

Optimización de las turbinas a gas, para la Universidad Tecnológica de Salamanca

Mónica Villegas & Abraham Barrón

M. Villegas & A. Barrón

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato Carretera Valle de Santiago-Huamimaro Kilómetro 1.2, 20 de Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Gto.

O. Vargas, H. Ramos (eds.). Ciencias de los Procesos Industriales, Proceedings-©ECORFAN- Spain, Madrid, 2015.

Abstract

In this work will be announced about gas turbines along with the optimization of the same, therefore the gas turbines used in the CFE Cuautla Morelos are machines for the generation of electrical energy or work which has advantages one of which is more compact installations not need water among other advantages, but it is also known as must disadvantages and one of them is that it requires expensive gear makes an elevating fuel consumption among others.

Introducción

Por lo tanto la optimización en el rendimiento es una de nuestra propuesta ya que para modificar la potencia de una turbina de gas se debe alterar, principalmente, dos parámetros: el flujo másico que pase a través de los álabes de la turbina y la temperatura del fluido de trabajo a la entrada del rotor. Así mismo, es posible incrementar la eficiencia y la potencia de un ciclo simple recuperando la energía remanente en los gases de escape mediante un recuperador de calor ya que este equipo produce vapor que puede ser expandido en el mismo eje de la turbina de gas o en otro eje mediante una turbina de vapor. Dicho lo anterior, se trabajara en una propuesta de optimización de las turbinas a Gas para un mejor funcionamiento, ya que como en la planta de la CFE en Cuautla Morelos está empezando, queremos que acepten nuestra propuesta dada a conocer en el presente trabajo.

Objetivo general:

Mediante este manual, optimizar la parte de capacitación para el personal que entrara a laborar a la central termoeléctrica de Cuautla Morelos ubicada en la comunidad de Huesca, siendo esta una empresa en proceso de construcción, el personal requiere de capacitación específica de turbinas de gas. La finalidad del manual es agilizar la fase de capacitación mediante conceptos específicos.

Objetivos específicos:

- Recopilar información referente al uso de las turbinas de gas, aplicadas a las centrales termoeléctricas.
- Lograr ser guía del personal, para la optimización de las turbinas de gas.
- Mediante este manual, capacitar adecuadamente al operario para lograr un eficiente arranque y operación.
- Entregar un manual con información específica, sin necesidad de perder tanto tiempo en buscarla.

1 Marco teórico

El objetivo de esta máquina es convertir energía calórica contenida en el combustible utilizado, en energía mecánica (trabajo mecánico) en el eje de la misma. La Turbina está compuesta de los siguientes elementos:

- 1.- Un compresor de flujo axial.
- 2.-Una o varias cámaras de combustión (según el fabricante).

3.- La turbina a gas.

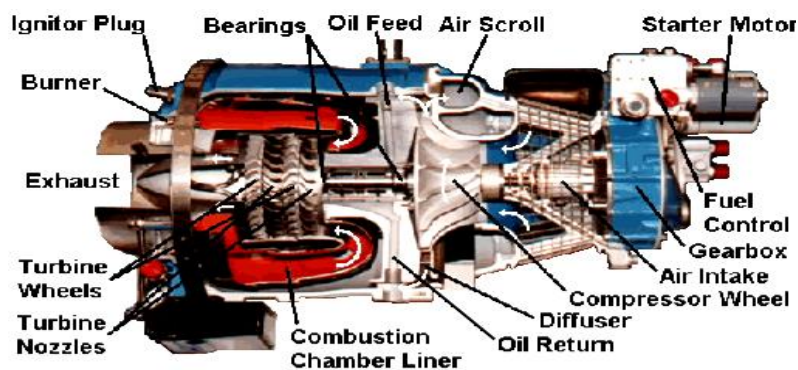
4.-Sistemas auxiliares para su operación:

- a) Sistemas de lubricación.
- b) Sistemas de alimentación de combustible.
- c) Sistema de regulación de velocidad.
- d) Sistema de puesta en marcha y parada.
- e) Sistema de protección de máquina.
- f) Sistema de acoplamiento hidráulico.
- g) Sistema de virado (virador).

5.-Motor de lanzamiento

1.1 Esquema de la turbina de gas

Figura 1 Esquema de una turbina de gas



Ignitorplug: Bujía de encendido.

Burner: Quemador

Exhaust: Exhausto

Turbine wheels: Ruedas de la turbina

Turbine nozzles: Toberas

Bearings: Cojinetes

Oilfeed: Alimentación de combustible

Combustionchamberliner: Cámara de combustión (recubrimiento)

Oilreturn: Retorno.

Air scroll: Cámara de circulación de aire

Starter motor: Iniciador

Fuel control: Control de combustible

Gearbox: Caja de velocidades

Air intake: Toma de aire

Compressorwheel: Rueda del compresor

Diffuser: Difusor

1.2 Descripción de los componentes de la turbina de gas

La turbina de combustión está integrada por estos elementos básicos:

- Un Compresor Axial de 16 etapas.
- Un Sistema de Combustión con 16 cestos para los combustores individuales alineados en forma de un anillo en la carcasa del combustor.
- Una Turbina de Gas del tipo de reacción con 4 pasos.
- Un sistema eléctrico de arranque, que es un paquete autosuficiente ensamblado sobre una plataforma dentro de un recinto de protección contra la intemperie. El paquete contiene el motor para girar el eje del generador con la turbina, el motor de arranque y el convertidor de torsión para acelerar hasta una velocidad de auto sostenimiento.
- Un sistema de Válvulas de Sangrado de Alta Presión y Baja Presión de las Etapas No. 10 y 6 del Compresor Axial.
- Sistema de Alabes Guías de Entrada variable IGV's que modulan desde 0 ~ 100% (53 ~ 0 °, respectivamente).
- Sistema de Control de Temperatura de las Cavidades No. 2, 3 y 4 de la turbina de gas, alimentado de las etapas, alimentado de las etapas 13, 10 y 6 del Compresor Axial.

Supervisorio de turbina de gas.

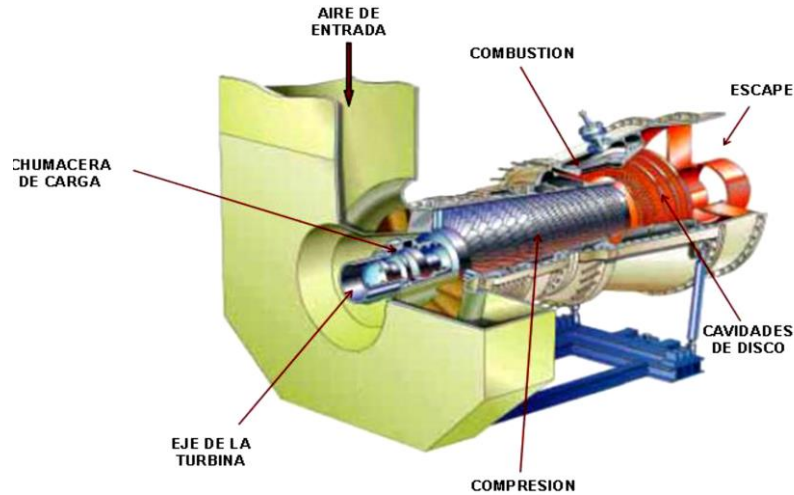
Los instrumentos para la medición de los parámetros del supervisorio de las turbinas de gas se utilizan para monitorear aquellas variables que, debido a su importancia o estado crítico, se requieren tener en constante vigilancia para evitar daños parciales o totales de la turbina de gas.

Objetivos:

- Identificar el monitoreo de las variables más importantes y críticas.
- Identificar valores de alarma y disparo.

- Interpretar la tendencia de los parámetros del supervisorio con respecto a velocidad y carga de la turbina de gas.
- Identificar las causas y consecuencias por valores no adecuados.

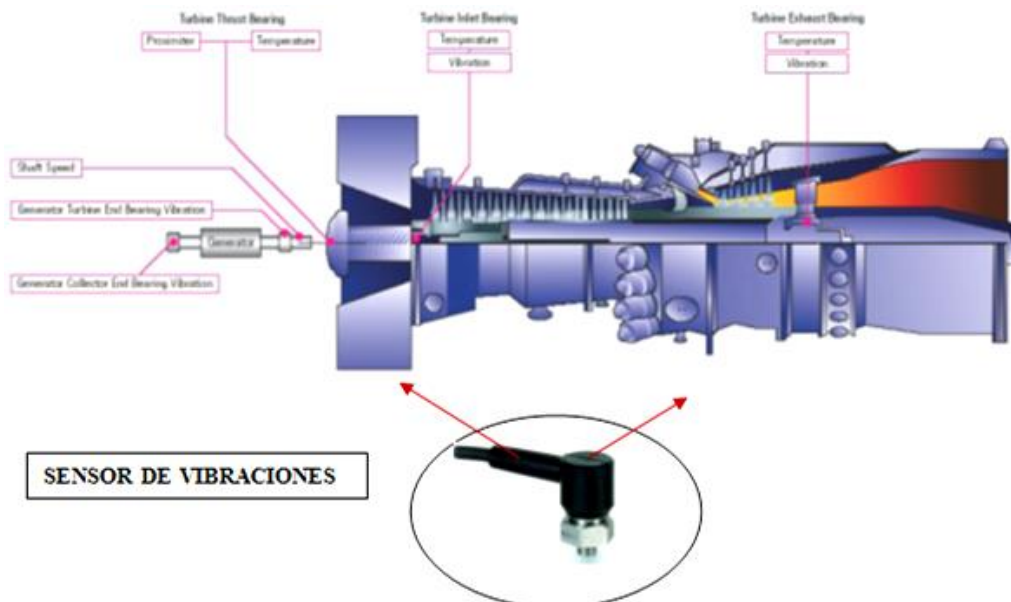
Figura 1.1 Partes principales que se monitorean del supervisorio de la turbina de gas



1.3 Monitoreo de vibraciones

En las Turbinas de Gas las vibraciones se monitorean en sus chumaceras de carga, que mediante el uso de unos detectores de gran sensibilidad se registra el desplazamiento Radial del rotor del Turbogruppo.

Figura 1.2 Monitoreo de vibraciones en turbina de gas



Sensores más empleados para las medidas de vibraciones:

- Acelerómetros Piezoeléctricos.
- Sensor Electrodinámico de Velocidad.

- Captadores de Desplazamiento por Corrientes de Foucault.

Un análisis de vibraciones puede realizarse de acuerdo a lo siguiente:

Figura 1.3



Evaluación del estado de la máquina.

Figura 1.4



Parámetros importantes para el diagnóstico de maquinaria

Figura 1.5

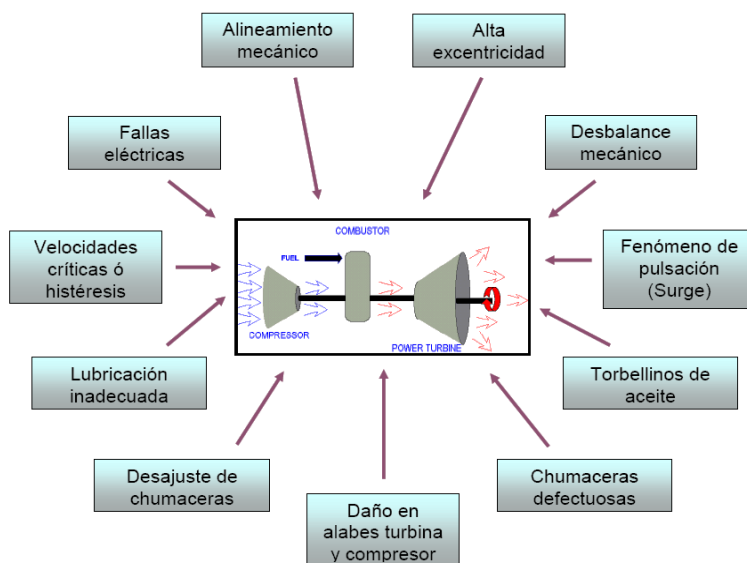


Otros parámetros:

- Nivel sonoro.
- Desplazamiento por dilatación en eje o carcasa.
- Temperatura.
- Velocidad de giro.
- Parámetros de proceso: Presión, Carga, Flujo e Intensidad.

Causas de vibraciones en turbina de gas:

Figura 1.6



Consecuencias de las vibraciones.

Al presentarse vibraciones muy altas se ocasionarían daños sumamente graves e irreversibles en la turbina, llegando inclusive a inutilizarla.

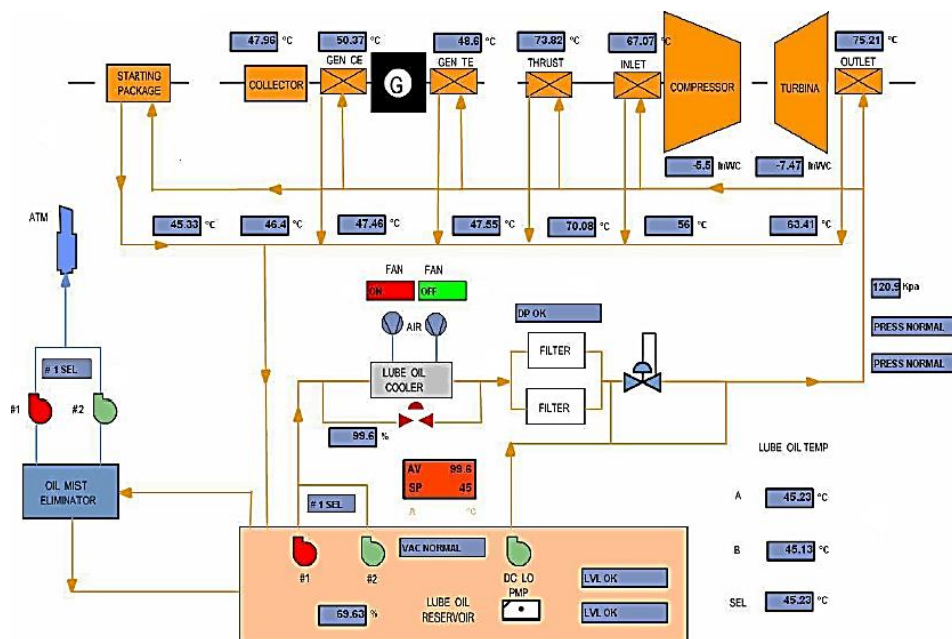
Figura 1.7 Turbina dañada



1.4 Monitoreo de temperatura de drenes y metales en chumaceras

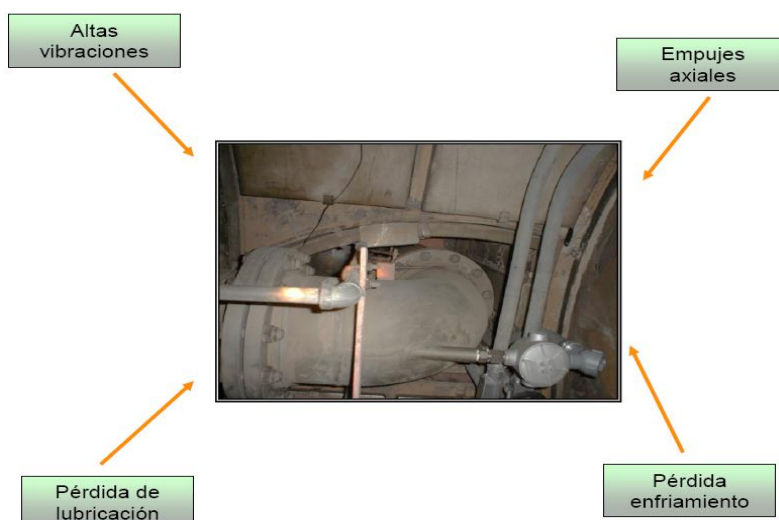
La fricción del aceite lubricante y la flecha de la turbina de gas en altas velocidades, causan un calentamiento de aceite a la salida de las chumaceras.

Figura 1.8 Monitoreo de las temperaturas de drenes y metales



Causas de alta temperatura de drenes en chumacera turbina de gas

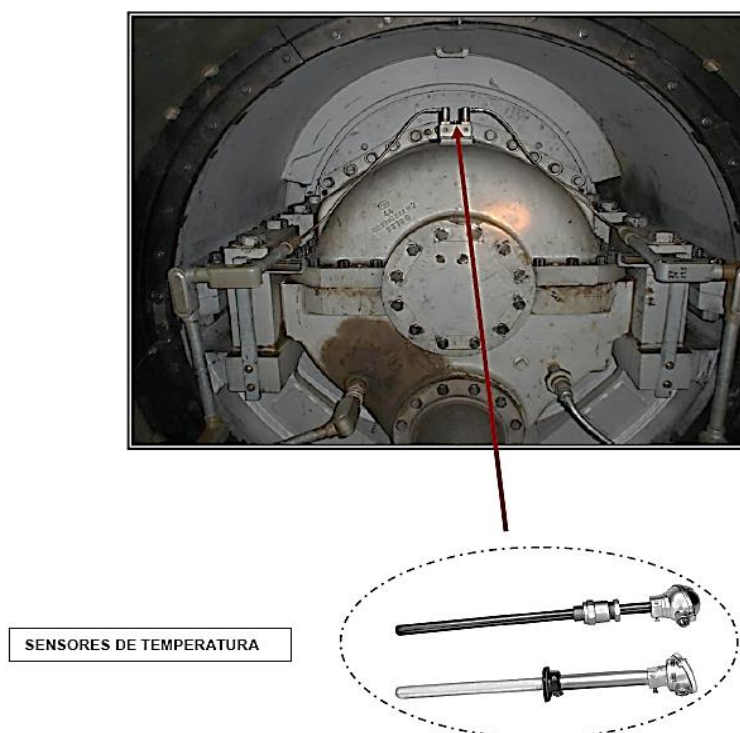
Figura 1.9



Monitoreo de temperatura de metales de chumaceras.

Como complemento del monitoreo de la temperatura de drenes, se monitorea también la temperatura de metales en chumaceras.

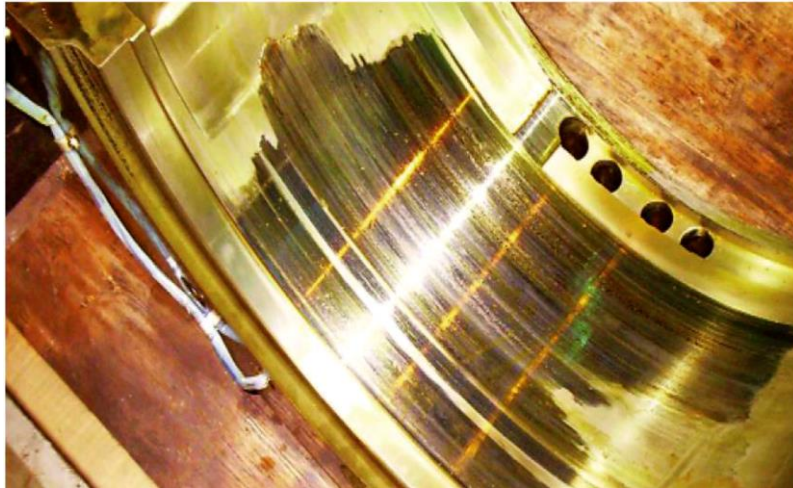
Figura 1.10 Monitoreo de la temperatura de metales en chumaceras



Consecuencias de alta temperatura de metales y drenes en chumaceras.

Un valor excesivo de temperatura en éstas variables, nos indica rozamiento entre metal y metal de la chumacera situación que originaría daños sumamente graves e irreversibles en la turbina, llegando inclusive a inutilizarla.

Figura 1.11 Chumacera dañada de turbina de gas



Valores de alarma de temperatura de metales en chumaceras:

Chumaceras generador lado excitador y lado turbina

Alarma: >107 °C

Auto descarga: >110 °C

Disparo: >113 °C

Chumacera de empuje

Alarma: >107 °C

Auto descarga: >110 °C

Disparo: >113 °C

Chumaceras turbina lado generador y lado escape

Alarma: >93 °C

Identificación de los parámetros operativos que afectan el desempeño de la unidad Turbogás.

La determinación de las acciones correctivas que reduzcan las desviaciones al régimen térmico requiere del reconocimiento de aquellas variables operativas que afectan el desempeño de los equipos principales y auxiliares de la unidad de generación turbo gas.

Es importante que la formación del Operador de Unidad se complemente con la adquisición de estos criterios para optimizar el desempeño de la unidad, tanto para la contribución en la mejora de los indicadores de desempeño de la central, así como para la evaluación del propio desempeño laboral.

El desarrollo de este tema se divide en dos partes:

1. Identificación de las variables operativas y los valores normales que definen el desempeño más óptimo de la unidad de generación turbo gas.
2. Reconocimiento de las curvas de desviación al Régimen Térmico y a la Potencia de Salida provocada por cada una de las variables operativas cuando se desvían de su valor normal.

Régimen térmico en central Turbogás

El régimen térmico es una medida de rendimiento o desempeño térmico de la operación de los equipos principales de un proceso termoeléctrico. El régimen térmico se representa bajo la siguiente expresión:

$$RT = CS / W = \text{calor suministrado} / \text{potencia eléctrica}$$

Con base en esta relación de energías se determina claramente que si aumenta el flujo de combustible, que es la principal fuente de energía calorífica al ciclo, para una misma potencia o incluso para una menor, el régimen térmico se incrementa. Como conclusión de esta relación directa de energías del proceso termoeléctrico, se tiene que al aumentar el Régimen Térmico de la unidad es desfavorable para el proceso desde el punto de vista operativo, ya que esto significa mayor consumo de energía calorífica para una misma potencia dada o menor de la esperada, además de reducir la eficiencia térmica del proceso e incrementar significativamente los costos de operación, y los índices de contaminación. Por ello es importante vigilar el Régimen Térmico para optimizar al máximo la operación de la unidad, pero la pregunta sería ¿que origina que aumente el Régimen Térmico de la unidad? La respuesta puede ser cualquiera de los siguientes aspectos:

- Alto consumo de combustible con relación a una potencia dada.
- Disminución de la potencia por problemas en el desempeño de los equipos principales.
- Incremento del calor rechazado por problemas en el desempeño de los equipos principales.
- Condiciones ambientales.

Régimen térmico óptimo (R.T.O.)

El régimen térmico óptimo es aquel que resulta con la unidad operando en las condiciones óptimas o las de diseño, aunque también pueden ser las que generen el mejor rendimiento, como es el caso de las unidades nuevas y limpias. En general una máquina se considera “Nueva” y “Limpia” si tiene menos de 250 horas de operación.

Los procedimientos de prueba y los métodos de cálculo se fijan de acuerdo con el código de prueba de desempeño de ASME (Sociedad de Ingenieros Mecánicos de los E.U.A.). Antes de proceder a efectuar las pruebas, debe inspeccionarse y calibrarse toda la instrumentación de la planta. En general los parámetros de control que se consideran durante la prueba de régimen térmico óptimo, aplicado a la unidad turbo gas, se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 1 Instrumentación para la prueba de desempeño térmico de la UTG

No.	Parámetro
1	Temperatura de entrada al compresor
2	Presión Barométrica
3	Humedad relativa del aire
4	Perdida de presión estática en la entrada del compresor
5	Presión diferencial de la espiral de entrada del compresor
6	Presión del casco del combustor
7	Flujo de combustible
8	Temperatura del combustible
9	Presión de combustible
10	Poder calorífico del combustible
11	Temperatura de gases de escape
12	Velocidad de la maquina
13	Potencia activa bruta del generador
14	Potencia reactiva del generador
15	Potencia de equipos auxiliares
16	Posición de IGV's

Todas estas variables favorecen o desfavorecen el régimen térmico de la unidad, en mayor o menor grado, en función a que suba o baje el valor de dicha variable con respecto a su valor óptimo. Posteriormente se mostrara, con ayuda de gráficas y curvas, el impacto al régimen térmico de la unidad así como a la potencia y eficiencia térmica, que origina cada una de las variables. Otro aspecto que influye notablemente en el Régimen Térmico de la unidad, es el rendimiento con que se mantiene trabajando el equipo y cuyas condiciones óptimas deseables son las siguientes:

Turbina de gas:

- Alabes sin depósitos ni erosión, típico de los primeros pasos.
- Hermeticidad correcta; sellos con huelgos dentro de tolerancia.
- Parámetro de control: rendimiento interno.

Compresor axial:

- Alabes limpios y que no presenten desgaste.
- Huelgos radiales y axiales dentro de tolerancia.
- Parámetro de control: rendimiento interno.

VARIABLES QUE AFECTAN AL RÉGIMEN TÉRMICO ÓPTIMO DE LA UNIDAD

El criterio de vigilancia de la eficiencia está basado en el principio de que la unidad tiene un régimen térmico óptimo, que se obtiene en las condiciones óptimas o de diseño descritas en la Tabla 2, en las que aporta su mejor rendimiento. Para una verificación posterior, se determinan las desviaciones parciales (o factores de corrección) en función de un conjunto de curvas o graficas que representan el efecto aislado que un parámetro de control tiene sobre el régimen térmico o en la carga de la unidad al operar fuera de las condiciones de diseño ya especificadas. Si el factor de corrección es mayor que 100% significa un aumento en el régimen térmico y en la carga de salida. Por el contrario, un factor de corrección menor que 100% significa que disminuye el régimen térmico y también la carga de salida.

Finalmente, se multiplican entre si todos los factores de corrección individuales para obtener un factor de corrección que representa el efecto global de la prueba en el régimen térmico o en la carga de salida. En la siguiente Tabla se explican cada uno de los parámetros implicados y su efecto en el régimen térmico y en la carga de salida de la unidad, además del programa de cálculo de las desviaciones correspondientes.

Tabla 1.1 Parámetros que afectan el régimen térmico

PARAMETRO DE CONTROL	VALOR OPTIMO
Temperatura del aire de entrada al compresor (°C).	37
Humedad específica del aire (Kg Agua/Kg aire seco).	0.0172
Presión Barométrica (mBar).	847
Velocidad turbina (rpm).	3600
Relación C/H (adim).	3.14
Relación I/CH (Adam).	0.0369
Perdida de presión estática en la entrada (mBar).	8.176902
Temperatura del escape (°C).	595
Degradación turbina de gas (Horas Operación Equivalente).	0.0005

Recuerda:

- La turbina de gas es una planta de potencia que produce gran cantidad de energía con poco peso y tamaño.
- Puede funcionar con una gran variedad de combustibles: gas natural, diésel, naphtam, metano gasóleos vaporizados.
- El costo de operación de la planta de potencia y el coste de la energía depende de varios factores: costo del combustible, eficiencias de funcionamiento, costos de mantenimiento y costo inicial.
- La máquina acciona una carga la cual se encuentra montada en el eje de la misma.
- La carga podrá ser de diversos tipos, tales como: un generador eléctrico, una bomba de gran potencia, un compresor, un suplante de aire, etc....
- Según el tipo de cargas de que se trate podrá existir una caja reductora de velocidad entre la máquina y la carga, caso de que la carga sea un generador eléctrico, bien explicado como (planta propulsora).
- La aplicación correcta de los criterios expuestos en este instructivo, redundara en la posibilidad de diagnosticar el funcionamiento de la unidad para una mejor toma de decisiones por parte del Operador de Unidad y/o del Jefe de Turno. A fin de complementar este análisis se requiere de valorar el desempeño del equipo principal que corresponda determinando las necesidades de mantenimiento con base en los resultados obtenidos

1.5 Ventajas de la turbina de gas

- a) Muy buena relación potencia vs. Peso y tamaño.
- b) Bajo costo de instalación.
- c) Rápida puesta en servicio.

- d) Es una máquina rotante (no tiene movimientos complejos como son los movimientos rotatorios alternativos de los motores de combustión interna).
- e) Al ser una máquina rotante el equilibrado de la misma es prácticamente perfecto y simple, a diferencia de máquinas con movimiento alternativos.
- f) Menos piezas en movimiento (comparado con los motores de combustión Interna).
- g) Menores pérdidas por rozamiento al tener menores piezas en movimiento.
- h) Sistema de lubricación más simple por lo expresado anteriormente.
- i) Bajas presiones de trabajo (es la máquina térmica que funciona a más baja presiones).
- j) El proceso de combustión es continuo y se realiza a presión constante en la cámara de combustión (diferente a los motores de combustión interna).
- k) Pocos elementos componentes: compresor, cámara/s de combustión y turbina propiamente dicha.
- l) No necesitan agua (diferente a las turbinas a vapor que requieren de un condensador).
- m) Permiten emplear diferentes tipos de combustibles como kerosene, gasoil, gas natural, carbón pulverizado, siempre que los gases de combustión no corroan los álabes o se depositen en ellos.
- n) El par motor es uniforme y continuo.

Desventajas de la turbina de gas.

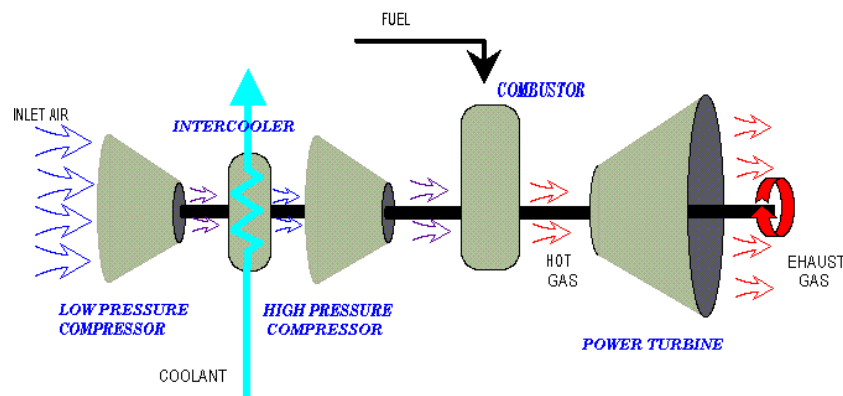
Bajo rendimiento térmico (alto consumo específico de combustible) debido a:

1.- Alta pérdida de calor al ambiente que se traduce por la alta temperatura de salida de los gases de escape por chimenea, entre 495°C a 560 °C.

2.-Gran parte de la potencia generada por la turbina es demandada por el compresor axial, en el orden de las $\frac{3}{4}$ partes, o sea un 75% de la potencia total de la turbina.

Figura 1.12 Funcionamiento de la turbina de gas

GAS-TURBINE WITH INTERCOOLING



Funcionamiento de una turbina de gas.

- 1.- Entra el aire en la zona de compresión.
- 2.- El aire comprimido entra en la cámara de combustión.
- 3.- Se produce la ignición del gas, expandiéndose al salir de la cámara de combustión.
- 4.- A medida q el gas sale de la cámara, pierde presión, pero gana en velocidad.
- 5.- En su camino de salida atraviesa los álabes de la turbina, Haciendo girar su eje, que puede mover a su vez el eje de un alternador para producir la corriente eléctrica.

Ciclo Brayton.

El Ciclo Brayton describe el comportamiento ideal de un motor de turbina de gas.

Las etapas del proceso son las siguientes:

Admisión.- El aire frío y a presión atmosférica entra por la boca de la turbina.

Compresor.- El aire es comprimido y dirigido hacia la cámara de combustión mediante un compresor (movido por la turbina). Puesto que esta fase es muy rápida.

Cámara de combustión.- En la cámara, el aire es calentado por la combustión del queroseno. Puesto que la cámara está abierta el aire puede expandirse.

Turbina.- El aire caliente pasa por la turbina, a la cual mueve. En este paso el aire se expande y se enfría rápidamente.

Escape.- Por último, el aire enfriado (pero a una temperatura mayor que la inicial) sale al exterior. Técnicamente, este es un ciclo abierto ya que el aire que escapa no es el mismo que entra por la boca de la turbina, pero dado que sí entra en la misma cantidad y a la misma presión, se hace la aproximación de suponer una recirculación. En este modelo el aire de salida simplemente cede calor al ambiente y vuelve a entrar por la boca ya frío.

Figura 1.13 Turbina

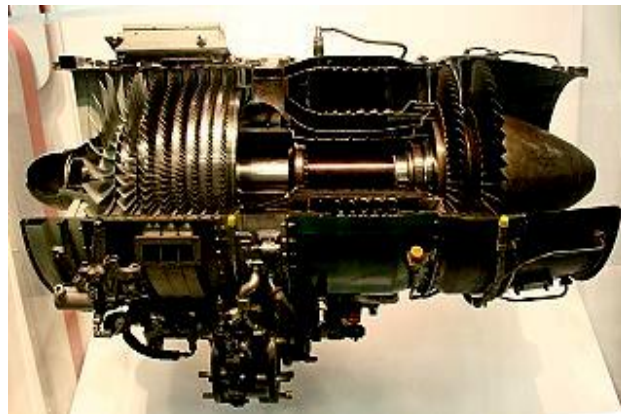
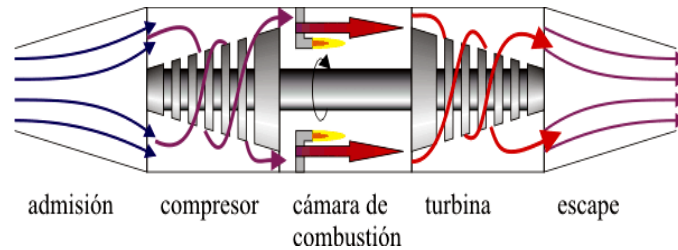


Figura 1.14 Esquema ciclo Brayton

1.6 Optimización de las turbinas a gas

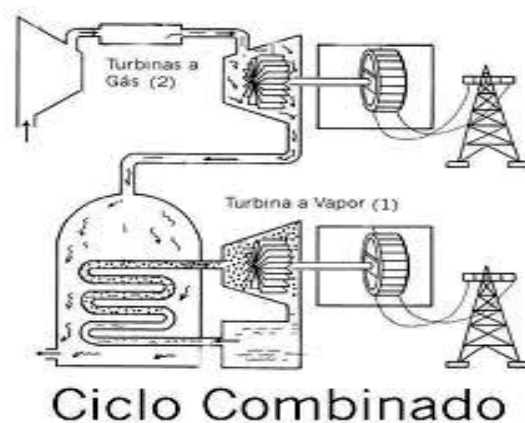
Los ciclos reales son ciclos básicos, convenientemente modificados incluyendo las combinaciones entre ellos constituyen diferentes alternativas existentes para mejorar el rendimiento de térmico de los ciclos.

Turbinas de ciclo combinado.

El plan general de una planta de ciclo combinado se puede organizar de acuerdo a las diferentes posibilidades. El número de unidades turbo gas por unidad de vapor varía de 1-1 a 4-1.

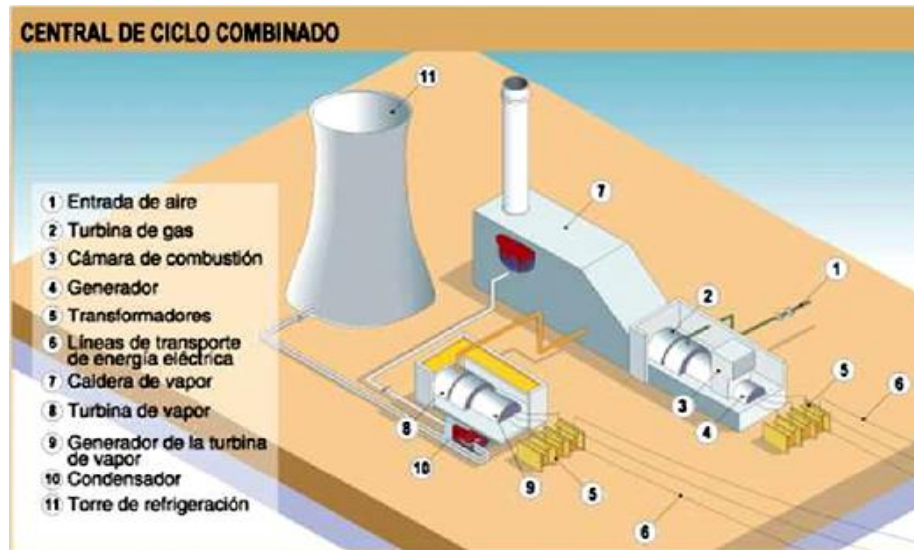
Hay tres variables de vapor para la fase de diseño:

- sin quemar combustible adicional.
- con la quema de combustible adicional para el control de calor.
- con la quema de combustible adicional para aumentar el calor y la presión de vapor.

Figura 1.15

La configuración más usada para aumentar la potencia y eficiencia de una turbina de gas es el ciclo combinado. Este utiliza un recuperador de calor generador de vapor acoplado a la salida de los gases de escape de la turbina para producir vapor que será expandido en una turbina de vapor. Los principales equipos que requieren un ciclo combinado son: Una turbina de vapor, un condensador de superficie, un sistema de enfriamiento, un generador eléctrico adicional y numerosos sistemas auxiliares.

Figura 1.16 Partes del ciclo combinado



Una de las mayores desventajas que presenta el ciclo combinado es la alta inversión capital que implican. Con el fin de salvar esta dificultad se han ideado ciclos de potencia diferentes para recuperar la energía disponible en los gases de escape un una turbina de gas. Una de las ventajas de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas.

La primera etapa, turbo gas, puede ser terminada en un corto período de tiempo y la planta inicia operaciones de inmediato y posteriormente, la construcción de la unidad de vapor puede ser terminado, y completar así el ciclo combinado. Por lo cual decidimos dar otra propuesta para la mejora del ciclo combinado que son los siguientes.

Ciclo Stig (Steam Injected Gas Turbine System)

Se denomina ciclo combinado en la generación de energía .El ciclo STIG proporciona una alternativa eficiente a un relativamente bajo costo para recuperar la energía de los gases de escape de una turbina de gas .Este sistema utiliza un recuperador de calor acoplado a la salida de los gases de escape de la turbina para generar vapor que sería inyectado en la cámara de combustión de la misma turbina de gas.

El propósito de esta configuración es incrementar el flujo másico que pasa a través de los álabes de la turbina, que son los encargados de transmitir la energía del fluido del trabajo, en este caso, la mezcla de gases de combustión y vapor sobrecalentado, al rotor.

La gran cantidad de agua requerida para la formación de vapor representa un problema importante, debido a que no hay recuperación del agua utilizada por lo cual el ciclo STIG también conocido como el Ciclo Cheng, en el que el vapor generado en la caldera de recuperación de calor), se inyecta en la cámara de combustión y se expande, mezclado con los productos de la combustión, en una única turbina.

Ciclo Cheng.

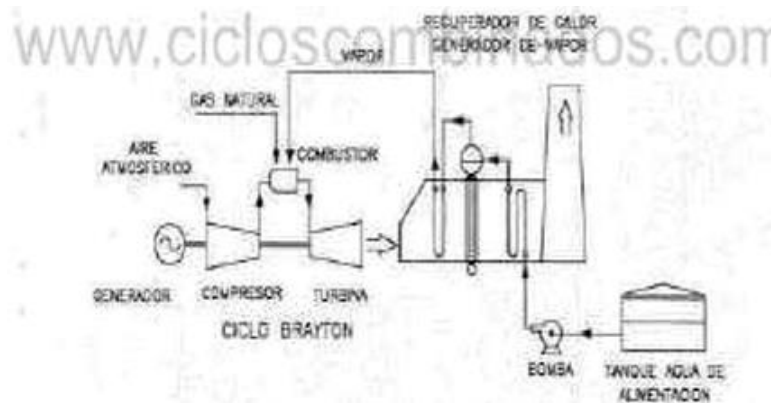
En este sistema Cheng opera como un carburador, en un motor de gasolina, al momento de inyectar vapor sobrecalentado dentro de la cámara de combustión de la turbina para alcanzar la mayor eficiencia y potencia posibles.

En esta técnica, la combustión de gas calienta la mezcla de aire y vapor a la temperatura de trabajo de la turbina de combustión y permite su operación a temperaturas superiores a 1.450°C (2650°F).

En consecuencia, el incremento de potencias es debido no solo al aumento de flujo másico a través de la máquina sino también a las elevadas temperaturas de los gases a la entrada del rotor de la turbina. En este proceso el vapor trabaja sinérgicamente con la mezcla de aire-combustible, lo cual eleva su potencia térmica.

Las diferencias entre el sistema tradicional de inyección de vapor y el ciclo Cheng consiste básicamente en que este último inyecta mayores cantidades de vapor ya que no solo lo usa para incrementar la potencia de salida, sino también para reemplazar parte del aire de sangrado del compresor en la misión de enfriar los combustores. Además de esto, el sistema Cheng es aplicable tanto en turbinas modernas y de gran capacidad.

Figura 1.17 Ciclo Stig Y Cheng



Ventajas Del Ciclo Cheng.

- Flexibilidad de operación.

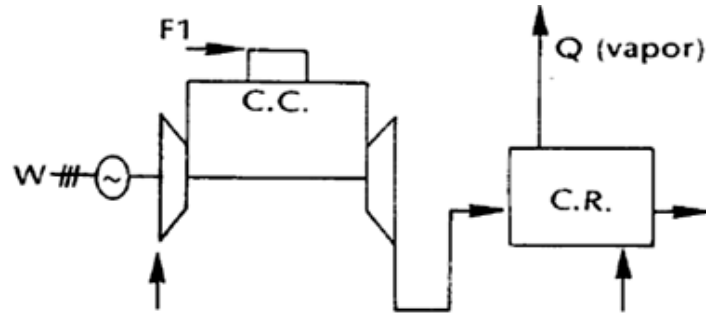
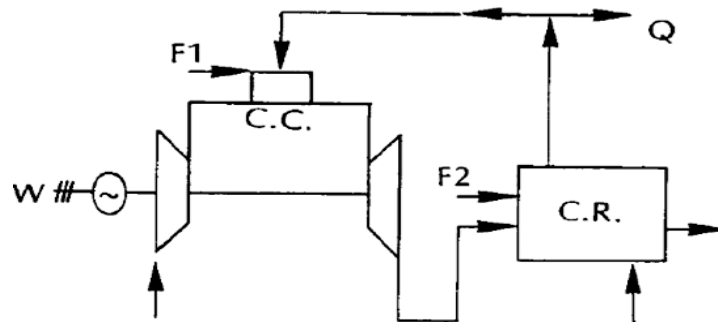
El ciclo Cheng es capaz de adaptar la producción de energía térmica y eléctrica a las necesidades de la industria, manteniendo un rendimiento aceptable. Esto se consigue tanto regulando la cantidad de vapor inyectado en las cámara de combustión de la turbina (lo que caracteriza al ciclo Cheng), como variando el grado de postcombustión de la caldera de recuperación. Esta flexibilidad posibilita, asimismo, la adaptación del ciclo cogenerativo a futuras variaciones en las necesidades de la industria.

- Medio ambiental.

Se trata fundamentalmente de la importante disminución de emisiones de NO_x , que según la cantidad de vapor inyectado, puede ser hasta un 75 por 100 del total emitido por una turbina de gas convencional.

- Modelo.

1.-Ciclo simple

Figura 1.18 Esquema de una turbina de gas y caldera de recuperación**Figura 1.19** Esquema del ciclo Cheng

Permite aumentar la producción de vapor manteniendo constante la de energía eléctrica, mientras que quede oxígeno en los gases de escape para poder quemar combustible adicional. Cuando aumenta el grado de post-combustión, también lo hace la temperatura de los gases de escape, y que al superar estos los 800°C, es obligatorio incorporar a la caldera de recuperación una cámara de combustión refrigerada con pantallas de agua. El ciclo Cheng provee eficiencias de ciclo combinado a costos de ciclo simple basándose en que la eficiencia pico del ciclo se logra a una única relación de flujo másico entre el vapor sobrecalentado y el aire comprimido en la cámara de combustión. Es así como este ciclo alcanza incrementos en la potencia de salida y la eficiencia de hasta el 80 y 40%, respectivamente.

1.7 Conclusiones

Como hemos comprendido los generadores térmicos que operan turbinas de gas en ciclo simple se ven en la obligación de buscar alternativas, diferentes al costoso ciclo combinado, que les permitan permanecer dentro de un mercado que ha demostrado aceptar sólo unidades eficientes y competitivas. En atención a esta necesidad se presentan los ciclos STIG y Cheng, que al incrementar el flujo másico a través de los álabes de la turbina logran aumentos considerables en la eficiencia y potencia de los sistemas de producción de energía con turbinas de gas.

El aumento en el flujo másico a través de la turbina y la disminución del trabajo demandado por el compresor, que se logran enfriando el aire en la succión del mismo, además de incrementar la potencia representan la alternativa más económica para mejorar la eficiencia y la competitividad de las turbinas de gas.

Lo anterior teniendo en cuenta que con estos sistemas es posible alcanzar incrementos en la potencia de salida alrededor del 20% con inversiones de capital comparativamente bajas.

1.8 Referencias

Advantages of gas turbine general electric company EE.UU.

Energía mediante vapor, aire o gas w. H. Severns; h. E. Degler; j. C. Miles editorial reverté s.a. Barcelona – España

Gas turbine power plants siemens aktiengesellschaft Erlangen – Germany

Industrial gas turbines single shaft john brown engineering ltd. London – England

Manual de operación y mantenimiento de turbina John Brown engineering ltd. London – England

Motores térmicos r. Martínez de vedia editorial Reverte s.a. Barcelona – España

The industrial gas turbine john brown engineering ltd. London – England