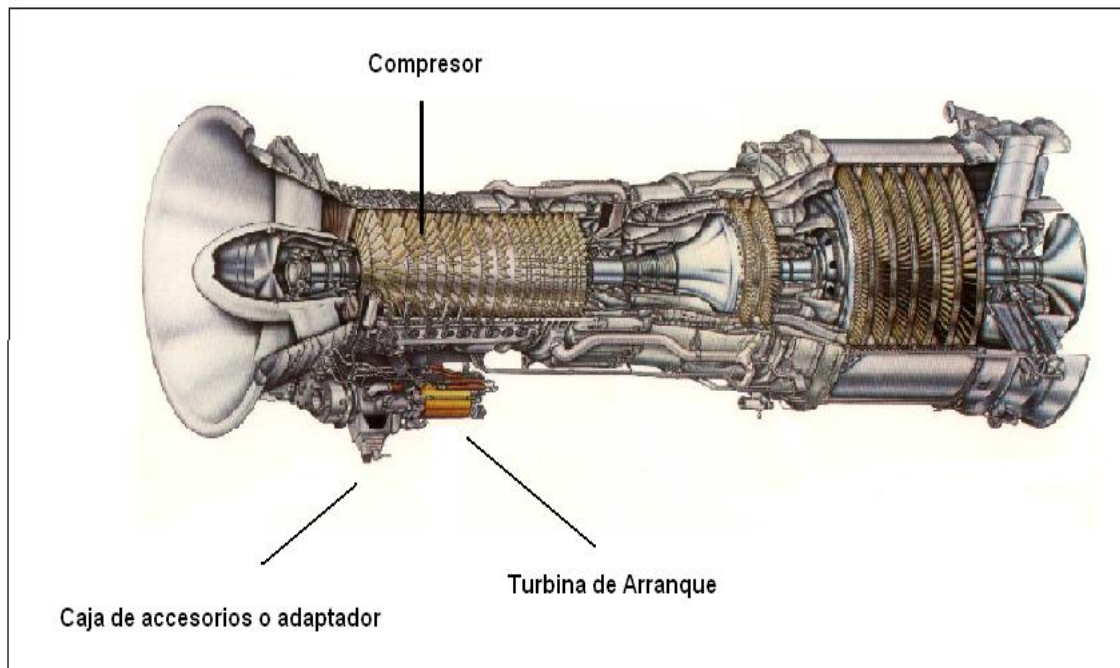


Figura 1.6 Turbina de arranque (Fuente:

<http://materias.fi.uba.ar/6517/Teoricas/Turbinas%20a%20Gas/Fundamentos.TURBINAS.A.GAS.pdf>)

Durante el periodo inicial de aceleración, el arrancador desempeña la función principal dándole velocidad a la turbina y a medida que ésta se acerca a la velocidad de autosustentación, disminuye la carga sobre la caja de accesorios que la conecta al sistema de arranque hasta que gira libremente y se desembraga, así finalmente corta la presión neumática al arrancador, el cual se detiene.

El desembrague del arrancador ocurre a las 4500 RPM, cuando la turbina comienza a acelerar. En esto consiste la primera parte de este proceso; iniciar el arranque del sistema de gas combustible para lograr el funcionamiento del turbogenerador.

En la segunda parte del proceso, el gas dulce pasa por un filtro destinado a eliminar las posibles impurezas que pudieran aparecer en la tubería del sistema, con la finalidad de tener gas en condiciones de alta pureza para así prevenir daños a los equipos en uso constante.



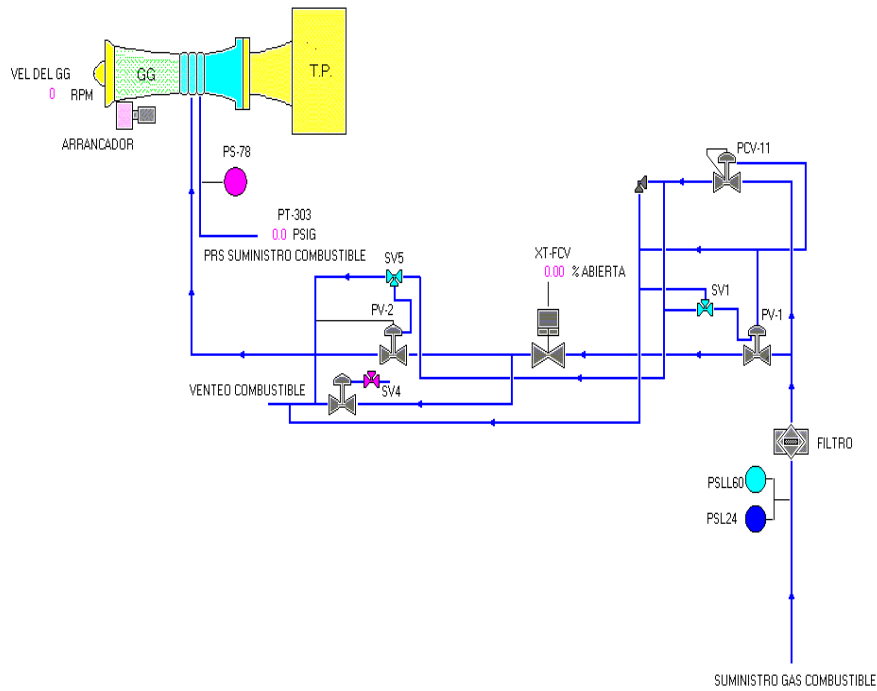


Figura 1.7 Segunda sección del arrancador y del sistema de gas combustible (Fuente: Manual de proceso de compresión)

En la figura 1.7 se observa que esta segunda etapa incluye el filtro antes mencionado, además de válvulas de presión, válvulas solenoide, válvula de venteo y válvula de control de combustible. Esta etapa inicia aproximadamente 3 minutos después de que finalizó la primera etapa.

El componente principal de esta parte del proceso es la válvula de control de combustible, encargada de controlar el flujo como se muestra en la figura 1.8; es de gran importancia ya que tiene como función regular la alimentación para la cámara de combustión del generador de gases.

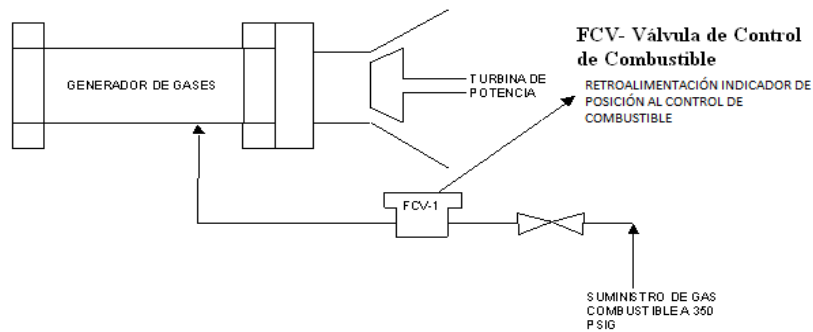


Figura 1.8 Válvula de control de combustible FCV (Fuente: Manual de proceso de compresión)

Esta parte del proceso se lleva a cabo a medida que el aire comprimido se expande dentro de la cámara de combustión, aproximadamente una cuarta parte de este aire es dirigida a la zona de la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible inyectado para el proceso de combustión; este gas suministrado es regulado por la válvula AMOT.

Dentro de la cámara de combustión se crea una mezcla muy caliente de gases en rápida expansión, la cual pasará después a través de la sección de la turbina, este proceso ocurre en la zona del generador de gases, como se observa en la Figura 1.9.

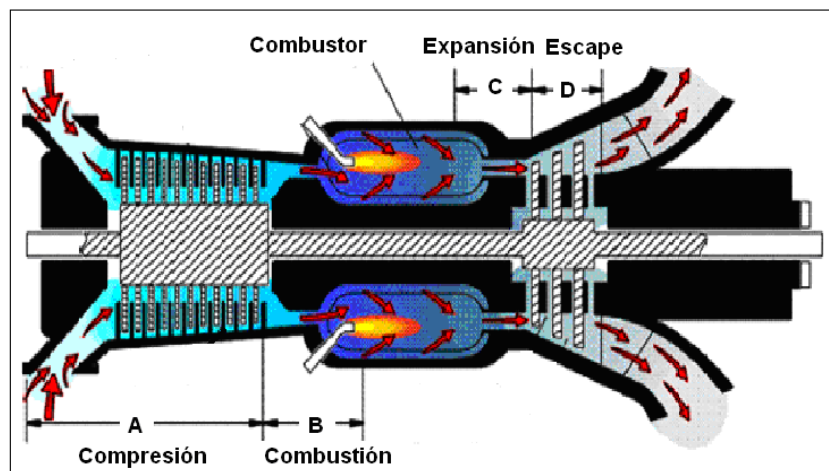


Figura 1.9 Generador de gases (Fuente: Manual de proceso de compresión)

El diseño y desarrollo del banco de pruebas se enfoca en la válvula de control de combustible, siendo ésta el principal instrumento de trabajo, junto con su controlador y la programación escalera en el PLC.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

El Instituto Mexicano del Petróleo es el centro de investigación de México dedicado al área petrolera que tiene la misión de transformar el conocimiento en tecnología y servicios de valor para la industria petrolera.

Una de las funciones principales del Departamento de Tecnología Aplicada a Sistemas de Control es la supervisión de los módulos de compresión, desde el arranque hasta el correcto funcionamiento de los equipos que lo componen, quienes llegan a presentar diversos problemas, uno de ellos, la válvula AMOT, encargada de regular el flujo de gas para que la cámara de combustión opere correctamente.

La válvula de control de flujo puede llegar a tener fallas, aunque en ocasiones no se tiene la certeza del origen de éstas, es decir, los errores en otras partes del sistema pueden ocasionar que la válvula no cumpla su función.

Actualmente lo que se hace en caso de que la válvula presente una falla es simplemente sustituirla por otra, sin tener la certeza de que sea realmente la válvula quien provoque la falla. El remplazo de esta pieza consume un tiempo considerable; además, el gas natural que es extraído, durante el tiempo de remplazo, tiene que ser quemado, pues la extracción de petróleo es un proceso que no puede parar, de esta manera se desperdicia un recurso natural no renovable y cuando el problema no es de la válvula, la quema sigue hasta que se encuentra la causa y se soluciona.

A partir de las fallas en la válvula surge la necesidad de crear una herramienta capaz de detectar el origen del problema para así agilizar su reparación. El diseñar y desarrollar un banco de pruebas para la AMOT brindará muchos beneficios para PEMEX Exploración y Producción de la región marina suroeste de los diferentes centros de proceso que así lo requieran (Abakatun Alfa y Abkatun Delta), para tener la certeza a través de diferentes pruebas, del correcto funcionamiento de este equipo.

En la Figura 1.10 se muestra la ubicación de la válvula de control de combustible AMOT en el sistema de gas combustible.

Para el banco de pruebas se diseñaron y desarrollaron pantallas de diagnóstico y operación sobre la plataforma Wonderware Intouch, ya que PEMEX cuenta con las licencias de uso de este software, y se utilizó para el prototipo un PLC GE FANUC 90-70, aprovechando también los recursos con los que ya cuenta PEMEX.

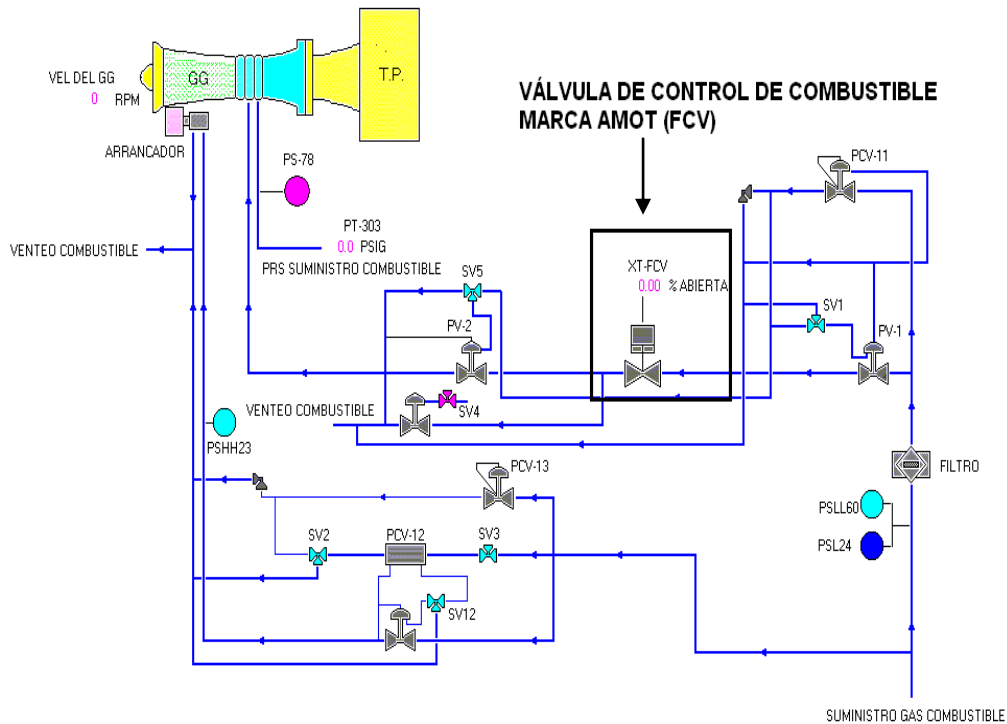


Figura 1.10 Localización de la válvula de control de combustible (Fuente: Manual de proceso de compresión)

## CONCLUSIÓN

El capítulo I hace una pequeña reseña histórica de la creación, organigrama y funciones que desempeña el Instituto Mexicano del Petróleo, así como la manera en que trabaja junto con PEMEX.

También se hace la descripción del proceso de compresión de gas y en qué momento aparece la válvula de control de gas combustible marca AMOT, resaltando la problemática por la cual surge la idea de desarrollar este proyecto, aportando una vez más el IMP desarrollo tecnológico a la paraestatal PEMEX.