

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

NOMBRE DEL PROYECTO:

CREACIÓN DE UN MANUAL PARA EL  
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL TURBO  
COMPRESOR CENTRIFUGO 106J DE LA PLANTA  
REDUCTORA DE VISCOSIDAD DEL SECTOR 1.

EMPRESA:

PEMEX REFINACIÓN REFINERÍA MIGUEL HIDALGO

REPORTE FINAL

PRESENTA:

Elimelec Galdámez Clemente

Asesor del ITTG

Ing. Mario Alberto de la cruz padilla

Asesor de la organización

Ing. Guillermo Fromow Valdez

## Contenido

CAPÍTULO I.....	7
Introducción .....	7
1.1.- Problemática a resolver .....	8
1.2.- Objetivos .....	8
1.3.- Justificación.....	8
1.4.- Alcances y limitaciones .....	9
CAPITULO II.....	10
Marco Teórico.....	10
2.1.- COMPRESORES .....	10
2.1.1.- Clasificación de los compresores .....	10
2.1.2.- Compresor de desplazamiento positivo .....	13
2.1.3.- Componentes de un compresor centrífugo.....	16
2.1.4.- Equipos y sistemas de los compresores.....	25
2.1.5.- Sistema de anti-surge .....	26
2.2.- TURBINA.....	28
2.2.1.- Generalidades y clasificación.....	29
2.2.2.- Características de las turbinas de vapor.....	30
2.2.3.- Elementos de una turbina .....	31
2.2.4.- Sistema de lubricación y aceite de control.....	35
2.3.- ACOPLAMIENTOS .....	35
2.3.1.-Tipos de acoplamientos .....	36
2.3.2.- Causas generales de fallas en los acoplamientos.....	38
2.3.3.- Características para la selección del acoplamiento.....	39
CAPITULO III.....	41
Procedimiento.....	41
3.1.- Política de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental (PEMEX).....	41
3.1.1.-Política de mantenimiento.....	41
3.2.- Normatividad aplicable.....	41
NRF-131-PEMEX-2013.....	41
NRF-170-PEMEX-2014.....	42
3.3.- Estructura .....	43
3.3.1.-Datos de operación del compresor (tipo 29m5-4).....	43
3.4.-Desarrollo .....	44
3.4.1.- Responsabilidad y autoridad.....	45
3.5.-Consideraciones de seguridad .....	46

3.6.-Requisitos previos / condiciones de entrega a mantenimiento.....	47
3.7.-Retiro de instrumentación involucrada y líneas auxiliares.....	48
3.8 Retiro de cubre cople, revisión y evaluación de acoplamiento.....	49
3.9 Desmontaje de chumacera axial y radial.....	53
3.10 Desmontaje de sellos mecánicos.....	56
3.11 Desanclado y desmonte del compresor.....	57
3.12 Desarmado, limpieza mecánica y evaluación de daños.....	59
3.13 Eliminación de laberinto, inspección y control de holgura.....	60
3.14 Datos específicos de la turbina.....	61
3.14.1.- Desarmado de turbina.....	62
3.14.2.- Desarmado de cajas de chumaceras.....	63
3.14.3.- Desmontaje del gobernador hidráulico.....	63
3.14.4.- Desarmado de válvula de admisión de vapor.....	65
3.15.- Revisión de la flecha.....	65
3.15.1.- Revisión de rueda o ruedas de la turbina.....	66
3.15.2.- Inspección de las cajas de chumaceras.....	66
3.15.3.- Revisión de la caja de carbones.....	67
3.15.4.- Asentamiento y ajuste de los carbones en su diámetro interior de acuerdo al manual del fabricante.....	67
3.15.5.- Revisión y mantenimiento a la carcasa superior e inferior.....	67
3.15.6- Revisión de la válvula de admisión de vapor.....	68
3.15.7.- Revisión del mecanismo y la válvula de cierre rápido (t y t).....	68
3.15.8.- Inspección del mecanismo del sistema de gobierno mecánico.....	68
3.15.9.- Revisión a la bomba de lubricación.....	69
3.15.10.- Montaje de mangas de sellos de aceite.....	69
3.15.11.- Armado del sistema de gobierno mecánico.....	69
3.15.12.- Armado de válvula de admisión y cierre rápido.....	69
3.15.13.-Montaje del gobernador hidráulico.....	70
3.15.14.- Ajuste de la velocidad de gobierno mecánico de la turbina.....	70
3.16.- Lavado del sistema de lubricación.....	71
Capítulo IV.....	76
Resultados.....	76
Posibles Causas Y Acciones Correctivas De Problemas En Compresor.....	76
4.1.-Baja presión de aceite lubricante.....	76
4.2.-Temperatura excesiva del aceite en el dren de chumaceras y/o desgaste de chumaceras.....	78
4.3.-Vibración excesiva.....	80

4.4.-Launida no queda alineada.....	82
4.5.-Agua en el aceite. ....	83
4.6.-Perdida de presión en la descarga del compresor. ....	84
CAPITULO V. ....	85
Conclusiones .....	85
Recomendaciones.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	88

## Figuras

### CAPITULO 2

Figura 2.1. Compresor centrífugo.....	11
Figura 2.2. Compresor centrífugo de una etapa. ....	11
Figura 2.3. Compresor de varias etapas. ....	12
Figura 2.4. Compresor axial multi-etapa. ....	12
Figura 2.5. Compresor lobular, formado por dos rotores. ....	13
Figura 2.6. Compresor de paletas deslizable.....	14
Figura 2.7. Compresor de tornillo.....	14
Figura 2.8. Compresor de pistón líquido. ....	15
Figura 2.9. Compresor reciprocante de tres etapas. Cada etapa corresponde a un cilindro con su respectivo émbolo o pistón.....	15
Figura 2.10. Compresor de diafragma. ....	16
Figura 2.11. Ejemplos de impulsores abiertos. ....	17
Figura 2.12. Impulsores cerrados.....	17
Figura 2.13. Ejemplos de impulsores semi-abiertos. ....	17
Figura 2.14. Tipos de impulsores centrífugos: a) Abiertos; b) Semi-abierto de simple aspiración; c) Semi-abiertos de doble aspiración; d) Cerrado de doble aspiración; e) Cerrado de simple aspiración. ....	18
Figura 2.15. Impulsor de un compresor con álabes: a) Curvados hacia atrás; b) Curvados hacia delante y c) De salida radial. ....	18
Figura 2.16. Cambios de presión estática y dinámica a través de un compresor centrífugo. ....	19
Figura 2.17. Rotor de un compresor centrífugo. ....	19
Figura 2.18. Plato de empuje. ....	20
Figura 2.19. Pistón de balance.....	20
Figura 2.20. Sello laberíntico.....	22
Figura 2.21. Detalle de un sello laberíntico. ....	22
Figura 2.22. Ejemplo de cojinete radial. ....	22
Figura 2.23. Detalle de un cojinete de empuje.....	23
Figura 2.24. Álabes guía de entrada. ....	23
Figura 2.25. Diafragma de un compresor centrífugo. ....	24
Figura 2.26. Imagen de un diafragma. ....	24
Figura 2.27. Imagen real de un barril (back-to-back). ....	24
Figura 2.28. Principales componentes de un compresor centrífugo.....	25
Figura 2.29. Presostato. ....	25
Figura 2.30. Manómetro. ....	26
Figura 2.31. Desarrollo de surge o bombeo.....	27
Figura 2.32. Mapa de operación para el control de surge. ....	27
Figura 2.33. El trabajo disponible en la turbina de vapor es igual a la diferencia entre el vapor de entrada a la turbina y el de salida. ....	29
Figura 2.34. Rotor de turbina ....	32
Figura 2.35. Mecanismo de unión de los álabes de rotor al eje del mismo. ....	32
Figura 2.36. Esquema de turbina.....	32
Figura 2.37. Turbina de sección donde se pueden apreciar tanto el estator como el rotor de la misma. ....	33

Figura 2.38. Tobera y diafragmas de toberas. ....	33
Figura 2.39. Corte de turbina carcás y componentes. ....	34
Figura 2.40. Chumacera radial tipo lineal. ....	34
Figura 2.41. Acoplamientos rígidos de manguito o con prisionero. B).- Acoplamientos rígidos de plástico. C).- Acoplamientos rígidos por sujeción cónica. ....	36

### CAPITULO 3

Figura 3.1. Datos de diseño .....	44
Figura 3.2. Representación de instrumentos .....	49
Figura 3.3. Anotación de alineamiento.....	50
Figura 3.4. Corrección de desalineamiento en coples cara vertical (abierto). ....	51
Figura 3.5. Desalineamiento axial vertical .....	52
Figura 3.6. Colocación de lánas .....	52
Figura 3.7. Desalineamiento paralelo. ....	53
Figura 3.8. Jaula de resortes.....	56

### Anexos

Anexo I. Plano de la planta reductora de viscosidad señalando la posición del turbo compresor 106-J.....	88
Anexo II. Listado de verificaciones antes de meter a operación el equipo (check list).....	89
Anexo III. Monitoreo de condiciones del turbo compresor 106-J.....	90
Anexo IV. Permiso de trabajo, auditoría de seguridad y protección ambiental .....	91
Anexo V. Formato para mantenimiento predictivo mecánico (barrido de vibraciones). ....	93
Anexo VI. Formato para revisión de chumaceras y sellos mecánicos del compresor 106-J .....	94
Anexo VII. Formato para revisión de chumaceras de turbina principal del 106-J. ....	96
Anexo VIII. Formato para revisión de holguras en chumaceras y sellos mecánicos conforme a datos de diseño. ....	98

# CAPÍTULO I

## Introducción

En la industria de la refinación, las máquinas de trabajo son de gran importancia, gracias a ellos el proceso de refinación casi nunca para.

Cuando estos equipos tienen larga vida de trabajo a menudo se comportan de distinta manera por lo cual se considera los diferentes tipos de mantenimiento y uno de los más importantes es el correctivo que estará siempre presente ya que por muchas razones las máquinas dejan o tienden a funcionar de manera incorrecta y es necesaria la intervención de ella.

Como se había mencionado que son de gran importancia en la industria petrolera, estas no pueden salir de operación por largas temporadas si no que el arreglo debe ser lo más pronto posible y con un grado de confiabilidad de trabajo excelente para ello se realizan pruebas fuera de operación o conocidos como ensayos no destructivos que permiten el análisis de las máquinas antes de estas entrar en operación.

Es considerado que cuando una máquina necesita mantenimiento correctivo debe de existir procedimientos para realizar la corrección de modo que el proceso no se detenga por largo periodo afectando a otras plantas que están aunada a ella he ahí la necesidad de contar con un manual que contenga el proceso de correcciones y listado de partes que se deben tener presente así como las experiencias ya existentes, de igual forma las condiciones de diseño de la máquina.

## 1.1.- Problemática a resolver

En la planta reductora de viscosidad se encuentra el turbo compresor centrifugo de tipo 29M5-4 el cual transporta los gases de residuo como son el gasóleo a la planta catalítica uno ubicada en el sector dos de la refinería Miguel Hidalgo, el turbo compresor centrifugo no cuenta con un manual para realizar el mantenimiento de tipo correctivo por lo cual, cuando sale de operación, el tiempo en ser reparado es mayor al considerado, provocado por diferentes situaciones uno de ellos son las refacciones, entre otras.

## 1.2.- Objetivos

### General

Crear un manual para dar mantenimiento correctivo al turbo compresor centrifugo 106-J de la planta reductora de viscosidad sector 1 en la refinería Miguel Hidalgo.

### Específicos

- Documentar las fallas más comunes que se presentan en el turbo compresor centrifugo.
- Maximizar la disponibilidad de la máquina para la transportación de producto, de manera que siempre este apto y en condiciones de operación inmediata.
- Lograr con el mínimo costo posible el mayor tiempo de servicio de las instalaciones y máquinas productivas.
- Preservar el valor de la máquina, optimizando su uso y minimizando el deterioro y, en consecuencia su depreciación.

## 1.3.- Justificación

El turbo compresor centrifugo 106-J es considerado como un equipo critico ya que es de gran utilidad para el envío de gases de hidrocarburos a la planta catalítica uno del sector dos. Si el equipo se encuentra fuera de función se tienen perdidas por dejar de producir y son de elevados costos.

El mantenimiento correctivo para el turbo compresor centrifugo 106-J es necesario para la continuación de su funcionamiento evitando el tiempo ocioso o pérdida de tiempo que puede ser altamente costosos o en otro caso culminar con la vida del



turbo compresor centrifugo además de que toda persona asignada para la verificación de este debe tener conocimiento de cómo responder en dado caso se presenten complicaciones con el funcionamiento de la máquina tanto en el compresor como la turbina, de este modo no actuara o tomara decisiones precipitadas provocando el paro de operación no planificado.

Las competencias a las que impacta el desarrollo del siguiente proyecto son:

- Contar con un manual el cual contendrá el procedimiento a realizar para cuando en el turbo compresor presente una avería y ponga en peligro la vida o función de la máquina.
- Garantizar el trabajo del turbo compresor en dado caso este salga a mantenimiento correctivo, el lapso de tiempo que se lleve la corrección sea considerado y los costos de producción no sean elevados.
- Cuando el turbo compresor centrifugo no opera el gas que se manda a catalítica uno para ser procesado y reincorporado al cabezal de quemadores, es enviado a los quemadores elevados.

#### **1.4.- Alcances y limitaciones**

El alcance principal del manual para mantenimiento correctivo del turbo compresor centrifugo 106-J es para que exista evidencia de como poder realizar mantenimiento cuando el turbo compresor presente averías se pueda revisar el manual y con base a experiencias anteriores guiar para dar arreglo, reduciendo tiempo y costos.

Por otra parte el tener un listado de las piezas más rentables en base a experiencia para que en dado caso se presente una anomalía se encuentre en existencia el repuesto y no tenga que perderse tiempo.

La limitación es que solamente será aplicado mantenimiento correctivo en especial al turbo compresor centrifugo 106-J ubicado en la planta reductora de viscosidad del sector uno.

# CAPITULO II.

## Marco Teórico

### 2.1.- COMPRESORES

Es una máquina que recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico o turbina y transfiere el fluido que maneja en forma de presión y velocidad.

#### 2.1.1.- Clasificación de los compresores

Los compresores se pueden clasificar en: dinámicos y de desplazamiento positivo (o volumétrico).

En los compresores de desplazamiento positivo el gas aumenta su presión mediante su reducción de volumen. Los compresores dinámicos aceleran el gas e incrementa la energía cinética la cual es convertida en presión.

El tipo de compresor que se va a utilizar para una determinada aplicación además dependerá del caudal, de la presión y de la capacidad del gas para ser comprimido.

En general, los compresores dinámicos son la primera opción dado que los costes de mantenimiento son muy bajos. La siguiente opción serían los desplazamientos positivos, ya que no contiene válvulas y el gas está libre de pulsaciones. La última opción sería un compresor recíprocante, que es un tipo de compresor volumétrico, ya que tiene el coste de mantenimiento más alto y el gas produce pulsaciones.

##### 2.1.1.1.- *Compresores dinámicos*

Existe dos tipos de compresores dinámicos: centrífugos y axiales. A los compresores dinámicos también se les conoce como turbocompresores (centrífugos o axiales), dado que son turbomáquinas.

##### 2.1.1.2.- *Compresores centrífugos*

Los compresores centrífugos incrementan la energía cinética de un gas aumentando la velocidad tangencial del gas (figura 2.1).

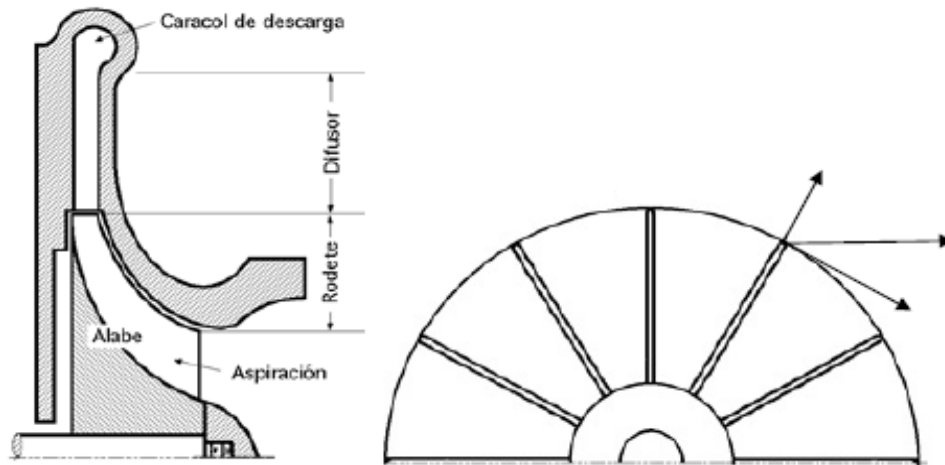


Figura 2.1. Compresor centrífugo.

El gas entra en el compresor a través de la tobera de admisión, pasando por el impulsor o rodete, generando un flujo turbulento. El impulsor, que es como un disco con palas, está montado sobre un eje rotatorio. Este recibe el gas desde la tobera de admisión y lo comprime incrementando la energía cinética del gas, que se puede considerar proporcional al producto de la velocidad relativa del álabe. La velocidad resultante  $C$  es el vector suma de la velocidad relativa y la velocidad en la punta del álabe.

Rodeando al impulsor, se encuentra el difusor, que tiene la misión de reducir gradualmente la velocidad del gas cuando éste sale del impulsor. El difusor convierte la velocidad de la energía cinética a un nivel de presión superior. En un compresor de una etapa (figura 2.2), el gas abandona el difusor atravesando un canal que se encuentra en la carcasa, y finalmente sale por la tobera o caracol de descarga. En un compresor de varias etapas (figura 2.3), el gas que sale del difusor va directamente al impulsor de la siguiente etapa.

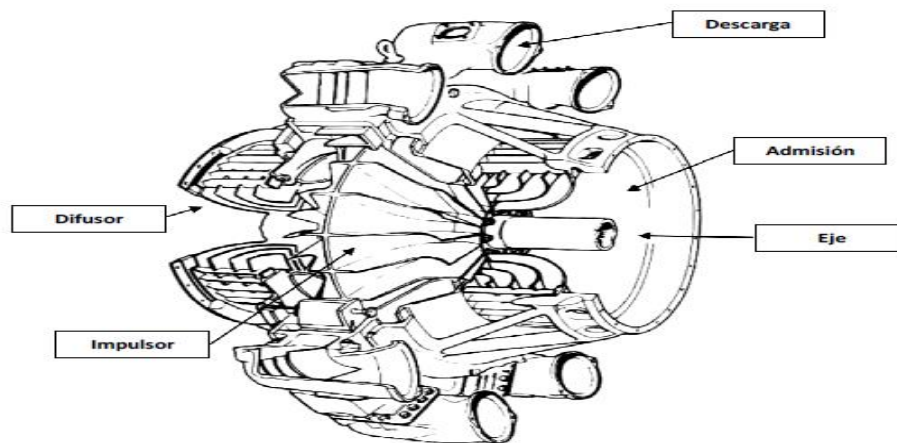


Figura 2.2. Compresor centrífugo de una etapa.



Figura 2.3. Compresor de varias etapas.

### 2.1.1.3.- Compresores axiales

En la figura 2.4 se muestra un compresor axial típico. Un compresor axial consta de un eje con álabes rotativos (rotor) y una carcasa cónica con álabes fijos (estator). Cada conjunto de álabes del rotor está acompañado por álabes del estator. El gas entra por la tobera de admisión, la cual guía el gas hasta la voluta (zona de descarga). En la entrada de la voluta, el gas se acelera, atravesando los álabes del estator.

Los álabes del estator hacen que la velocidad del gas aumente, incrementando así la energía cinética del gas. Los álabes del rotor actúan como difusores, haciendo que la velocidad del gas disminuya, provocando un aumento de la presión. Los álabes del estator orientan el gas hacia el siguiente conjunto de álabes. De esta manera, se va acelerando y decelerando el gas hasta su descarga. La presión aumenta cada vez que el gas circula por los álabes del estator. Finalmente, el gas pasa por la salida de la voluta y por la tobera de descarga, abandonando el compresor.

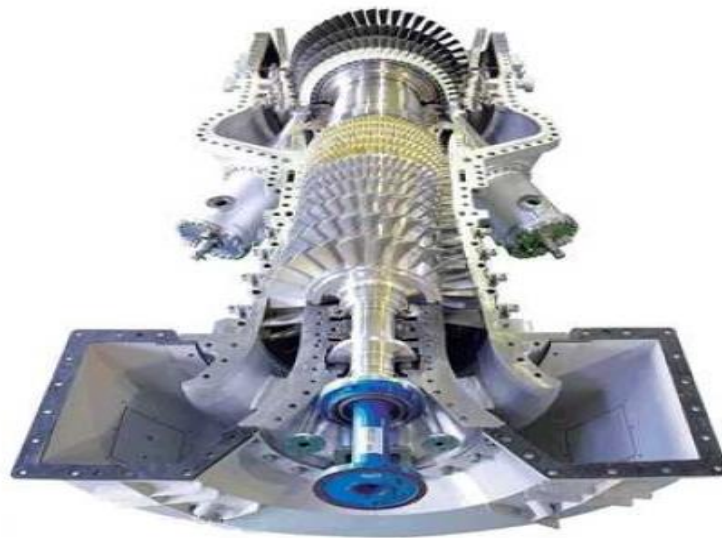


Figura 2.4. Compresor axial multi-etapa.

## 2.1.2.- Compresor de desplazamiento positivo.

Los compresores de desplazamiento positivo se utilizan para aplicaciones con caudales pequeños y/o peso moleculares pequeños. Existen varios tipos:

### 2.1.2.1.- Compresores lobulares.

Se conoce como compresores de doble rotor o de doble impulsor aquellos que trabaja con dos rotores acoplados, montados sobre ejes paralelos, para una misma etapa de compresión. Una máquina de este tipo muy difundida es el compresor lobular. Esta unidad consiste esencialmente de dos rotores montados en una carcasa y conectados por engranajes conducidos por el cigüeñal. Los dos rotores son diseñados de tal forma que no tiene contacto alguno entre ellos ni con la carcasa, pero los juegos deben ser lo más estrechos posible para asegurar pequeñas pérdidas de gas cuando está operando a bajas velocidades.

Para evitar el contacto entre los lóbulos, éstos están perfectamente sincronizados.

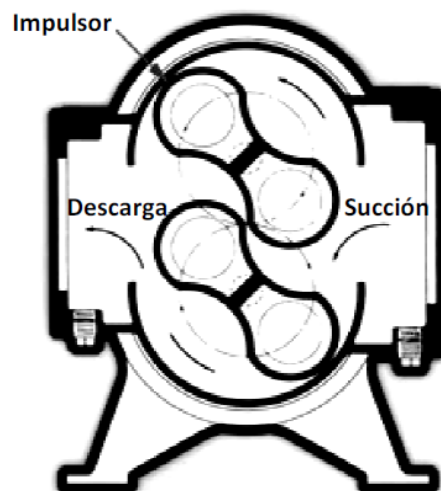


Figura 2.5. Compresor lobular, formado por dos rotores.

### 2.1.2.2.- Compresores de paletas deslizantes.

Este tipo de compresores consiste básicamente en una cavidad cilíndrica dentro de la cual está ubicado en forma excéntrica un rotor con ranuras profundas. Unas paletas rectangulares se deslizan libremente dentro de las ranuras de forma que al girar el rotor, la fuerza centrífuga empuja las paletas contra la pared del cilindro. El gas al entrar, es atrapado en los espacios que forman las paletas y la pared de la

cavidad cilíndrica es comprimida al disminuir el volumen de estos espacios durante la rotación.

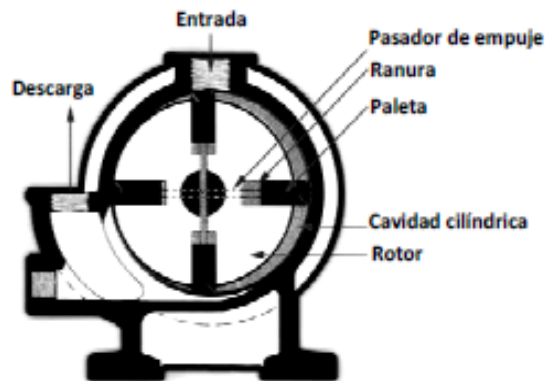


Figura 2.6. Compresor de paletas deslizable.

### 2.1.2.3.- Compresor de tornillo

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo. Las piezas principalmente del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud, perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas.

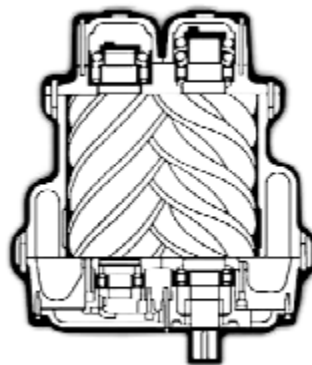


Figura 2.7. Compresor de tornillo.

#### 2.1.2.4.- Compresores de pistón-líquido

El compresor de pistón es una máquina con rotor de aletas múltiples girando en una caja que no es circular. La caja se llena, en parte de líquido y a medida que el rotor da vueltas, lleva el líquido con las paletas formando una serie de bolsas. El líquido, constantemente está saliendo y entrando a las bolsas formadas entre las paletas (dos veces por cada revolución). A medida que el líquido sale de la bolsa se llena de gas. Cuando el líquido vuelve a la bolsa, el gas se comprime.

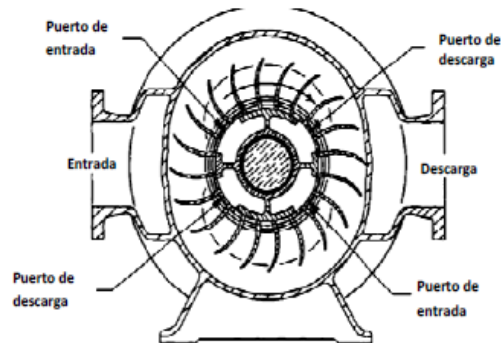


Figura 2.8. Compresor de pistón líquido.

#### 2.1.2.5.- Compresores reciprocantes

Un compresor reciprocante está compuesto por un cilindro dentro del cual el gas es comprimido por un pistón que efectúa un movimiento recíproco en dirección axial. El aumento de presión se consigue mediante una reducción del volumen. La admisión y la descarga del gas se hacen a través de válvulas automáticas, las cuales se abren únicamente cuando existe una presión diferencial adecuada a través de la válvula.

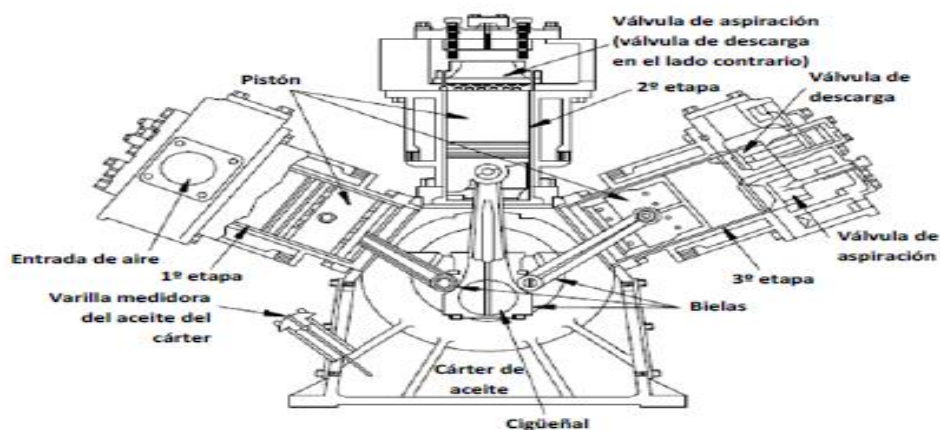


Figura 2.9. Compresor reciprocante de tres etapas. Cada etapa corresponde a un cilindro con su respectivo émbolo o pistón.

### 2.1.2.6.- Compresor de diafragma

En este tipo de compresores, una membrana o diafragma separa el émbolo de la cámara de trabajo. El aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará contaminado de aceite. El movimiento obtenido del motor acciona una excéntrica y por su intermedio el conjunto biela-pistón. Esta acción somete a la membrana a un vaivén de desplazamientos cortos e intermitentes que desarrolla el principio de aspiración y compresión.

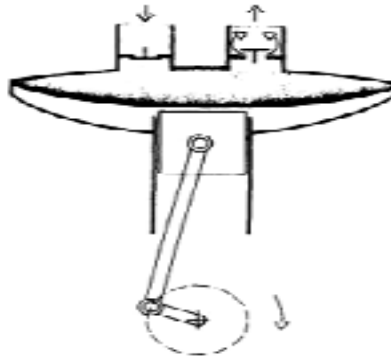


Figura 2.10. Compresor de diafragma.

## 2.1.3.- Componentes de un compresor centrífugo.

### 2.1.3.1.- Impulsor

El impulsor es el elemento encargado de suministrar energía al gas. El gas que atraviesa las palas del impulsor aumenta su velocidad, provocando un aumento de su energía cinética y por lo tanto un aumento de la presión. Es el encargado de aumentar aproximadamente  $2/3$  partes de la presión total en un compresor, por eso su diseño y selección debe ser minuciosos.

Existen tres tipos de impulsores: abiertos, semi-abiertos y cerrados.

#### 1. *Abiertos.*

La ventaja que ofrecen los impulsores abiertos es su capacidad para operar a altas velocidades. Pueden producir alturas politrópicas (saltos de energía) muy elevadas. Esto se debe a que al no haber un plato interior junto al lado interno de los alabes, se hace menos esfuerzos en éstos. La desventaja que tienen los impulsores abiertos es que tienen baja eficiencia debido al lado abierto, ya que pueden existir fugas y pueden aumentar el número de frecuencias naturales de los álabes. En muchos diseños, se suele colocar un impulsor abierto en la primera etapa.





Figura 2.11. Ejemplos de impulsosres abiertos.

## 2. Cerrados

Al igual que los abiertos, se encargan de acelerar el gas para obtener una mayor presión. No produce tanta altura como los abiertos pero sin embargo, no están sometidos a tantos esfuerzos. En su diseño se suele incluir anillos de desgaste.



Figura 2.12. Impulsosres cerrados.

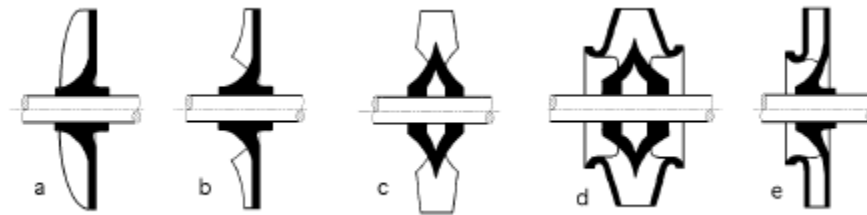
## 3. Semi-abiertos.

Ofrece lo mejor de los abiertos y los cerrados.



Figura 2.13. Ejemplos de impulsosres semi-abiertos.

En la figura 2.14 se muestra de manera esquemática los diferentes tipos de impulsosres centrífugos explicados anterior mente.



**Figura 2.14. Tipos de impulsores centrífugos: a) Abiertos; b) Semi-abiertos de simple aspiración; c) Semi-abiertos de doble aspiración; d) Cerrado de doble aspiración; e) Cerrado de simple aspiración.**

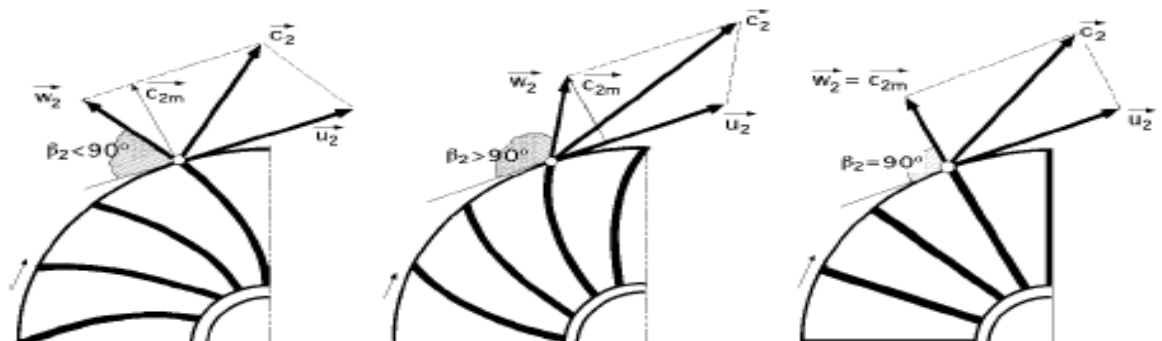
En los compresores centrífugos de alta presión de escalonamiento múltiples, con frecuencias los dos primeros escalonamientos se construyen de doble aspiración, lo que tiene la ventaja de optimizar los últimos escalonamientos para una velocidad de rotación dada.

En el desarrollo de los últimos años ha ido:

- a) Hacia caudales mayores, que se han logrado aumentando el diámetro de la boca de aspiración, disminuyendo el diámetro del cubo y aumentando el ancho del impulsor y la velocidad de rotación.
- b) Hacia relaciones de compresión por escalonamiento también mayores, que se ha conseguido con ángulos de salida grandes, del orden de  $90^\circ$  y grandes velocidades de rotación.

El parámetro fundamental que caracteriza el álabe de un compresor es el ángulo de salida  $\beta_2$  y, según éste, los alabes se clasifican en:

- Álabes curvados hacia atrás,  $\beta_2 < 90^\circ$
- Álabes curvados hacia delante,  $\beta_2 > 90^\circ$
- Álabes de salida radial,  $\beta_2 = 90^\circ$



**Figura 2.15. Impulsor de un compresor con álabes: a) Curvados hacia atrás; b) Curvados hacia delante y c) De salida radial.**

### 2.1.3.2.- Difusor

El sistema difusor consta de uno o varios órganos fijos, cuya misión es recuperar una parte de la energía cinética a la salida del impulsor, o lo que es lo mismo, conseguir mejorar el rendimiento posible, a expensas de la energía cinética que crea el impulsor, un incremento adicional de presión.

El sistema difusor de la figura consta de caja espiral y cono difusor.

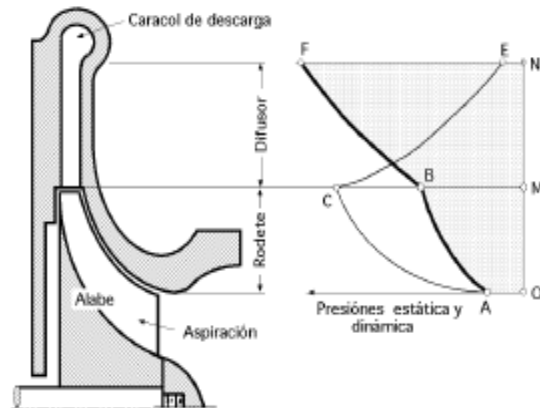


Figura 2.16. Cambios de presión estática y dinámica a través de un compresor centrífugo.

### 2.1.3.3.- Rotor

Recibe la energía mecánica del acople y le transfiere el gas por medio de los impulsores.

Se encuentra apoyado en dos cojinetes radiales. Contiene un plato de empuje (extremo de succión) y un pistón de balance (extremo de descarga).

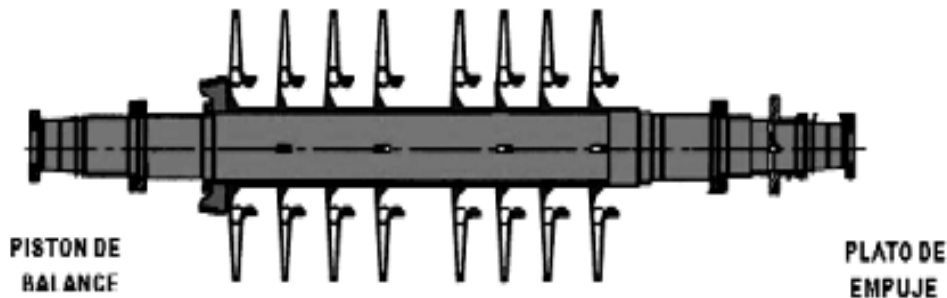


Figura 2.17. Rotor de un compresor centrífugo.

#### 2.1.3.4.- Plato o collar de empuje

Se encuentra instalado directamente en el eje. Trabaja en conjunto con el cojinete para transferir la carga axial del rotor hacia la fundación, vía soporte y carcasa del compresor.

La superficie debe estar protegida de golpes y ralladuras, particularmente en el área observada por la punta de pruebas de desplazamiento axial.

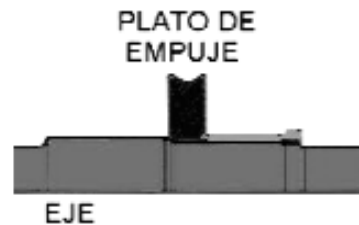


Figura 2.18. Plato de empuje.

#### 2.1.3.5.- Pistón de balance

Se encuentra ubicado después del último impulsor en el extremo de descarga. Se dimensiona para compensar la fuerza de empuje resultante del rotor. Reduce la fuerza o carga en el cojinete de empuje.

Una serie de laberintos maquinados en la periferia, forman sello contra un anillo de material blando (babbitt) o colmena.

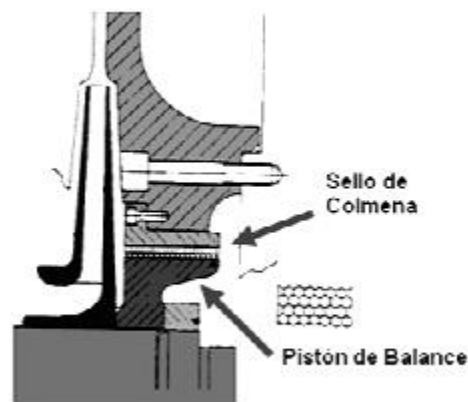


Figura 2.19. Pistón de balance.

### 2.1.3.6.- Dispositivo de sellado.

Un sello mecánico es un dispositivo que previene el escape de un fluido de un recipiente, el cual atraviesa un eje rotativo, realizando el sellado por el contacto axial de sus caras.

Los sellos mecánicos poseen dos caras en contacto muy pulidas y planas, una en rotación con el eje y la otra estacionaria con la carcasa, las cuales tienen elementos que les permiten ponerse en contacto y en movimiento, sin dejar que el fluido pueda salir al ambiente.

En los compresores centrífugos, los sellos mecánicos más utilizados son los laberínticos. Un sello laberíntico está compuesto de numerosas ranuras rectas que se ajustan en torno a un eje, o dentro de una perforación, de forma tal que el fluido deba pasar por un largo y difícil camino para poder escapar. A veces poseen marcas en forma de tornillo en las porciones exterior e interior. Estas se encastran de manera de definir el camino largo característico necesario para disminuir la fuga de fluido. En el caso de sellos laberínticos en ejes que rotan, deben existir un huelgo muy pequeño entre los bordes del laberinto y la superficie sobre la cual deslizan.

Los sellos tipo laberíntico de ejes rotatorios permiten obtener características de sellado sin necesidad que las dos superficies entren en contacto, para ello se controla el paso del fluido a través de varias cámaras mediante la acción de las fuerza centrífuga, como también mediante la formación de diversos vórtices en sitios predeterminados. A velocidades más elevadas, las fuerzas centrífugas, obligan al fluido a desplazarse hacia afuera alejándose de los canales. De forma similar, si las cámaras del laberinto han sido diseñadas en forma correcta, todo líquido que ha escapado de la cámara principal, queda retenido en la cámara laberíntica, donde se lo fuerza a desarrollar un movimiento de vórtices. Este movimiento ayuda a prevenir la fuga del fluido, y también ayuda a repeler otro fluido. A causa de que los sellos laberínticos no requieren que las dos superficies a sellar estén en contacto, los mismos no sufren de desgaste mecánico.

Es el dispositivo de sellado más sencillo que limita la pérdida de gas, sin tener contacto con la parte rotativa. Restringe el paso de gas entre etapas continuas.

Suele fabricarse en materiales blandos como el aluminio, bronce, termoplásticos, etc.

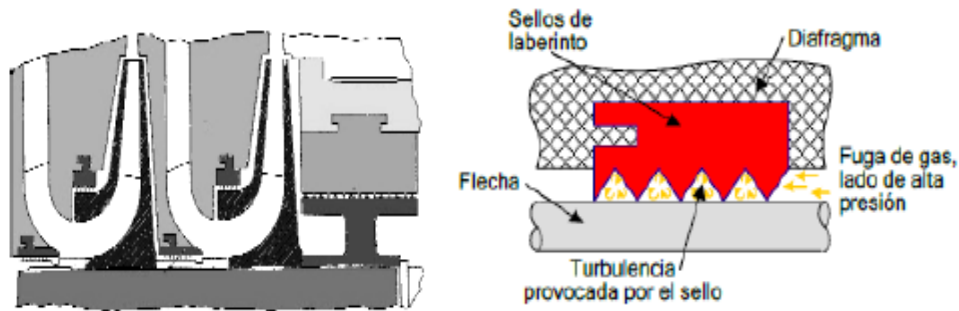


Figura 2.20. Sello laberíntico.

La alta vibración y contaminantes (sólidos/químicos) son los mayores contribuyentes al deterioro y desgaste del sello.

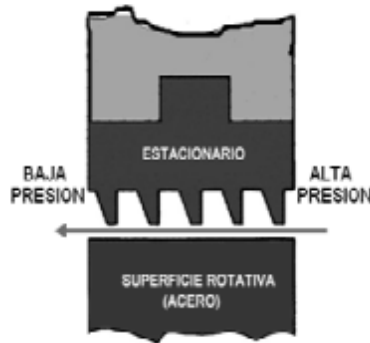


Figura 2.21. Detalle de un sello laberíntico.

### 2.1.3.7.- Cojinetes radiales.

Se utilizan cojinetes de zapatas pivotantes. La película hidrodinámica del lubricante transfiere la carga radial del eje hacia los cojinetes.

Proveen rigidez y amortiguamiento y además controlan la posición del eje.



Figura 2.22. Ejemplo de cojinete radial.

### 2.1.3.8.- Cojinete de empuje.

Es utilizado para restringir el movimiento axial del rotor. Está compuesto de zapatas pivotantes. La película de aceite transmite la fuerza desde el disco hasta el cojinete. El tamaño del cojinete depende de la carga axial y dimensión del pistón de balance.



Figura 2.23. Detalle de un cojinete de empuje.

### 2.1.3.9.- Álabes guía de entrada.

Elemento estacionario que puede ser fijo o ajustable. Provee la dirección deseada del flujo entrando al impulsor.

El tipo ajustable es utilizado mayormente en compresores de una sola etapa.

La inclinación de estos álabes afecta a la característica del compresor, incluyendo la *línea de oleaje o surge*. Por eso debe tenerse muy en cuenta a la hora de realizar el diseño.



Estos álabes están diseñados de manera que pueda variarse con facilidad de ángulo de inclinación, para así obtener unas velocidades u otras en la salida del impulsor.

Figura 2.24. Álabes guía de entrada.

### 2.1.3.10.- Diafragma

Componente estacionario que se suele colocar en la pared divisoria entre las etapas. Controla la dirección y velocidad del gas.

Incorpora el difusor y canal que dirige el gas hacia la aspiración del siguiente impulsor.

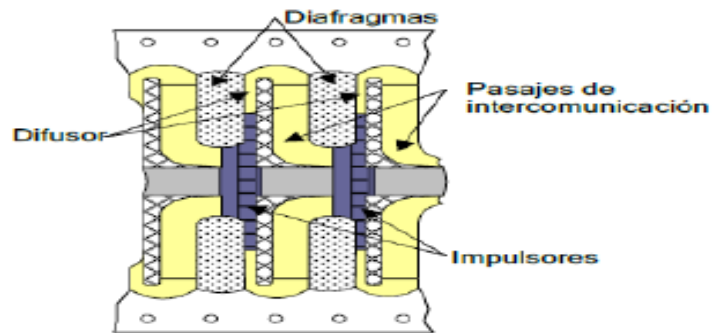


Figura 2.25. Diafragma de un compresor centrífugo.



Figura 2.26. Imagen de un diafragma.

### 2.1.3.11.- Barril

Conformado por el conjunto de rotor y partes estacionarias.

Utiliza o-rings en el diámetro para evitar la recirculación del gas entre las secciones o etapas



Figura 2.27. Imagen real de un barril (back-to-back).



### 2.1.3.12.- Carcasa

Contiene toda la presión y aloja al rotor junto al resto de las partes estacionarias, además de las conexiones de aspiración y descarga. Suele estar en acero forjado o vaciado.

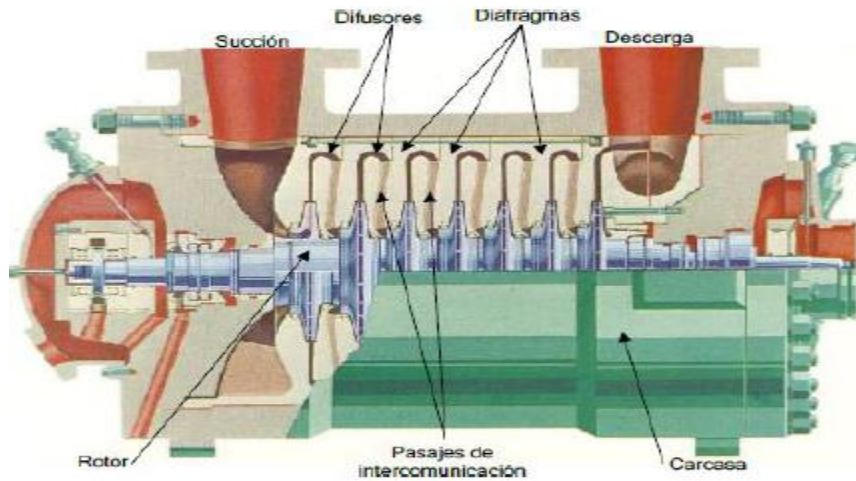


Figura 2.28. Principales componentes de un compresor centrífugo.

## 2.1.4.- Equipos y sistemas de los compresores

### 2.1.4.1.- Presostato

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un apartado que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido o gas.

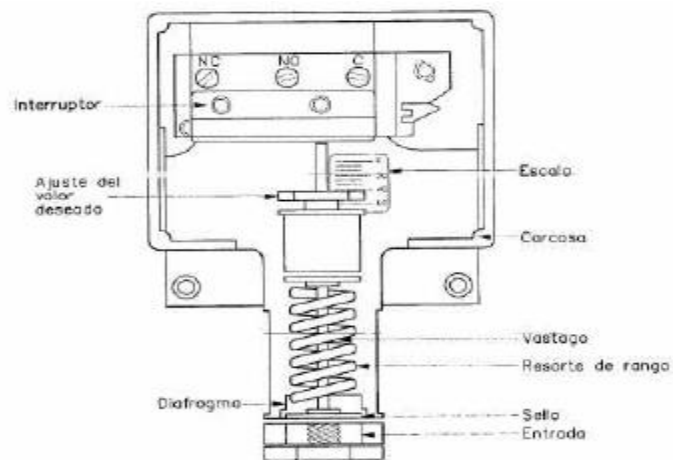


Figura 2.29. Presostato.

#### 2.1.4.2.- Manómetro

Es un aparato que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.



Figura 2.30. Manómetro.

#### 2.1.4.3.- Intercooler (enfriador o refrigerador)

Por efecto de la compresión del gas se desarrolla calor que debe evacuarse. De acuerdo con la cantidad de calor que se desarrolle, se adoptará la refrigeración más apropiada. En compresores pequeños, las aletas de refrigeración se encargan de irradiar el calor. Los compresores mayores van dotados de un ventilador adicional, que evacua el calor.

#### 2.1.4.4.- Tanque

El gas comprimido se almacena en un tanque. El transporte desde el tanque al compresor se realiza por medio de tuberías.

#### 2.1.4.5.- Filtro

Funciona por el principio de estrangulamiento en el que todas las partículas mayores al tamaño de los poros son retenidas. La principal ventaja es que se trata de una solución simple y económica. La desventaja es que filtra únicamente partículas sólidas, y no fluidos (sin embargo, algunos fluidos se filtran con un estrangulador).

### 2.1.5.- Sistema de anti-surge

Es la condición operacional cuando se alcanza el mínimo flujo estable al mayor valor de altura. De continuar reduciendo el flujo, se presenta este fenómeno que puede ser destructivo, al presentarse una reversión del flujo. Esta reversión puede presentarse en el diafragma o impulsor.

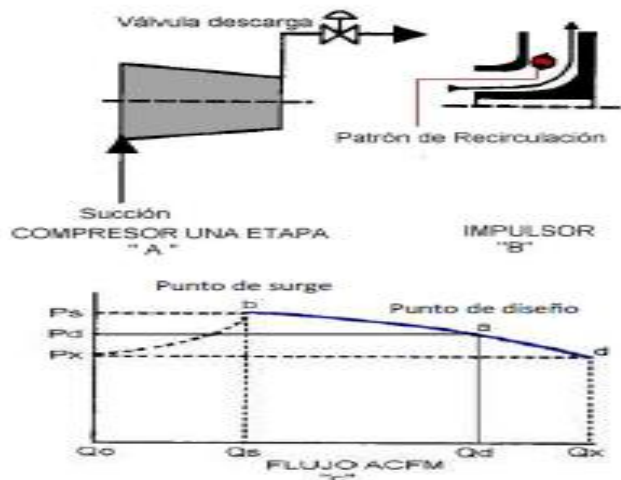


Figura 2.31. Desarrollo de surge o bombeo.

A medida que se va reduciendo el flujo, la presión aumenta. Se comienza a generar un patrón de recirculación en el impulsor. Llega un punto en el que este patrón colapsa, en el cual el impulsor es incapaz de alcanzar la presión de descarga (punto  $Q_s$ ). Debido a esto, la presión ahora es menor que en el sistema, dando lugar a una revisión momentánea del flujo. ( $Q_0=0$ ). Cuando  $Q$  llega a cero, la presión del sistema cae a  $P_x$ , y el flujo alcanza el máximo valor  $Q_x$ . Si nada cambia en el sistema, la presión de descarga y el flujo sigue la curva hasta llegar al punto de surge nuevamente. Se habrá cumplido entonces un ciclo de surge.

#### 2.1.5.1.-Control del surge.

Para evitar entrar en esta zona, se usa una válvula "anti-surge", la cual desvía parte del gas descargado hacia la succión.

A partir de una línea teórica o experimental de "surge", se fija un límite de acción (10%) cuando el flujo se acerca a este último.

Es muy importante mantener debidamente calibrados los instrumentos de presión y flujo relacionados.

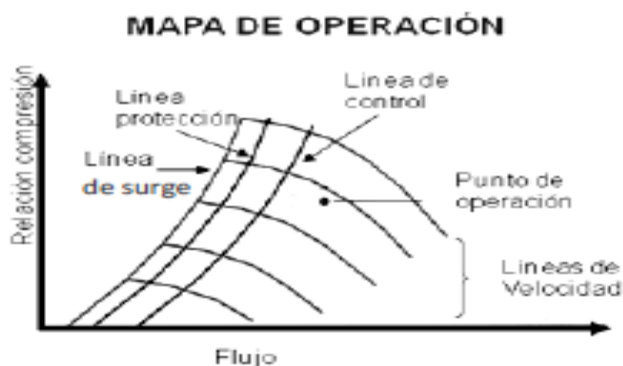


Figura 2.32. Mapa de operación para el control de surge.

### 2.1.5.2.- Consecuencia del surge.

La formación de surge en compresor puede originar consecuencias catastróficas. Los problemas más típicos son:

1. El flujo neto en la dirección deseada cesa o reduce gradualmente, interfiriendo con la operación normal.
2. Altos niveles de vibración ocasionando daños en los sellos mecánicos.
3. Altos esfuerzo axiales pueden causar un daño irreversible al cojinete de empuje y a otros componentes rotativos/estacionarios.
4. Calentamiento excesivo del gas agravando el bombeo y afectando a elementos con holguras bajas (cojinetes, sellos, etc.)
5. Los flujos reversos causan cierres violentos de las válvulas, produciendo sonidos fuertes, vibraciones en tuberías y fugas de gas en bridas.
6. Las cargas cíclicas pueden conllevar a daños en equipos y acoplamientos.
7. Los ciclos de surge pueden imponer un par reverso apreciable sobre el rotor.

## 2.2.- TURBINA

La turbina hidráulica es una turbo máquina motora, y por tanto esencialmente es una bomba fotodinámica que trabaja a la inversa.

Así como un abomba absorbe energía mecánica y restituye energía al fluido, una turbina absorbe energía del fluido y restituye energía mecánica. Teóricamente, suministrando energía hidráulica a la máquina, e invirtiendo el flujo, una bomba podría trabajar como una turbina. Prácticamente, el rendimiento sería muy bajo, y a veces nulo, exceptuando las máquinas especialmente diseñadas para trabajar como bomba y como turbina, como es el caso de la máquina doble bomba-turbina de las centrales de bombeo.

Las turbinas de vapor son máquinas térmicas que aprovechan la energía térmica del vapor para transformarla en energía cinética útil para el accionamiento de equipos mecánicos tales como compresores, bombas, generadores eléctricos, entre otros; estas son usadas en las instalaciones industriales de PEMEX, sobre todo en instalaciones terrestres en las cuales se generan cantidades importantes de vapor de diferentes calidades y que se pueden aprovechar en las turbinas de vapor, por lo que la adquisición de estos equipos resulta necesaria.

Sin embargo, la operación de las turbinas de vapor provocan riesgos que son a todos los diseños, por problemas mecánicos-estructurales y de control, ya que tales equipos implican numerosos componentes que deben operar dentro de

estrechos márgenes de control debido a las fuentes potenciales de fallas que pueden provocar daños al equipo, a las instalaciones adyacentes y al personal, por lo que se deben especificar las características de las turbinas de vapor, de tal forma que se puedan adquirir equipos eficientes, ahorradores de energía y que cumplan con la vida útil del programa.

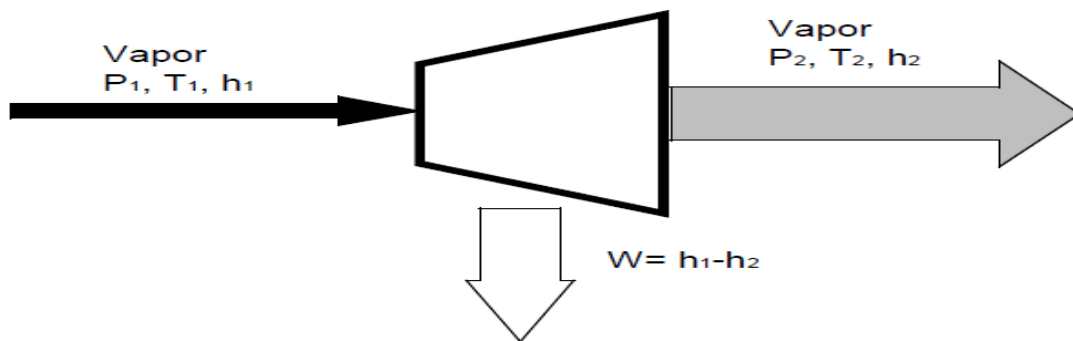


Figura 2.33. El trabajo disponible en la turbina de vapor es igual a la diferencia entre el vapor de entrada a la turbina y el de salida.

### 2.2.1.- Generalidades y clasificación

Las turbinas de vapor son máquinas destinadas a transformar la energía cinética del vapor, en movimiento de rotación de un eje. El principio en que se basan es, el tan conocido de Física de la sirena o rueda de Heron.

Según la manera de actuar del vapor sobre los órganos de la turbina, recibe ésta diferentes dimensiones.

Los dos tipos principales de turbinas son:

1. *Turbina de acción*: en ellas el vapor, una vez expandido, obra por su gran velocidad sobre los órganos móviles de la turbina.
2. *Turbina de acción y reacción*: donde el vapor se va expandiendo a medida que recorre los diferentes órganos de la turbina.

En la primera categoría, o *turbinas de acción*, el eje lleva una rueda o disco con sus paletas correspondientes, y la envuelta las toberas por las que fluye el vapor, ya expandido, chocando a gran velocidad contra las paletas de la rueda y haciendo girar a estas.

Dentro de esta categoría existen variedades: así, por ejemplo, la rueda o disco puede llevar una, dos o tres coronas de paletas correspondientes a otras tantas escalas de velocidades, y también ser la rueda única o existir dos ruedas giratorias en las que trabaje el vapor, haciéndolo primero en una y sucesivamente en la otras donde transforme en velocidad la presión que aún le resta, después de trabajar en la primera. Estas turbinas se dice tienen escalas de presión y de velocidad.

En las de la segunda categoría, el eje lleva montado y en el van colocadas varias series de paletas, de altura, forma e inclinación variables, llamadas *paletas giratorias*. La envuelta, cilíndrica, pero de diámetro variable, lleva también otras series de paletas análogas a las del tambor, llamadas *paletas fijas, guías o directrices*, porque se encuentran fijadas a las envuelta, su misión es guiar o redirigir el vapor sobre las giratorias.

El vapor entra por el extremo de la envuelta de menor diámetro, y a travesando la primera corona de paletas-guías, actúa sobre la primera de paletas giratorias, haciendo girar el tambor, pasa a la segunda corona de directrices y de aquí a la segunda de giratorias, continuando el giro del tambor y el recorrido del vapor de uno a otro extremo de la turbina, en forma helicoidal o parecida. Además, debido a los diferentes diámetros de la envuelta, alturas y separaciones distintas de las paletas, el vapor se va expansionando o medida que recorre la turbina.

### **2.2.2.- Características de las turbinas de vapor**

A continuación se presenta las cualidades con las que debe contar una turbina para poder realizar el trabajo especificado anterior mente.

1. La turbina de vapor debe ser capaz de desarrollar la potencia y velocidad para la operación en condiciones normales con las condiciones de vapor especificadas, así como desarrollar las potencias y velocidad nominales con las condiciones mínimas de vapor y condiciones máximas de escape de vapor.
2. Debe ser capaz de operar continuamente a la velocidad máxima y a cualquier velocidad dentro de los límites especificados, así mismo, operar de manera continua a la potencia y velocidad nominales con las condiciones máximas de admisión de vapor y condiciones máximas o mínimas del vapor de escape.
3. Debe incluir los sistemas, mecánicos, dispositivos, partes, accesorios, tuberías e instrumentos para su operación, así como elementos adicionales.

4. Debe ser de tipo condensación o contrapresión, según se especifique, con una admisión y descarga de vapor.
5. Debe proporcionar la potencia requerida por el equipo.
6. El nivel de ruido debe ser menor de 85 dB(A) medidos a 1.5 de distancia.

El trabajo disponible en la turbina es igual a la diferencia de entalpia entre el vapor de entrada a la turbina y el de salida.

El hecho de utilización del vapor como fluido de trabajo se debe a la elevada energía disponible por unidad de kilogramos de fluido de trabajo. Esta cantidad en el caso del agua es tres veces mayor que en el caso del aire para dos turbinas, una y otra de gas con las misma potencia de salida se tiene que el gasto másico de la turbina de vapor es tres veces menor que el de la turbina de gas.

Dada la gran diferencia que se debe obtener entre la presión de entrada y de salida de la turbina es necesario producir esta expansión en distintas etapas, escalonamientos, con el fin de obtener un mejor rendimiento de la operación.

Si solo se realizase la expansión es una etapa las grandes deflexiones a que tendría que estar sometido el fluido provocarían pérdidas inaceptables.

Las pérdidas en una turbina de  $n$  escalones no son iguales a la suma de las pérdidas de  $n$  turbinas si no que son menores, ya que los escalones de la turbina son capaces de recuperar parte de la energía degradada en el anterior escalón para generar energía mecánica.

Sin embargo a medida que aumenta el número de escalonamientos la máquina se encarece, por lo que hay que buscar una buena relación entre rendimiento y costes.

### 2.2.3.- Elementos de una turbina

Los elementos principales de una turbina de vapor son:

- *Rotor.* Es el elemento móvil del sistema. La energía desprendida por el vapor en la turbina se convierte en energía mecánica en este elemento.

Dado que la turbina está dividida en un cierto número de escalonamientos, el rotor está compuesto por una serie de coronas de alabes, uno por cada escalonamiento de la turbina. Los álabes se encuentran unidos solidariamente al eje de la turbina moviéndose con él.

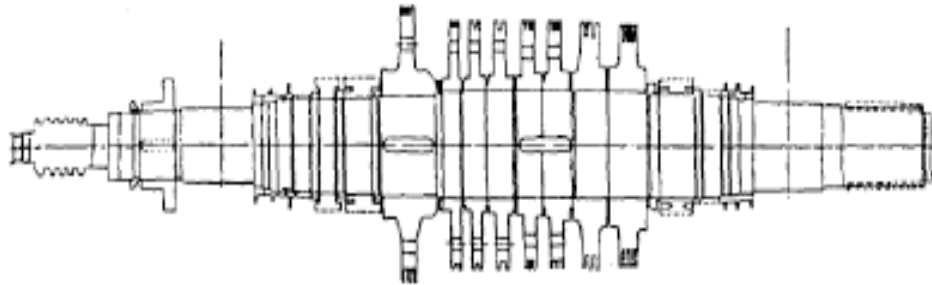


Figura 2.34. Rotor de turbina

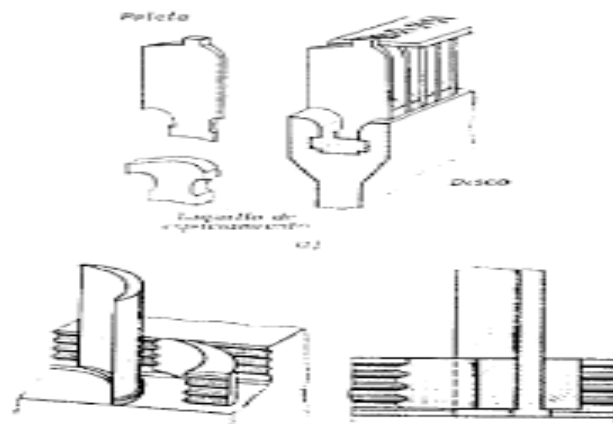


Figura 2.35. Mecanismo de unión de los álabes de rotor al eje del mismo.

- *Estator*. El estator está constituido por la propia carcasa de la turbina. Al igual que el rotor, el estator está formado por un serie de coronas de álabes, correspondiendo cada una etapa o escalonamiento de la turbina.

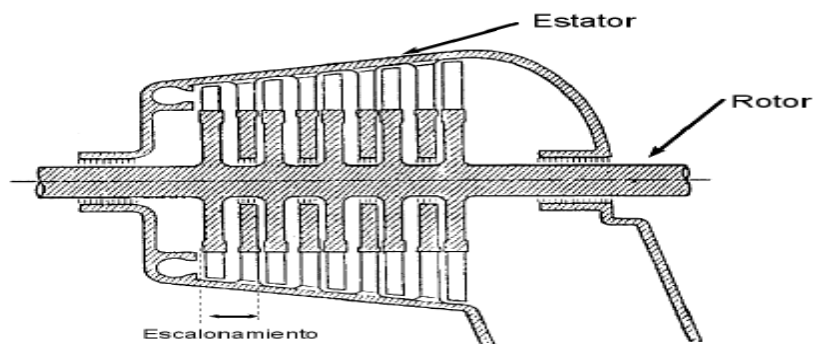


Figura 2.36. Esquema de turbina



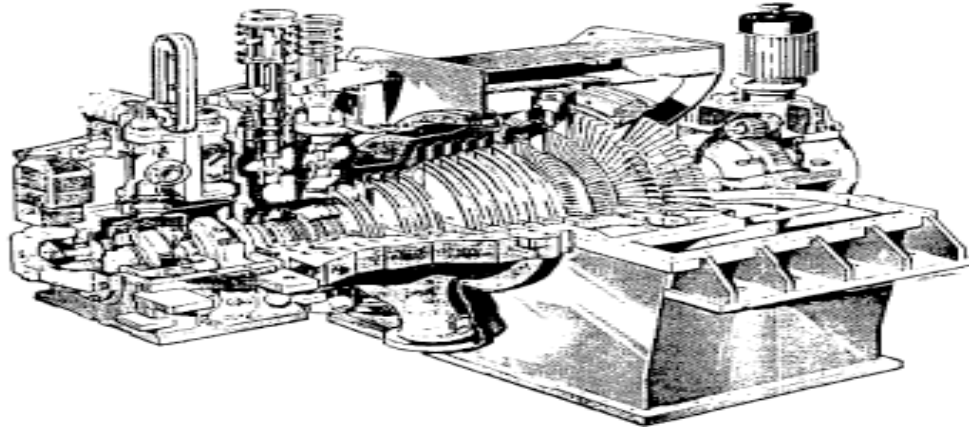


Figura 2.37. Turbina de sección donde se pueden apreciar tanto el estator como el rotor de la misma.

- *Toberas.* El vapor es alimentado a la turbina a través de estos elementos. Su labor es conseguir una correcta distribución del vapor entrante/saliente/desde el interior de la turbina.

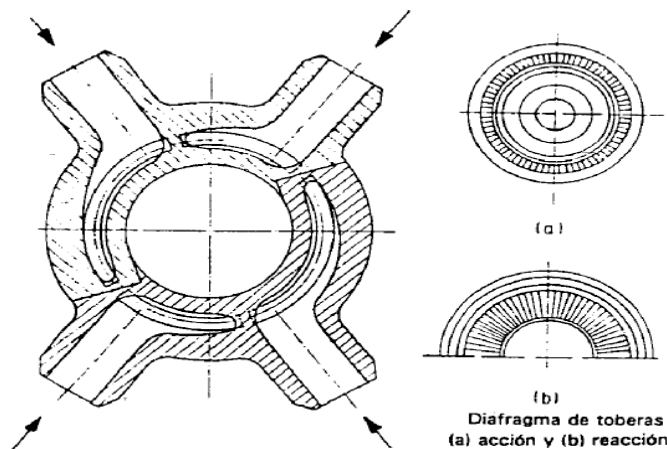


Figura 2.38. Tobera y diafragmas de toberas.

- *Carcasa.* Se deben diseñar de manera que puedan soportar distorsiones causadas por temperaturas, cargas o esfuerzos de la tubería, sin perder su alineamiento, debiendo tener apoyos sobre su línea de centros. En la carcasa de la turbina se deben prever los drenes de vapor, cajas de sellos y sistemas de enfriamiento necesario. Los espesores de la carcasa deben estar de acuerdo con las condiciones de operación y de prueba especificados, adicionando un mínimo de 3.2 mm (1/8 pulgadas) para corrosión.

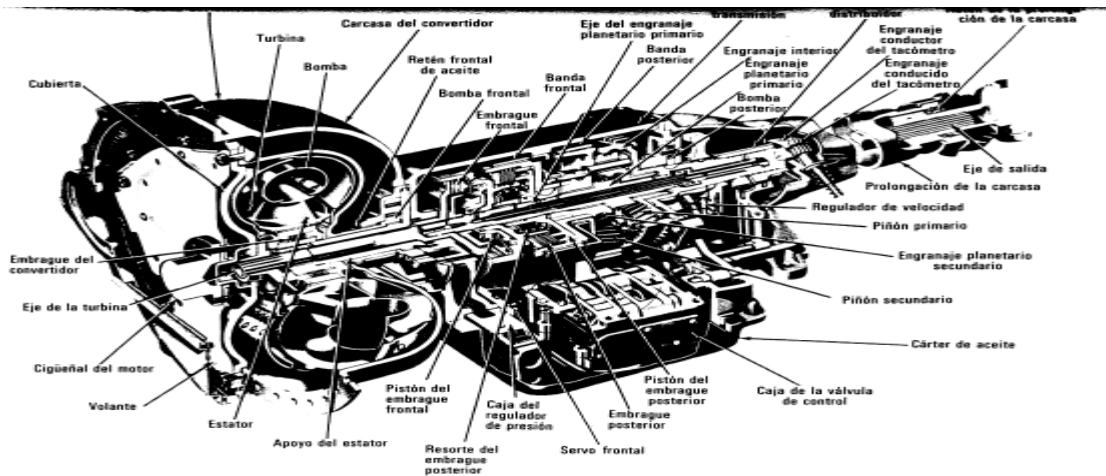


Figura 2.39. Corte de turbina carcás y componentes.

- *Chumaceras*. Cuando se utilicen chumaceras de carga o radiales del tipo de zapatas basculantes “titing pad”, la carga estática debe caer sobre una zapata. Las zapatas de las chumaceras de empuje y de carga se deben suministrar con sensores de temperatura para detectar temperatura en la superficie (metal-chumacera).

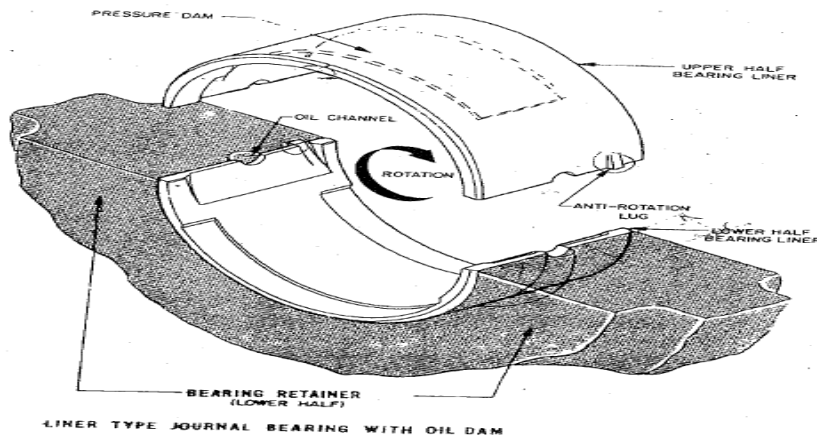


Figura 2.40. Chumacera radial tipo lineal.

- *Sellos*. Los sellos exteriores de la flecha deben ser de anillo de carbón o laberinto o una combinación de ambos. En cualquiera de los casos su diseño no debe permitir fugas hacia el interior o exterior de la turbina durante 25000 horas de operación continua. Se deben utilizar sellos de laberinto reemplazables para turbinas que tienen una velocidad en la superficie de la flecha donde se localiza el laberinto de 48.7 m/s o mayor.

Cuando se utilicen sellos de anillos de carbón se debe determinar el número de anillos para que se tenga como máximo 235.36 kPa ( $2.4 \frac{Kg}{cm^2}$ ) de presión diferencial entre cada uno de ellos; sus resortes de sujeción se deben fabricar en aleación resistente a la oxidación y a la corrosión adecuados para el servicio de alta temperatura, el tipo inconel. Se deben usar sellos de tipo laberinto en los diafragmas de interpasos en las tuberías de paso múltiple.

#### **2.2.4.- Sistema de lubricación y aceite de control**

El sistema de aceite debe ser un sistema presurizado usado para lubricación y aceite de control. Dentro del patín del sistema de lubricación, debe estar montada la consola de lubricación, el depósito de aceite, el purificador de aceite dedicado (autónomo), las bombas, los filtros dúplex y dos enfriadores. Las bombas de lubricación deben estar equipadas para arranque automático en caso de falla de la bomba en operación.

El sistema de lubricación debe incluir:

- Depósito de aceite de placa de acero inoxidable.
- Indicadores de nivel.
- Interruptores de nivel.
- Filtros.
- Drenajes
- Extractor de vapores.

Se debe suministrar un sistema de lubricación de emergencias para permitir un para seguro sin daño al equipo, en caso de que la bomba principal y la de respaldo fallen. Así también debe incluir la instrumentación para arranque automático de las diferentes bombas, en la secuencia necesaria para evitar la falta de presión de aceite. Se debe incluir filtros dobles con válvulas de tres vías que permitan el cambio con la unidad en operación.

#### **2.3.- ACOPLAMIENTOS**

Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Si dos ejes se pudieran alinear perfectamente, podrían ser conectados con dos cubos con bridas o pernos. Una vez realizado se tiene la seguridad que ninguna de las dos máquinas se moverán sobre la simetría y que está no se asentará. Es un hecho real que siempre habrá

alguna desalineación entre un eje impulsor y un eje impulsado, por lo cual deben ocuparse “acoplamientos flexibles”. Es decir el propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par de torsión requerido desde el eje impulsor al impulsado y compensar el desalineamiento angular, paralelo o una combinación de ambos, con numerosas funciones complementarias como proporcionar desplazamiento axial y así mismo restringirlo.

Un acoplamiento flexible se utiliza entre la turbina y el equipo accionado. Este tipo de acoplamiento puede ser fabricado para su uso con cualquiera de los extremos del eje rectos o cónicos. Las preferencias individuales o ciertas condiciones de funcionamiento pueden dictar el uso de diferentes tipos de acoplamientos. Por lo tanto, es aconsejable para referirse a las instrucciones del fabricante para los detalles específicos relacionados con el acoplamiento.

### 2.3.1.-Tipos de acoplamientos

#### 2.3.1.1.- Acoplamientos rígidos

Los acoplamientos rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en tales casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en los ejes.

Los acoplamientos rígidos deben emplearse sólo cuando la alineación de los ejes puede mantenerse con mucha precisión, no solo en elementos en que se instala, si no también durante la operación de las máquinas. Si surge desalineación angular, radial o axial significativa, aquellas tensiones que son difíciles de predecir y pueden conducir a una falla temprana del eje debida a fatiga pueden ser inducidas sobre los ejes.

Dificultades como las anteriores son susceptibles de evitar utilizando acoplamientos flexibles

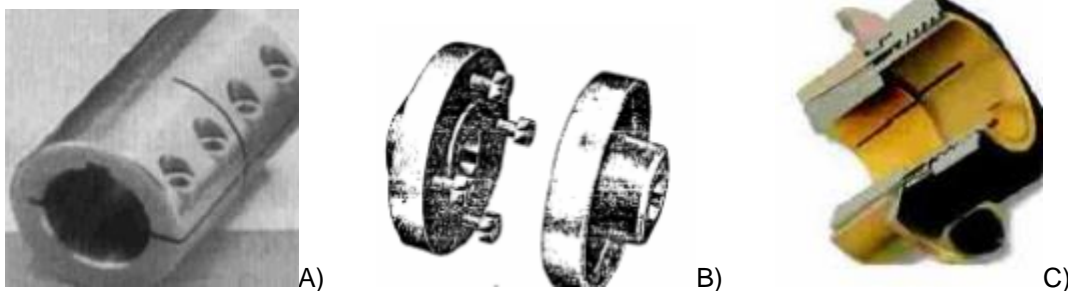


Figura 2.41. A) Acoplamientos rígidos de manguito o con prisionero. B).- Acoplamientos rígidos de plástico. C).- Acoplamientos rígidos por sujeción cónica.

### 2.3.1.2.- *Acoplamientos flexibles*

Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten ciertas desalineación axial, radial o angular.

Dependiendo del método utilizado para absorber la desalineación, los acoplamientos flexibles pueden dividirse en:

1. Acoplamientos de elementos deslizantes.
2. Acoplamientos de elementos flexionantes.
3. Combinación de acoplamientos deslizantes y flexionantes.

#### 1.- Acoplamientos de elementos deslizantes.

Estos tipos de acoplamientos absorben la desalineación o por deslizamiento entre dos o más de sus componentes. Este deslizamiento y las fuerzas generadas por el momento de torsión transmitido generan desgaste. Para dar lugar a una vida adecuada, estos acoplamientos se lubrican o se emplean elementos hechos de plásticos de baja fricción. Los acoplamientos de este tipo tienen dos de estos pares para acomodar la desalineación paralela. Se puede comprender mejor este hecho si se supone que cada par de elementos deslizante es una junta articulada.

#### 2.-Acoplamientos de elementos flexionantes.

Estos acoplamientos absorben la desalineación por la flexión de uno o más de sus componentes. Con el tiempo esta flexión puede hacer que falle el elemento el cual deberá remplazarse. Resulta evidente que cuanto menor sea la desalineación que deba absorber el acoplamiento, menor será la flexión que deban sufrir los elementos pudiendo así obtenerse un servicio más largo sin problemas.

Dependiendo del material utilizado del elemento flexionante, los acoplamientos se puede dividir en dos tipos:

- Con elemento metálico.
- Con elemento elastómero.

Aquellos con elementos metálicos sólo pueden absorber desalineación en cada punto de flexión. Para absorber desalineación paralela (no alineación), un acoplamiento necesita de dos elementos flexionantes. Cuando mayor sea la distancia entre los elementos mayores será la no alineación de uno de los elementos. Están diseñados para máquinas acopladas que estén próximas entre sí; sin embargo si se utilizan con un buje especial para centrar, pueden aplicarse en los casos en que existen separaciones grandes entre ejes.

### 2.3.2.- Causas generales de fallas en los acoplamientos.

En general las fallas en los acoplamientos se dividen en dos categorías.

1. Fallas debidas a efectos internos: tales como un máquinado inapropiado o de mala calidad. Los problemas más comunes tienen que ver con la concentricidad, escuadrías de las partes coincidentes y tolerancias sobre los diversos diámetros usados como pilotos. Los materiales defectuosos han contribuido a muchas fallas prematuras de los acoplamientos. Otra causa de fallas debido a defectos internos es el diseño. La lubricación apropiada en el punto exacto donde se requiere, un problema formidable, y se admite que es difícil conducir el lubricante al área de extrema presión entre las caras deslizantes en contacto del acoplamiento. Esto es particularmente cierto en donde la carga transmitida es suave y uniforme. Bajo tales condiciones la presión a través de las superficies deslizantes nunca cesa. Si esta presión es suficiente, la película del lubricante es expulsada por ella, quedando las superficies sin el beneficio de la lubricación. Un acoplamiento de este tipo, aunque esté muy desalineado, no tiene suficiente movimiento para restablecer la película deslizante. Al contrario de lo que podría suponerse, la acción centrífuga no fuerza la lubricación entre las caras en contacto. Para cualquier propósito práctico la presión se cancela debido a que trabaja con y contra las fuerzas causadas por el par. Las fuerzas y presiones desarrolladas por la transmisión del par son muchas veces las fuerzas y presiones desarrolladas por rotación centrífuga aún a velocidades de acoplamientos extremas.
  
2. Fallas a condiciones extremas: Más allá de la capacidad del acoplamiento. Las más comunes son:
  - a) Selección inapropiada del acoplamiento.
  
  - b) Desalineamiento excesivo: Para realizar una buena alineación deben comprenderse diversas posiciones relativas que pueden tener dos árboles. Estas son:
    - Desalineación paralela.
    - Desalineación angular.
    - Desalineación combinada.

*Con el fin de obtener una alineación apropiada deben seguirse los pasos que se dan a continuación:*

1. Con la punta de un indicador de carátula apoyada sobre el árbol, verificar si los dos árboles están verdaderamente rectos o no.
2. Deben instalarse los acoplamientos en los árboles, en seguida verificar respecto a la uniformidad de su diámetro y en relación con lo plano de su cara. Un acoplamiento con la perforación central excéntrica siempre funcionara en condiciones desalineadas y tendrá una vida corta.
3. Con árboles próximos entre si y para velocidades moderadas el método de alinear dos máquinas utilizando una regla y calibradores de espesor resulta satisfactorio.
4. El mejor procedimiento de alineación conocidos como los métodos de los inductores invertidos, requiere dos lecturas: Una con un indicador de caratula sujeta a una de los árboles y su punta sobre el otro, y la segunda lectura con el indicador invertido. Con este método sólo deben utilizarse indicadores ligeros, pequeños y de carátula, y un brazo soporte robusto en vez de una base magnética.

### 2.3.3.- Características para la selección del acoplamiento

Por lo general los acoplamientos se suministran como parte de cualquier equipo nuevo, en vez de tener que seleccionar un acoplamiento nuevo, solo debe enfrentarse la necesidad de remplazar uno viejo, o alguna parte de él. Suponiendo que el fabricante del equipo haya seleccionado el tipo y tamaño correcto del acoplamiento, se generan pocos problemas. Sin embargo, hay casos en que los acoplamientos no duran la vida útil esperada, o bien se compra una pieza nueva sin el impulsor y debe seleccionarse un acoplamiento. El proceso no es sencillo, porque no existe aplicación en que solo un tipo seria el adecuado.

El par nominal es el factor principal de dimensionado de los acoplamientos de los ejes y de las máquinas directamente conectadas a ellos.

El par nominal a transmitir está en función de la potencia a transmitir y de la velocidad de rotación:

$$C(mN) = \frac{7160 \times P(\text{caballos})}{n(\text{N}^\circ \text{ de } \frac{\text{rev}}{\text{min}})}$$

$$C(mN) = \frac{9735 \times P(KW)}{n(\text{N}^\circ \text{ de } \frac{\text{rev}}{\text{min}})}$$

La potencia nominal a transmitir es la que tiene la máquina impulsora expresada en KW ó caballos de potencia. Los acoplamientos elastómeros pueden transmitir potencias dentro de un rango de 1, hasta 2000 KW. La velocidad de rotación expresada en rev/min, es la que tiene la máquina motriz y debe ser inferior a la velocidad máxima del acoplamiento. En general, los acoplamientos pueden soportar velocidad de hasta 10000 rev/min, valor superior a velocidades de los motores eléctricos.

La elección de un acoplamiento con el tamaño correcto es muy importante, para hacerlo es necesario conocer no sólo la potencia y velocidades requeridas, sino también la severidad del servicio que debe absorber, es decir, será necesario aplicar un factor de corrección o de servicio.



# CAPITULO III.

## Procedimiento

### 3.1.- Política de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental (PEMEX).

Petróleos mexicanos es una empresa eficiente y competitiva, que se distingue por el esfuerzo y el compromiso de sus trabajadores con la seguridad, la salud en el trabajo y la protección Ambiental, mediante la administración de sus riesgos, el cumplimiento normativo con disciplina y la mejora continua.

#### 3.1.1.-Política de mantenimiento.

Garantizar el máximo nivel de calidad en los productos con el costo de mantenimiento mínimo y asegurar el funcionamiento del equipo con el máximo rendimiento y el mínimo costo.

### 3.2.- Normatividad aplicable

Las siguientes normatividades deben ser tomadas en cuenta, estas generan una estandarización a nivel mundial en calidad, por ello productos y materiales se deben apegar a estas normas, por ello es bueno tenerlas presentes.

#### **NRF-131-PEMEX-2013**

- **ISO 5389:2005** turbocompressors – Performance Test Code. Second Edition (turbocompresores-código de prueba de funcionamiento. Segunda edición).
- **ISO 10439:2007** Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Lubrication, Shaft Sealing and Control Oil System (all parts). Second edition.(Industrias del petróleo, petroquímica y de gas natural – sistema de lubricación, sellos en flechas y de aceite de control y auxiliares). Todas las partes. Segunda edición.
- **ISO 10439:2002** Petroleum, Chemical and Gas Service Industries – Centrifugal Compressors. (industrias del petróleo, química y servicio de gas – compresores centrífugos).
- **ISO 10441:2007** Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Flexible couplings for mechanical power transmission – Special purpose applications, second Edition. (industrias del petróleo, petroquímica y de gas natural- coples flexibles para transmisión de potencia mecánica – aplicaciones de propósito especial – segunda edición).

- **NRF-036-PEMEX-2010.** Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico.
- **NRF-170-PEMEX-2008.** Turbinas de vapor para servicios especiales.
- **NRF-265-PEMEX-2011.** Sistema de control y protecciones de compresores centrífugos.

## **NRF-170-PEMEX-2014**

**NOM-008-SCFI-2002** Sistema general de unidades de medida.

**ISO 2941:2009** Hydraulic fluid power – Filter elements – Verification of collapse/burts resistance (poder del fluido hidráulico – Elementos filtrantes – Verificación de colapso/resistencia a la ruptura).

**ISO 2942:2004** Hydraulic fluid power – Filter elements – Verification of fabrication integrity and determination of te first bubble point (poder del fluido hidráulico – Elementos filtrantes – Verificación de la integridad de fabricación y determinación del primer punto de burbujeo).

**ISO 2943:1998** Hydraulic fluid power – Filter elements – Verification of material compatibility with fluidos (Poder del fluido hidráulico – Elementos filtrantes – Verificación de la compatibilidad del material con fluidos).

**ISO 3968:2001** Hydraulic fluid power – Filters – evaluation of differential pressure versus flow characteristics (poder del fluido hidráulico – Filtros – evaluación del diferencial de presión contra las características del fluido).

**ISO 8086:2006** Lubricants, industrial oils related products (class L)-Family T (turbines)-Specification of lubricating oils for turbines (Lubricantes, aceites industriales y productos relacionados (clase L)-Familia T (turbinas)-Especificación de aceites lubricantes para turbina).

**ISO 10437/API 612:2005** Petroleum, Petrochemical and natural gas industries - Steam turbines – Special-purpose applications (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – Turbinas de vapor – para aplicación de servicios especiales).

**ISO 10438-1:2007** Petroleum, Petrochemical and natural gas industries – Lubrication, shaft-sealing and control-oil system and auxiliaries – part 1: General requirements (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – sistema de lubricación, sello de flechas y control de aceite y auxiliares – parte1: requerimientos generales).

**ISO 10438-2:2007** Petroleum, Petrochemical and natural gas industries – Lubrication, shaft-sealing and control-oil system and auxiliaries – part 2: Special-purpose oil system (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – sistema de lubricación, sello de flechas y control de aceite y auxiliares – parte 2: Sistema de aceite para servicios especiales).

**ISO 15156-1:2009/NACE MR0175:2003** Petroleum and natural gas industries – Materials for use in H<sub>2</sub>S – Containing environments in oil and gas production – part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials (Industrias del petróleo y gas natural – materiales para uso en ambientes que contienen H<sub>2</sub>S en la producción de gas y aceite – parte 1: Principios generales para la selección de materiales resistentes a la ruptura).

**ISO 16889:2008** Hydraulic fluid power filters – Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element (Poder del fluido hidráulico – Método multipasos para evaluación del desempeño de un elemento filtrante).

### 3.3.- Estructura

#### PLANTA REDUCTORA DE VISCOSIDAD.

El objetivo de esta planta es abatir la viscosidad del residuo de vacío para la producción de combustóleo por medio de una desintegración térmica efectuada en dos hornos de reacción, con el siguiente ahorro de diluentes. Tiene una capacidad de 41,000 bpd. de residuo de vacío. Produciendo gas amargo, gasolina amarga, gasóleo y residuo reducido.

Por lo tanto el turbo compresor centrífugo 106j ubicado al lado norte de la refinería Miguel Hidalgo en el sector uno (planta de destilación combinada). Se encarga de recuperar los gases de hidrocarburos enviándolos al cabezal del quemador de la planta de desintegración catalítica tipo FCC No. 1.

Este turbo compresor centrífugo es de la línea Elliott.

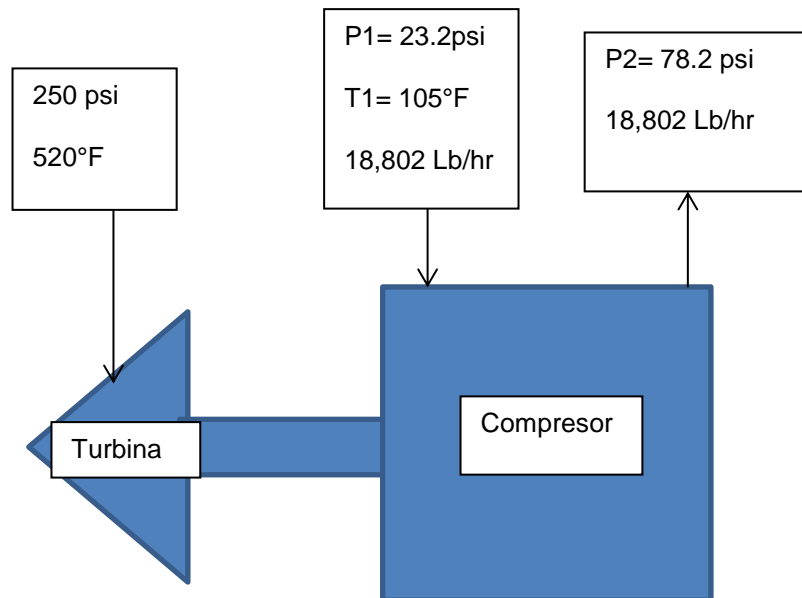
#### 3.3.1.-Datos de operación del compresor (tipo 29m5-4)

- 29 = capacidad en función de  $ft^3$  que mueve  $35 \frac{m^3}{hr}$
- M = carcasa bipartida horizontal.
- 5-4 = número de impulsores.
- Capacidad de entrada:  $48.937 \frac{kg}{cm^2abs}$
- Temperatura de entrada: 40.56°C.
- Descarga máxima: 149°C

- Presión de entrada:  $1.631 \text{ kg/cm}^2_{abs}$
- Dato de descarga:  $5.498 \text{ kg/cm}^2_{abs}$
- Descarga máxima:  $7.383 \text{ kg/cm}^2_{abs}$
- Datos de potencia de entrada: 296.04 Kw.
- Barómetro: 593.6 m.m.hg.abs
- Peso molecular: 38.85
- Dato k:  $1.15^{cp/cv}$

### VELOCIDAD

- Rotación: 9695 rpm.
- Continuidad máxima: 10447 rpm.
- 1st: 6200 rpm.
- 2st: 14200 rpm.



### 3.4.-Desarrollo

Toda empresa grande necesita de un programa de requerimientos donde se manifiesta el rango de mando para su personal. Este programa es un elemento de seguridad al cual deben apegarse para evitar accidentes, para cumplir con los objetivos que tiene la empresa (PEMEX) a nivel general.

ELABORACIÓN DE PROGRAMA E IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

### 3.4.1.- Responsabilidad y autoridad.

- **Jefe de taller.**
  - Revisa y ordena que se aplique el procedimiento.
  
- **Supervisor taller mecánico.**
  - Mediante el aviso de SAP generar y/o analiza la orden y planea el desarrollo de las actividades descritas.
  
  - Dar instrucciones al cabo de oficio para asegurar el desarrollo correcto de las actividades.
  
  - Difundir este procedimiento al personal a su cargo.
  
  - Verificar holguras, claros, juegos, etc. asegurando el correcto armado del equipo.
  
- **Cabo de oficios.**
  - Selecciona al personal adecuado a su cargo, para la realización de las actividades que indica el procedimiento.
  
  - Solicita al ingeniero el permiso u orden de mantenimiento y AST.
  
  - Revisar, evaluar y llenar los espacios del permiso u orden de mantenimiento y AST, incluyendo formatos de procedimiento, seguridad y entregarlo al personal ejecutor.
  
  - Supervisa que la ejecución de los trabajos sea la correcta y de acuerdo al procedimiento y planos del fabricante.
  
  - Suministra y controla los materiales y refacciones necesarios para el desarrollo de las actividades.
  
  - Solicita y revisa el reporte final de reparación del equipo así como el correcto llenado de los formatos de mantenimiento que indica el procedimiento.
  
- **Operarios.**
  - Conocer y entender el procedimiento.
  
  - Recibir, revisar y firmar el permiso u orden de mantenimiento y AST.

- Solicitar equipo a operación, verificando que este sea entregado conforme a las indicaciones del permiso u orden de mantenimiento de acuerdo a procedimiento.
  - Realizar las actividades de reparación del equipo de acuerdo al procedimiento y planos del fabricante.
  - Probar el equipo y entregar a operación en compañía del Cabo o Ingeniero del sector.
  - Hacer reporte final de reparación del equipo, llenar formatos que indican el procedimiento y entrega al mando medio.
- **Ingeniero de operación**
    - Generar aviso de reparación de compresor en el sistema SAP
    - Generar el permiso u orden de trabajo perfectamente analizado y entregar al Ingeniero de mantenimiento mecánico.
  - **Operador**
    - Recibir el permiso u orden de mantenimiento y AST, analizar, revisar y ejecutar las instrucciones que se indican.
    - Firmar el permiso u orden de mantenimiento y AST y entregar equipo a mantenimiento.
    - Entregar equipo a mantenimiento mecánico completamente aislado y junta cegado de acuerdo a procedimiento.
    - Recibir el equipo a mantenimiento y poner en operación.

### **3.5.-Consideraciones de seguridad**

El presente procedimiento al realizar los trabajos presentan riesgos de seguridad, salud y daños al ambiente, durante su ejecución.

- Peligros y medidas de control.

Los riesgos a evitar en la realización de este trabajo son golpes al aflojar tornillería, machucones en las manos, quemaduras, caídas, intoxicaciones, etc.

- Requisitos de equipo de protección personal.

Todo el personal que interviene en la reparación de un compresor debe contar con su equipo de protección personal obligatorio, que consiste en casco con barbiquejo, lentes de protección industrial, tapones auditivos, ropa de algodón, cinturón de carnaza. Equipo adicional solicitado o requerido por parte del ingeniero de seguridad.

- No se debe hacer mal uso del aire comprimido.

No usarlo para limpiarse la ropa, ni debe apuntarse a nadie con las pistolas de aire; estas deben apuntarse siempre hacia abajo o a un lado de los pies, cuando no se esté trabajando con ellas.

- Precauciones en manejo y almacenamiento de materiales.

Utilizar desengrasantes o solventes adecuado para limpieza de partes mecánicas del equipo y no derramarlo al drenaje, cuidando siempre el medio ambiente.

Recolectar desechos de piezas, trapo contaminado y basura depositándolos en lugares destinados para tal fin.

- Límites seguros de operación y que hacer en caso de salirse de estos parámetros.

Acordonar el área de trabajo, revisar las condiciones de las rejillas de plataformas, revisar herramientas y estrobos que se utilizarán para las maniobras, revisar condiciones de equipo mecánico (grúas) que se utilizarán para maniobra.

- Como actuar en caso de fugas, derrames o emisiones.

Retirarse del área y solicitar al ingeniero de inspección realice pruebas de explosividad, toxicidad, lavar área y equipo.

### **3.6.-Requisitos previos / condiciones de entrega a mantenimiento.**

El siguiente procedimiento nos indica como debe ser entregado el equipo al área de mantenimiento por lo cual es necesario cumplir con él.

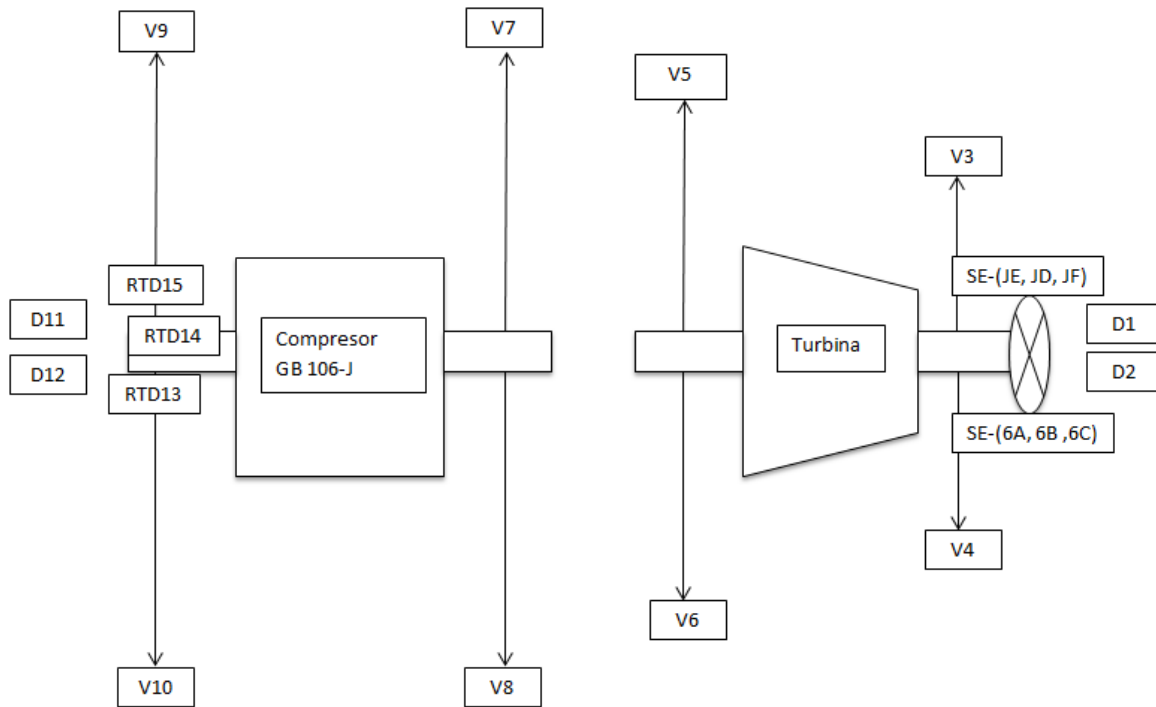
- Entregue el equipo a mantenimiento mecánico completamente aislado y junta cegado de acuerdo a procedimiento.
- Se debe realizar la prueba de gases para que no exista peligro de explosividad.

- Área de trabajo limpio.
- Tener el permiso de trabajo u orden de mantenimiento y AST, así como los documentos de seguridad que aplique debidamente requeridos y firmados.
- Solicite a operación el compresor, el cual deberá estar de presionado, purgado, aislado con válvulas y juntas ciegas antes de iniciar la reparación.
- Verifique que las válvulas de vapor de entrada, salida y by pass de la turbina estén bloqueadas asegurándose que no puedan girar mientras se trabaja en el compresor.
- Los trabajadores, al iniciar sus labores, deben cerciorarse de que las herramientas, equipos y maquinaria que van a utilizar estén en buenas condiciones, dándoles el uso apropiado.
- Las personas que ordenan o dirigen las maniobras de carga, descarga y transporte deben impartir sus instrucciones con la mayor precisión posible, para que el personal ejecute con seguridad estas tareas.
- Haga limpieza, mantener limpio el equipo y su área de trabajo.
- Solicite al departamento de instrumentación que retire protecciones y accesorios, lado libre y lado cople del compresor como son: sensor de vibración radial, axial, tubería conduit, etc.
- Retire el cubre cople y líneas en general.
- Desacople compresor, utilizando la herramienta adecuada y en buenas condiciones.
- Efectué limpieza del cople e inspeccionar el estado físico del mismo. Si el cople es de engranes, inspeccionar si hay algún daño en los dientes o se encuentra desgastado. Si el cople es de lainas, inspeccione que no se encuentren rota.
- Tome referencia de alimentación del conjunto turbina compresor y registrarlo, además tomar medidas de distancia entre extremos de flechas y dimensiones de ambas en zona de conicidades.

### **3.7.-Retiro de instrumentación involucrada y líneas auxiliares.**

El compresor cuenta con 8 sensores para vibración radial, 4 sensores para desplazamiento axial, 6 sensores de velocidad y 3 RTD, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma:





**Figura 3.2. Representación de instrumentos**

Estos sensores tienen una alarma de 3 milésimas y un disparo en 4 milésimas para las de vibraciones radiales, alarma en 15 milésimas y disparo en 20 milésimas para los sensores de desplazamiento axial. Para activar éstas protecciones se utiliza el mismo selector de la protección por sobre velocidad la cual solo debe activarse cuando el compresor esté operando sobre velocidad normal de operación 9695 RPM. Para que se activen éstos disparos (por vibración o por desplazamiento axial), por lo menos deben de activarse disparos de sensores de vibración o desplazamiento axial.

### **3.8 Retiro de cubre cople, revisión y evaluación de acoplamiento.**

Los equipos tienen acoplamientos que permiten la interacción de uno con otro por lo cual estos deben ser retirados cuando cualquiera de los equipos tengan que ser llevados a mantenimiento para esto debemos realizar lo siguiente.

- Utilizar el equipo de protección personal (casco, lentes, protección auditiva, guantes, ropa de trabajo, zapatos).
- Si es turbina verificar que esta disparada o de ser motor colocar candado en subestación y etiquete en botonera de arranque.

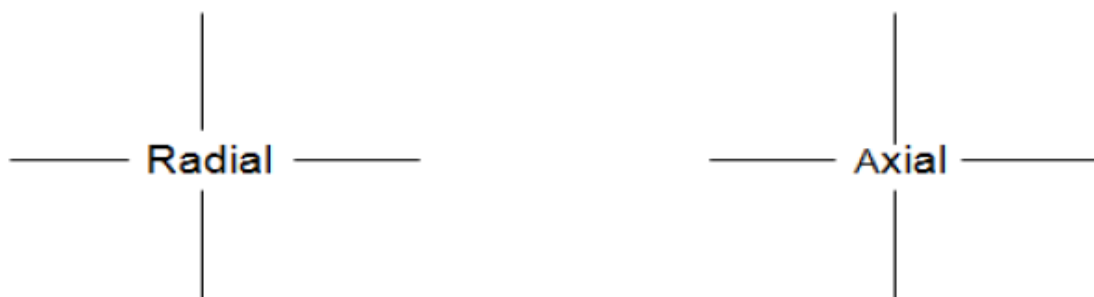
- Verificar en subestación eléctrica que el equipo tenga colocado el candado, etiquetado por operación y mantenimiento mecánico. Verificar en área el interruptor físicamente del equipo si es turbina, que esté disparada con cadena y candados en válvulas de entrada y salida de vapor.
- Con respecto al desalineamiento paralelo (laterales y altura). La cantidad de la lectura en el indicador, dividida entre 2 será la cantidad a corregir y verificar que las superficies de las masas no estén golpeadas ni que existan asperezas que alteren las lecturas del indicador (radialmente).
- Verificar el apriete del anclaje de la bomba, pedestales, base y tornillería de la tapa de la bomba. Reapretar opresores de ambas masas de acoplamiento antes de iniciar la alineación.  
En caso de que las masas tengan holgura fuera de tolerancia se deberá corregir anomalía para evitar errores en la alineación (holgura entre masa y flecha es de 0.0005 a 0.001).
- Colocar el indicador en masa de bomba a equipo motriz verificar el alineamiento actual checando primero el axial, luego el radial y los juegos de bomba y equipo motriz.

Juego radial de la bomba: \_\_\_\_\_

Juego axial de la bomba: \_\_\_\_\_

Juego radial del equipo motriz: \_\_\_\_\_

Juego axial del equipo motriz: \_\_\_\_\_

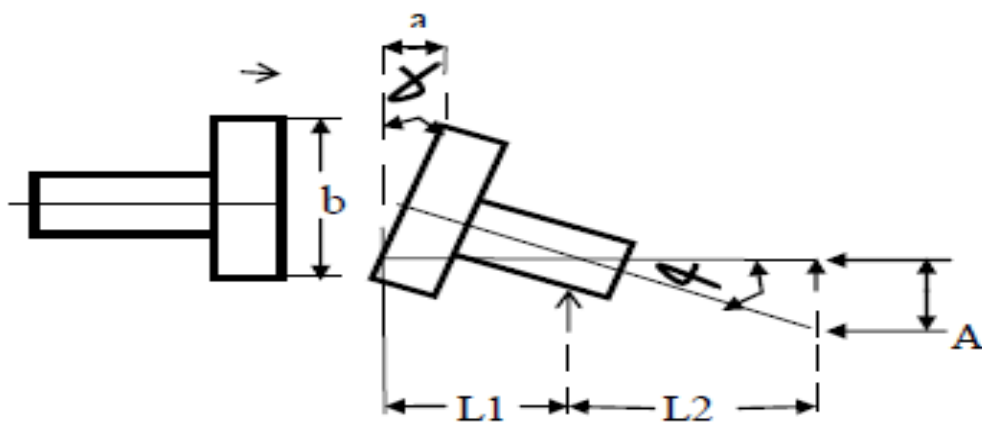


**Figura 3.3. Anotación de alineamiento.**

- Verificar los soportes del equipo motriz checando que no tengan desnivel (soporte desnivelado), en alguno de sus cuatro soportes, corregir si es necesario colocando lo que nos marca el indicador.

- Colocar el indicador en la parte frontal de la masa de acoplamiento, la caratula se apoyara colocando el pivote en la zona superior de la masa de la bomba a mover, desplazando el indicador a la zona inferior para verificar el desalineamiento axial vertical.
- Colocar el indicador con el pivote fijado en la parte frontal de la masa de acoplamiento en la zona lateral derecha desplazando el indicador a la zona lateral izquierda para verificar el desalineamiento axial horizontal igualmente de la carcasa a mover.

Corrección de desalineamiento en coples cara vertical (abierto).



**Figura 3.4. Corrección de desalineamiento en coples cara vertical (abierto).**

a= Milésima de desalineamiento resultado de la verificación.

b= Diámetro del cople en pulgadas.

A= Milésimas para corregir.

L1= Distancia de los tornillos al centro del barreno del anclaje cercano al cople en pulgadas.

L2= Distancia de los tornillos al anclaje lejano al centro del barreno L1 en pulgadas.

$$A = \frac{a(L1+L2)}{b}$$

El procedimiento para determinar el espesor de la lana para alinear caras verticales (cerrado) es el siguiente:

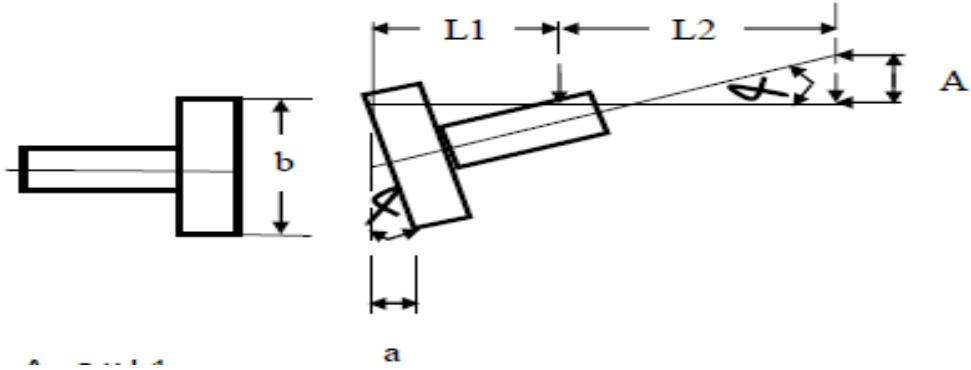


Figura 3.5. Desalineamiento axial vertical

$$A = \frac{a(L1)}{b}$$

Esta laina se colocara en la parte delantera del motor. Para desalineamiento axial lateral se aplicara la misma fórmula nada más se desplazara por los costados del motor.

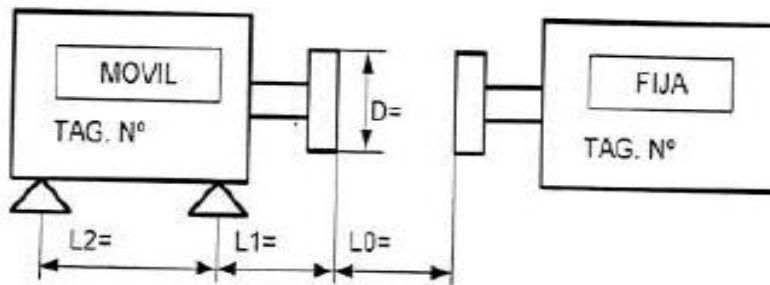


Figura 3.6. Colocacion de laines

- Se colocara el indicador de la parte circular en la masa de acoplamiento de tal forma que el pivote de la caratula nos indique el desplazamiento radial horizontal y vertical.

**Desalinamiento radial horizontal:** Si la lectura da positivo se necesita aflojar los 4 soportes del equipo motriz y se correrá hacia el lado negativo dando la mitad de lo que nos indica.

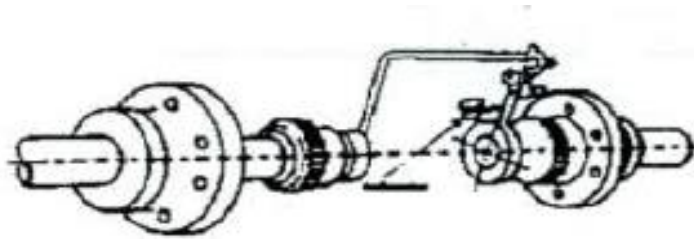
EJEMPLO: si nos indica 0.015" + (positivo) correremos el equipo motriz hacia el lado negativo la mitad.

Si nos indica 0.015" - (negativo) correremos el equipo motriz hacia el lado positivo la mitad ya que haya quedado en cero apretar para que no se mueva el equipo motriz.

**Desalineamiento radial vertical:** Girando la bomba y el equipo motriz verificar si el equipo motriz esta en menos o más ya sea colocar o retirar laines por la mitad.

EJEMPLO: si nos indica 0.20"- (negativo) hay que colocar 0.10"+ y si nos indica 0.20"+ (positivo) hay que retirar 0.10-. Apretar tornillería de cada soporte del equipo motriz y volver a verificar el alineamiento y apuntarlo.

- Medición del desalineamiento paralelo (laterales y altura). Cambie la posición del indicador de tal forma que el pivote haga contacto sobre la superficie exterior del medio cople. Como lo muestra la figura. 3.7.



**Figura 3.7. Desalineamiento paralelo.**

- Girar ambas flechas al mismo tiempo para evitar errores por irregularidades en la superficie de medio cople.
- Limpiar equipo y áreas de trabajo. El desengrasante, mantas, grasa, aceite, tendrán que ser depositados en el lugar indicado.
- Checar los juegos radiales tanto en bomba, como en motor o turbina.
- Revisar la temperatura del producto utilizable ya que la temperatura hará que se tenga desalineamiento.
- Meter el equipo a operación para corregir si existe vibración.

### **3.9 Desmontaje de chumacera axial y radial.**

Las chumaceras son consideradas como soportes para la flecha del equipo, estas están compuestas de un metal blando y un sistema de lubricación para que no exista un roce entre metal y metal, además de reducir juegos, es necesario que sean retiradas cuidadosamente a continuación se presenta el procedimiento.

- Retirar los tornillos y pernos guía para desmontar la cubierta de la caja de chumaceras.
- Extraer porta chumaceras y chumaceras lado libre – lado cople, verifique juego axial y claros radiales de chumaceras, registrarlos.
- Revisar claros y juego de las chumaceras radiales del tipo camisa o zapatas basculantes, si es necesario ajustar o cambiar.
- Retirar la tornillería y guías de la cubierta de las chumaceras axiales y desmonte la cubierta.

- Extraer la tornillería y guía de la tapa de chumaceras axiales, desmontar la tapa.
- Girar la chumacera axial ensamblada hasta el perno anti rotación haga contacto en el lado contrario de la caja de chumaceras y retirar las zapatas. Girar el porta chumaceras hasta que se haya retirado las zapatas. Manejar con cuidado las superficies de babbitt y las caras maquinadas del disco de empuje de referencia en un lugar seguro y evitar ser golpeadas y taparlas para evitar contacto con el medio ambiente. Marcar las partes de las chumaceras de empuje retiradas para que el armado se efectuara correctamente de acuerdo con el sentido de rotación.
- Extraer las chumaceras superiores, levantando el rotor 0.005" auxiliándose con un indicador de carátula y proceda a retirar la mitad inferior del porta chumaceras. Si el tambor de balance es nuevo y está centrado, solo se debe levantar el eje un máximo de 0.0035". Nunca permita que el rotor se apoye en lo sellos cuando estén desmontando las chumaceras.
- Retirar el porta chumaceras bipartido. Tener cuidado de no dañar los sellos de aceite. Verificar que el sello se mueva libremente.
- Desmontar el disco de empuje.
- Aflojar las lengüetas de la arandela de la tuerca de seguridad.
- Retirar la tuerca del disco y la arandela de seguridad.
- Ligeramente golpee el disco de empuje hacia afuera de la flecha. Utilice un martillo de goma para no dañar el disco de empuje.
- Inspeccionar que el disco de empuje no presenta golpes o rayas. En caso de presentarlos rectifique, lapee o cambie el disco de empuje.
- Inspeccionar las zapatas y el disco de empuje que no exista desgaste excesivo, rebabas o ralladuras. Inspeccionar los pivotes y los respaldos de las zapatas por un desgaste excesivo. Si alguna de estas condiciones existe, se recomienda el cambio de las chumaceras de empuje. No reemplazar partes individuales. Inspeccionar las zapatas de las chumaceras para detectar desgaste excesivo, fisuras, grietas, golpes, hundimiento del babbitt, así como otras condiciones anormales. Inspeccione las zapatas en el punto de pivote para detectar hundimiento en el respaldo de las cuñas.
- Inspeccionar que el rotor no se encuentre rayado en la zona donde trabajan las chumaceras y los sensores de vibración. Si existe desgaste o ralladuras notificarlo.
- Desmontar y revizar los sellos de aceite interior y exterior. Si los sellos están golpeados, doblados, con rebabas o presentan desgaste excesivo, se recomienda cambiarlos. También se recomienda cambiarlos si exceden el claro de diseño.

- Revisión de claros. Los métodos más exactos para la medición de claros en las chumaceras radiales de zapatas basculantes son el de “medición con plastigage” y el “método de levantar la flecha”. Las partes de las chumaceras y los muñones del rotor deben medirse a una temperatura de 21°C (70°F), para evitar errores en la dilatación térmica del material.
- Las cuñas y zapatas deberán ser fabricadas con las tolerancias idénticas de espesor (máximo 0.0005” de diferencia entre sí), permitiendo se puedan intercambiar en el ensamble de la chumaceras en la zona de las cuñas ya que pueden deformarse y darnos claros más grandes entre la flecha y chumaceras, en ocasiones el espesor de la cuña puede variar en una chumacera para compensar si el diámetro del retén esta fuera de circunferencia. En esta condición deberá mantenerse la orientación de las cuñas. Todas las partes antes de ser re-usadas o cambiadas deben estar limpias y lubricadas.

La práctica de levantar la flecha checando lecturas con indicadores, nos da una idea clara de la holgura de la entre flecha y chumacera al igual que el plastigage, sin embargo la medida puede variar, ya que dentro de la misma zapata se tiene distintos diámetros en el maquinado, para permitir la formación de cuña de aceite, por lo tanto debemos considerar que levantar la flecha no es recomendable ya que puede ocasionar daño al equipo.

- El método de levantar la flecha, nos da lecturas exactas si se realiza apropiadamente para medir el claro, con este método proceder de la siguiente manera:
  - Ensamble las chumaceras instalando las guías del portachumaceras y apriete los tornillos del portachumaceras.
  - Monte un indicador de base magnética con una precisión de 0.001” en el retenedor y coloque el palpador en la parte superior del rotor, tan cerca de la chumacera como sea posible y posicione la carátula en cero.
  - levante el rotor hasta tope con la mitad superior de la chumacera. La aguja del indicador se moverá desde que el rotor se esté levantando. Tener cuidado de no levantar el rotor con incrementos muy pequeños de movimiento. Puede usarse un gato hidráulico con una pieza de madera entre el rotor y el gato. También es recomendable el uso de cable flexible y una barra donde exista la posibilidad de apoyo. Otra opción es el uso de un brazo de palanca de tamaño apropiado. Si una grúa es utilizada para levantar el rotor hágalo con un diferencial apropiado, coloque un segundo indicador posicionando el palpador sobre el portachumaceras y la lectura en cero, al levantar el rotor observe que el segundo indicador no registre cambios en la lectura

porque se producirá esfuerzos en el portachumaceras y la flecha. Para estar seguros levante el rotor lentamente.

### 3.10 Desmontaje de sellos mecánicos

Es necesario desmontar los sellos de la forma que se indica en los siguientes pasos para que estos no se dañen tomando en consideración que existen componentes aunados a ellos y tienden a sufrir daños si estos son retirados de forma incorrecta.

- Retirar la masa de cople.
- Revisar el sello ISO carbón, el rotor debe estar centrado cuando se retire e instale el sello ISO carbón.
- Desarmar el sello ISO carbón.
- Desmontar los pedestales de las chumaceras.
- Retirar el alambre candado y los tornillos que sujetan el sello de flecha y desmonte el retenedor.
- Extraer el sello de la flecha.
- Quitar el alambre candado de los tornillos y desmonte la brida del sello.
- Afloje la tuerca del anillo de contacto.

NOTA: La rosca de las tuercas aprietan en sentido contrario a la rotación de la flecha.

Precaución.- Antes de desmontar la tuerca, instalar el arreglo de herramienta para mantener la jaula de los resortes en posición y permitir que la presión del resorte se libere lentamente (tirantes).

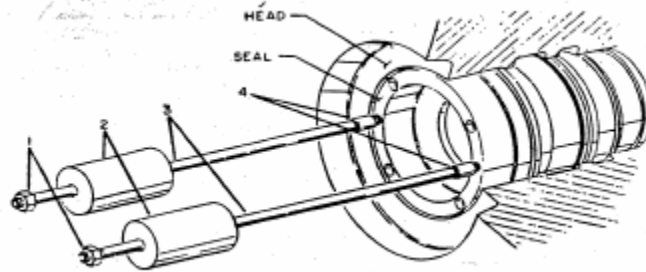


Figura 3.8. Jaula de resortes.

- Retirar el anillo de contacto rotatorio y sus cuñas.
- Extraer el anillo de carbón.



- Quitar la jaula de resorte, manga de contacto y carcasa del sello como una unidad.
- Lentamente retirar el arreglo para desmontaje de la jaula de resorte y la manga de contacto de la carcasa del sello.
- Extraer los resortes cónicos.
- Retirar el sello de laberinto.
- Quitar los pistones de disparo de la carcasa del sello, retirar los anillos “O”ring’s de los pistones. Revise los pistones y su alojamiento de algún daño o desgaste.
- Revisar el sello de laberinto si se encuentra con daño o desgaste excesivo. Cambiar junto con su anillo “O”ring.
- Desmontar y montar de sello seco  
El rotor debe estar centrado cuando se retire e instale el sello, teniendo cuidado al desensamblar y ensamblar el sello utilizando los aditamentos que para este fin proporciona el fabricante. Estos sellos se manejan como cartucho y generalmente se cambian completos por nuevos o rehabilitado en fábrica.

### **3.11 Desanclado y desmonte del compresor.**

Para poder retirar del lugar de asentamiento de este equipo es necesario tomar precauciones correspondientes al igual que el equipo necesario por lo contrario se puede ocasionar una pérdida total del mismo o de piezas importantes para que esto no ocurra siga las siguientes indicaciones.

- Es importante que al realizar el mantenimiento en el compresor, recordemos que se trata de un equipo utilizado para comprimir un gas para poder desplazarlo.
- Todas las partes deben ser manejadas con debido cuidado.
- La limpieza es esencial, todas las mellas y rebabas deben retirarse cuidadosamente de cada parte sin dañar las superficies mecanizadas, chumaceras, ejes y sellos deben estar limpios y bien lubricados antes de volver a montar.
- El montaje es esencialmente el inverso al desmontaje. Es esencial marcar o tomar notas durante el desmontaje, ayudara a recordar para facilitar el montaje de forma correcta.
- Los pernos (guías) se utilizan cuando es necesario volver a alinear originalmente las partes. Insertar los pernos antes de apretar las tuercas o tornillos.

- Cuando los empaques o anillos “O” ring’s y anillos de apoyo fueron removidos, se recomienda que todos los anillos y juntas sean renovados cada vez que el compresor sea montado.
- Todos los tornillos de sujeción deben ser colocados en su ubicación original.
- Si se retiraron arandelas simples o de seguridad, asegurarse de instalar la misma clase que originalmente se utilizó y en el lugar adecuado.

#### ELIMINACION DE LA PARTE SUPERIOR DEL COMPRESOR

- Los ISO-sellos de ambos extremos del eje deben ser removidos antes de quitar la mitad superior del compresor.
- Precaución: la mitad superior de la carcasa del compresor no se puede levantar hasta que los pernos verticales se retiren de las mitades superiores de las carcasas.
- Quitar los pernos y tuercas de las bridas principales e instalar pasadores de guía. Deben estar previstos los tornillos para aflojar la articulación.
  
- Conectar los cables de acero del tamaño adecuado a las orejetas previstas para este fin, levantar la carcasa y cuidadosamente guiarla para evitar golpear los impulsores.

#### SUSTITUCION DE LA PARTE SUPERIOR DEL COMPRESOR

- Toda superficie de la línea de división debe estar limpia de materiales extraños.
- Retirar todas las rebabas o muescas con una lima fina o piedra, sin dañar la superficie.
- Aplicar un compuesto de junta horizontal adecuado a la línea de división interior de agujeros de los tornillos antes de que la mitad superior de la carcasa se baje en su posición. Si la junta está rota, debe usarse el mismo tipo de compuesto originalmente en sellado.
- Inspeccionar el interior que no exista material o tuercas extras, tornillos y herramientas, antes de reemplazar la carcasa superior.  
Para posicionar la parte superior de la carcasa del compresor es necesario:
  - Colocar pasadores de guía en las esquinas diagonalmente opuestas de la caja.
  - Aparejo de la carcasa superior para que se posiciones perfectamente horizontal.

- Bajar la carcasa muy lentamente en los pasadores de guía.
- Asegúrese de que la carcasa no choque con el rotor.
- Reemplazar los dos pasadores diagonalmente opuestas inferior a su posición.
- Colocar las tuercas en los espárragos y apretar las cuatro tuercas de esquina.
- Apretar todos los tornillos restantes, alternando de un lado a otro.
- Apretar las tuercas de las cuatro esquinas.
- Volver a revisar todas las tuercas.
- Sustituir los pernos internos, si se utiliza.
- Sustituir las juntas y chumaceras.
- Reemplazar las cubiertas de extremo.
- Después de que el compresor se encuentre a temperatura de funcionamiento, revisar nuevamente, el apriete de todos los tornillo de la línea de división.

### 3.12 Desarmado, limpieza mecánica y evaluación de daños.

#### EXTRACCION DEL ROTOR E INSPECCIÓN

- El rotor se puede quitar después de que sea retirado el envolvente del compresor, los cojinetes, las partes de la junta de la carcasa y la parte superior del sello del pistón de equilibrio.
- Al levantar o manipular el rotor, la cuerda de Nylon o eslingas se deben utilizar para evitar daños en la superficie mecanizada.
- Las eslingas deben ser colocadas fuera de los impulsores, pero en el eje radial.
- Es aconsejable el uso de un espaciador de madera entre las cuerdas inmediatamente por encima de los impulsores para separar las eslingas para que las cuerdas no entren en contacto con los impulsores.
- El rotor debe mantenerse a un nivel relativo a la carcasa y debe levantarse verticalmente hasta ser despegado de la carcasa.
- Cuando se baje el rotor, lo mejor es que sea recargado en apoyos de forma que el peso del rotor no se base en los impulsores, el rotor no debe ser soportado sobre las superficies del eje.
- Examinar los montajes de impulsores para ver que no se han exaltado, agrietado, erosionado o dañado.
- Limpiar el conjunto del rotor manualmente, teniendo cuidado de no dañar el metal.

- Es necesario rotular al rotor para saber la concentricidad y a continuación comprobar el equilibrio.

### **3.13 Eliminación de laberinto, inspección y control de holgura.**

Los sellos laberintos, son aquellos que no permiten la fusión entre uno y otro producto, son considerados como deflectores de presión y desviadores de aceites contaminantes, es necesario seguir los pasos para su extracción.

- Inspeccionar los sellos del eje, impulsor y el laberinto del pistón equilibrado. Si ellos están astillados o excesivamente desgastados, deben ser renovados.
- Se debe revisar la existencia de huecos en la junta de laberinto cada vez que la carcasa se desmonte.
- Quitar los laberintos superior e inferior y medio para la liberación de los primeros dispositivos anti rotación fuera de las ranuras.
- Montar el laberinto superior e inferior de forma segura entre sí mediante una abrazadera. Asegurarse de que las dos mitades se aparean correctamente.
- Medir los diámetros interiores del laberinto con un micrómetro para interiores.
- Es importante medir el diámetro del eje en las posiciones de los laberintos con un micrómetro para exteriores.
- La diferencia entre los diámetros correspondientes medidos son los diametrales huecos de la junta de laberinto.

NOTA: los laberintos están marcados (numeradas) con ranuras de diagramas y deben ser reemplazados en su ubicación original.

- Con las mitades inferiores de los sellos instalados, colocar tiras de alambre de plomo o plastigage axialmente en la parte inferior central de los sellos.
- Con la chumacera radial, instalar el rotor.
- Utilizar galga para comprobar espacios libre lateral.
- Colocar el alambre o plastigage axialmente en el centro de la parte superior del rotor en las áreas del sellado.
- Reemplazar la parte superior de la carcasa del compresor y medir las áreas aplanadas de alambre de plomo o plastigage, colocado previamente en la parte superior del rotor.
- Quitar el rotor y medir las áreas aplanadas de alambre de plomo o plastigage colocados en las partes inferiores de los sellos. Estas medidas son las holguras radiales.

- Después de retirar el rotor, las partes inferiores de las paletas guía, diafragmas y paredes externas pueden ser quitados.
- Girar la parte superior del compresor para retirar la parte superior de los diafragmas.
- Quitar el tornillo de casquete y las arandelas de la división horizontal de cada diafragma y levantar las mitades de ellos.
- Antes de limpiar, examinar el diafragma que no exista restricciones de depósito de material extraño. También examinar los álabes guía en busca de grietas incipientes o pérdidas de metal debido a la corrosión.
- Debido al tamaño de estas piezas, el tamaño de la carcasa y las deformaciones causado por el cambio de temperatura, es necesario raspar o rellenar para ajustar las nuevas partes. La carcasa de los diafragmas, álabes guías y paredes extremas deben estar a ras con la cara de la junta principal.
- Comprobar los números de referencias de cada parte, esto es importante ya que algunos diafragmas de álabes guías pueden ser muy parecidos pero varían en sus dimensiones; normalmente son grabadas en el lado terminal de las piezas fundidas, las paletas guías se imprimen en la lengua.
- Fijar la parte superior de los diafragmas a la medida de la carcasa superior con tronillos especiales de cabeza plana.

### 3.14 Datos específicos de la turbina.

La importancia de contar con los datos de la turbina es para un dado caso se necesiten hacer referencias o cantar con ellos para poner en operación, llegar a los estándares o no forzar el equipo de trabajo, con ello tener cuidado del equipo y reducir riesgos de averías.

TURBINA N-3714 de tipo SBHPG4-1

- Modelo: SBHPG4-1
- Potencia nominal: 508 HP
- Velocidad nominal: 10447 RPM
- Máxima continuidad de velocidad: 10447 RPM
- Primer crítica: 6120 RPM
- Segunda crítica: 13320 RPM

DISEÑO DE VAPOR

- Presión de entrada:  $17.5 \frac{kg}{cm^2}$
- Temperatura de entrada: 271.1 °C

- Presión de salida:  $3.87 \frac{kg}{cm^2}$

## VALORACIÓN DE CONSTRUCCIÓN

- Presión de entrada:  $42.185 \frac{kg}{cm^2}$
- Temperatura de entrada:  $398.9 \text{ }^\circ\text{C}$
- Presión de salida:  $21.09 \frac{kg}{cm^2}$

## DIMENSIONES TOTALES

- Carcasa superior:  $1.9277 \text{ Kg}$
- Rotor:  $243.5 \text{ Kg}$
- Unidad:  $5670.0 \text{ Kg}$

## DATOS DE TURBINA Y CLAROS

- Sellos de eje
  - Fines de vapor:  $0.008 - 0.0095''$
  - Fin de escape:  $0.008 - 0.0095''$
- Chumaceras
  - Fines de vapor:  $0.008 - 0.010''$
  - Fin de escape:  $0.008 - 0.010''$
- Flotación de chumacera de empuje:  $0.010 - 0.015''$

### 3.14.1.- Desarmado de turbina.

- Aflojar y retirar tuercas de la mitad superior de la carcasa de la turbina, (retire antes sus guías cónicas).
- Preparar y colocar maniobra para desmontar la tapa de la turbina. Ayudarse con cables de acero o eslingas, montacargas o diferenciales. Colocar cáncamo en parte superior de la carcasa donde se sujetara.
- Retirar pernos guías de la carcasa superior y levantarla con cuidado para depositarla sobre unas maderas en el piso. Ayudarse con tornillos de levantamiento, barrenados y machueleados en la media carcasa superior para despegar ambas mitades.
- Aflojar y retirar tornillos que unen las dos mitades de cada caja de carbón en la turbina y retirar las tapas superiores (en el lado libre y lado cople)

- Retire los sellos de carbón segmentados con mucho cuidado y volver a armarlos afuera con su resorte al igual que el elemento de arrastre para su revisión posterior. Marcarlos y guardarlos.
- Verificar el centrado del rotor. Anote la distancia que hay de la tobera al rodete y anote en el formato de desarmado.

### **3.14.2.- Desarmado de cajas de chumaceras.**

- Drenar el aceite de la caja de chumaceras en ambos lados de la turbina en un recipiente para su revisión y posteriormente colóquelos en el tambo de aceite contaminado en el sector.
- Aflojar y retirar nivel de aceite completo, tapón de llenado de aceite y el grifo de purga en cada caja de chumaceras, marcarlos y guardarlos.
- Desconectar la varilla de la articulación del disparo por sobre velocidad del lado gobierno; retirar la chaveta y el perno para liberar la varilla que acciona la válvula de cierre rápido.
- Aflojar y retirar las tuercas o tornillos de la tapa superior de cada caja de chumaceras extraer sus guías cónicas y desmontar las tapas con cuidado (a veces se pega a la tapa mitad superior de las chumaceras y con ella los anillos de lubricación).
- Retirar la mitad superior de la chumacera, para desmontar la mitad inferior, levante los anillos de aceite y hacerlos a un lado de la chumacera, presione la orilla de la mitad inferior de cada chumacera y hacer girar la flecha para que deslice y salga de su alojamiento.
- Desmontar la palanca o varillaje de gobierno que conecta el gobernador con la válvula de admisión e vapor. Retirar las chavetas o candados y los pernos que unen dicha palanca. Si trabaja con gobierno mecánico aflojar la perilla y extraer el resorte que tensiona la palanca incluyendo la revisión y/o sustitución del resorte tensor de la válvula de disparo.
- Si trabaja con gobernador mecánico aflojar los tornillos de la tapa frontal y retirar ésta con su cuña que evita el giro de baleros de su barra deslizante del sistema de gobierno.

### **3.14.3.- Desmontaje del gobernador hidráulico.**

- Desconectar tubing de aire del gobernador si lo lleva. Aflojar y retire tuerca del conector que entra al regulador de aire del gobernador.
- Aflojar y retirar tornillos que sujetan el gobernador a la caja de chumaceras lado libre y desmontar el gobernador.
- Desmontar el rodete armado de la turbina ayudarse con la misma maniobra anterior sujetar rodete de la flecha en la zona de la rueda, subirla, sacarlo

de su alojamiento en la carcasa y colocar en el piso con cuidado de no golpearlo. Transportarlo al taller mecánico para su inspección.

- Desarmar rodete de turbina.
  - Retirar los anillos de lubricación en ambos lados de la turbina.
- Si la turbina cuenta con gobernador mecánico proceder a su desarmado.
  - Aflojar y retirar tuerca de ajuste del sistema de gobierno mecánico (contar el número de vueltas de la tuerca como referencia para su ensamble posterior).
  - Retirar la barra deslizante del sistema de gobierno, junto con el resorte, el yugo y los contrapesos.
  - Aflojar opresor y extraer el cuerpo de disparo de la flecha. Ayudarse con un cobre y con ligeros golpes en la parte posterior del plato, retirarlo de la flecha.
  - Retirar suplemento situado entre el cuerpo de disparo y el balero de fijación axial para las turbinas marca Terry (éste suplemento va sobre el balero y es en forma herradura).

Extraer el balero de fijación axial. Ayudarse con un extractor de uña y considerar lo siguiente:

- En las turbinas marca Elliot, el balero se asegura al rodete por medio de un candado.
  - En otras turbinas el balero se asegura por medio de una tuerca y su candado de seguridad.
  - En las turbinas Terry y Turbodyne el cuerpo de disparo es el que asegura el balero en las Terry hay que aflojar el opresor y retirar el cuerpo de disparo, en las Turbodyne hay que desarmar el cuerpo de disparo del extremo.
  - Aflojar el opresor y retirar el engrane motriz de la bomba principal de lubricación forzada de la turbina.
- Retirar las mangas de sello (deflectores o retenes de aceite) en ambos lados del rodete. Medir y marcar la ubicación en el rodete como referencia para su armado posterior.
  - Retirar los platos espaciadores de los carbones en cada lado del rodete de la turbina marcarlos vea la posición y graduarlos.
  - Efectuar limpieza y mantenimiento de todas las líneas del sistema de agua de enfriamiento.
  - En caso de que la turbina tenga lubricación forzada, drene el aceite en recipientes destinado para tal fin y efectué limpieza del cárter y reponer aceite nuevo.



#### 3.14.4.- Desarmado de válvula de admisión de vapor.

- Aflojar y retirar tuercas de la tapa de la válvula de admisión de vapor y desmontar ésta del cuerpo de la válvula.
- Retirar tuerca del extremo roscado del vástago y retirar el cuadrado que une la palanca de gobierno al vástago.
- Retirar resorte con sus platos guías.
- Extraer vástago armado con su válvula para su revisión posterior.
- Efectuar limpieza mecánica a todas las partes de la turbina con solventes biodegradables, lija, cepillo de alambre, manta y sopleteado con aire.
- Hacer una inspección visual a todas sus partes y mida las piezas de desgaste, anotando los resultados en el formato de desarmado de turbinas. Utilice micrómetros de interiores y exteriores. Todas las refacciones que no cumplan con los claros y ajustes dados deberán cambiarse o repararse.

#### 3.15.- Revisión de la flecha.

Todo elemento deberá ser revisado cuando es retirado de su lugar esto con la finalidad de inspeccionar al elemento de que no esté dañado por lo cual las siguientes indicaciones muestran la forma correcta.

- Verifique que el rodete o rodetes de la turbina estén bien fijos y asegurados a la flecha (pueden estar asegurados con candados o con tuerca y candado de cada lado). Verifique la perpendicularidad del rodete con respecto a la flecha.
- Si el claro del rodete con respecto a la tobera no es correcto (0.042” a 0.072”) se debe corregir introduciendo las tuercas de fijación del rodete o con un suplemento o laines en la zona del balero. Para mover el rodete es necesario calentar la rueda del centro hacia a fuera ya que lleva un ajuste de interferencia de 0.006” a 0.007” en la flecha.
- Verificar el estado de la flecha en toda su longitud no debe ser mayor de 0.002”. Hacerlo entre centros en un tomo horizontal y un indicador de caratula.
- Revisar el estado de la flecha en la zona de los carbones deben de estar pulida y con un diámetro uniforme en ambos lados de la flecha.
- Verificar el ajuste de las mangas de sello en ambos lados de la flecha que debe ser con 0.0015” de interferencia entre su diámetro interior y el diámetro de la flecha.
- Revisar el estado y el claro de la flecha en la zona de las chumaceras en ambos lados de la turbina. Deben estar sin desgaste, erosiones, ralladuras

o con cinturas y deben tener un claro diametral de acuerdo a como lo marque el fabricante entre flecha y diámetro interior de la chumacera para las turbinas Terry el claro va de 0.0055" a 0.0085". para turbinas ELLIOT el claro va de 0.006" o de 0.009" a 0.0010".

- Verificar el estado y ajuste del cuerpo de disparo. Debe tener su barreno machuelado para fijarlo a la flecha y debe ir con una interferencia de 0.001" a 0.002" con la flecha.
- Revisar el ajuste del balero de fijación axial con la flecha. Debe ser 0.0001" a 0.0005". verifique el estado y ajuste del engrane motriz de la bomba principal de lubricación del lado cople de la fleca. Sus dientes no deben presentar un desgaste o juego excesivo con respecto al engrane conducido de la bomba. Su ajuste debe ser 0.0001" a 0.0005" y debe llevar su barreno machuelado para fijarlo en la flecha. Es necesario hacerle un avellanado a la flecha en el sitio exacto donde va el opresor del engrane para asegurar su fijación a ella.
- Verificar que el ajuste de mamelón de los coples del gobernador hidráulico y el de la turbina, debe ser 0.0005" en ambos extremos de la flecha.
- Revisar el buen estado y ajustar de los cuñeros y cuñas de la flecha en la zona de los coples, cuerpo de disparo y engrane motriz de la bomba principal de lubricación.
- Verificar la rosca de la flecha en la zona de la tuerca de ajuste del sistema de gobierno mecánico, que la tuerca corra libremente sin atorarse.

### **3.15.1.- Revisión de rueda o ruedas de la turbina.**

Los alabes de la rueda no deben estar golpeados o erosionados, de ser necesario cambiar el rodete y calentarlos con medio de inducción, afloje antes la tuerca o candados.

### **3.15.2.- Inspección de las cajas de chumaceras.**

- Verificar el ajuste de las chumaceras en la mitad inferior y superior de cada caja de chumaceras, deben entrar en forma tallada en su guía sin sentir juego alguno en la mitad inferior de la caja y con una tira de platigage de color verde, Revisar que el diámetro exterior de la chumacera con la tapa superior de cada caja tenga 0.0001" de ajuste con la ensamblada y aprete su tornillería en ambos lados de la turbina.
- Revisar el claro de las mangas de sellos con respecto a las cajas de chumaceras. Debe ser de 0.010" a 0.015" radial y claro axial de 0.030" a 0.040".

En tuberías que llevan laberintos bipartidos, estos se ajustan en la caja en forma suave sin holgura, debe tener un claro de 0.012" con respecto a la flecha.

- Repasar con machuelo la rosca de la entrada y salida de agua de enfriamiento nivel óptico de aceite, tapón de llenado de aceite, purga de aceite y la rosca donde entran los tornillos que ensamblan las dos mitades de la caja de chumaceras en ambos lados de la turbina.
- Verificar que la guía para el montaje del gobernador no tenga más de 0.002" de claro con respecto a la caja de chumaceras.
- Hacer limpieza e inspección a enfriadores de cajas de chumaceras.
- Revisar que el engrane conducido de la bomba principal de lubricación esté en buen estado y esté bien sujeto a la flecha de la bomba localizada en la tapa superior de la caja de chumaceras.
- Destapar los conductos de circulación de aceite a las cajas de chumaceras a turbinas con sistemas de lubricación forzada.

### **3.15.3.- Revisión de la caja de carbones.**

- Verificar el ajuste de cada caja de carbones en la carcasa inferior y superior de la turbina. Deben entrar en forma suave en su guía sin sentir juego alguno en las carcasas.
- Revisar que las caras de las cajas donde se alojan los anillos de carbón estén pulidas sin erosión o desgaste (algunas cajas llevan platos), además deben estar paralelas para asegurar un buen sellado.
- Repasar con machuelo la rosca inferior de cada caja de anillos de carbón donde entran los tornillos que la ensamblan.
- Verificar el estado de los carbones y determinar cuáles se van a recuperar y cuales se van a cambiar (no deben estar rotos, con grietas, poros, ni rayados).

### **3.15.4.- Asentamiento y ajuste de los carbones en su diámetro interior de acuerdo al manual del fabricante.**

### **3.15.5.- Revisión y mantenimiento a la carcasa superior e inferior.**

- Desmontar la válvula centinela (PSV) de la carcasa superior, de mantenimiento y calibrar de acuerdo a manual del fabricante.
- Lapear con piedra de asentar las carcasas de ambas mitades de la carcasa de la turbina y repasar las cuerdas de los baleros.
- Verificar el estado del peine de toberas, que sus laminillas no tengan desgaste o erosión y que estén bien sujetas a la carcasa.

- Revisar el estado y apriete de toda la tornilla que ensambla el peine de toberas, así como los pedales, cajas de chumaceras y cuerpo de la válvula de admisión de vapor y cierre rápido.

### **3.15.6- Revisión de la válvula de admisión de vapor.**

- Verificar que no tenga más de 0.002” de deflexión el vástago de la válvula de gobierno y que la cuerda del vástago este en buen estado, que no tenga erosión excesiva a todo lo largo y que el extremo donde ensambla con la válvula (en la guía hembra y macho) no tenga exceso (debe entrar en forma suave con un claro máximo de 0.002”).
- Revisar que el asiento de la válvula (situado en el cuerpo) y la válvula en la zona de sellos no tenga ralladuras, grietas y erosión.
- Verificar el buen estado del resorte y sus respaldos, así como los bujes de retención y estopero del vástago (situados en la tapa del cuerpo de la válvula). El claro del vástago con respecto a los bujes no deben ser mayor de 0.002”.
- Revisar que la guía de la tapa del cuerpo de la válvula de gobierno no tenga más de 0.002” de claro con respecto a la guía del cuerpo.

### **3.15.7.- Revisión del mecanismo y la válvula de cierre rápido (t y t).**

- Revisar que el resorte que cierra la válvula tenga buena tensión y no tenga corrosión.
- Verificar que las articulaciones (pernos y chavetas) de las varillas del mecanismo de disparo no tengan holguras ni desgastes.
- Revisar que el anillo y el contrapeso del plato de disparo tenga la distancia recomendada por el fabricante (en turbinas Terry es de 0.062”).
- Conectar el mecanismo de varillas de la tapa, lado gobierno de la turbina a la válvula de cierre rápido y accione manualmente el disparo y asegúrese de su buen funcionamiento. Cambie piezas dañadas.

### **3.15.8.- Inspección del mecanismo del sistema de gobierno mecánico.**

- Verificar el buen estado de los contrapesos, platos de disparo, resorte y yugo del sistema de gobierno. No deben presentar desgaste erosión excesiva.
- Revisar el estado de la bomba deslizante del sistema de gobierno, que el vástago no tenga más de 0.002” de deflexión, ni desgastado, que el rodamiento radial. Tenga un ajuste de 0.0001” en el vástago y en su caja.
- Verificar el estado y conducto del lubricador de aceite de los baleros de las barras deslizantes.

### **3.15.9.- Revisión a la bomba de lubricación.**

Medir y anotar la distancia del engrane conducido a una orilla de la tapa de la caja de chumaceras como referencia para su ensamble posterior.

- Aflojar opresor que fija el engrane conducido a la flecha de la bomba de lubricación.
- Aflojar y retirar los tornillos que fijan la bomba a la tapa de la caja de baleros lado cople, retirar la bomba no dejando caer el engrane conducido.
- Introducir aceite por la succión de la bomba y guiar su flecha manualmente para el verificado de que pueda bombear.
- Revisar el estado de la cuña y cuñero de la flecha de la bamba.

### **3.15.10.- Montaje de mangas de sellos de aceite.**

- Calentar los deflectores a 100 °C, aproximadamente cada uno y colocarlo en la flecha en ambos lados
- De llevar retenes de aceite (con el deflector de vapor integrado), colocar y apretar sus opresores para fijarlo a la flecha en ambos lados.

Montar el engrane motriz de la bomba principal de lubricación y apretar su opresor para fijarlo a la flecha (turbinas Terry).

### **3.15.11.- Armado del sistema de gobierno mecánico.**

Montar la barra deslizante (armada con su balero) del sistema de gobierno dentro de la flecha con el resorte y el yugo que sirve de plato guía. Entes de colocar y apretar la tuerca para darle tensión al resorte coloca los contrapesos dentro del plato de disparo de tal manera que queden fijos recargando en el resorte y haciendo presión en el extremo de la barra deslizante.

- Apretar la tuerca para darle tensión al resorte y mantener los contrapesos al resorte. Dar las vueltas a la tuerca que su anotaron durante el desarmado.
- Colocar tapa posterior del sistema de gobierno y colocar cuña de la caja de baleros de la tierra de la barra deslizante y apretar la tornillería.

### **3.15.12.- Armado de válvula de admisión y cierre rápido.**

- La válvula debe tener un recorrido máximo de 7/16” de carrera para dejar la válvula total mente cerrada.
  - Aflojar la contratuerca y turca del vástago y hacer que la válvula pegue con el asiento (que quede totalmente cerrada).
  - Despegar la válvula 7/16” y asegure con la tuerca y contratuerca.

- El vástago debe moverse libremente en todo momento a través del estopero.

### 3.15.13.-Montaje del gobernador hidráulico.

- Con la tapa superior de la caja de chumaceras lado gobierno fuera, ensamblar gobernador hidráulico a la flecha de la turbina, asegurando que los mamelones del cople queden bien apretados con su opresor y lleven su elemento flexible entre ello.
- Verificar que el rodete de la turbina gire libre y suavemente.
- Tapar la caja de chumaceras lado gobierno y apretar toda su tornillería.
- Conectar la línea de instrumento al regulador del gobernador hidráulico.
- Colocar y apretar las líneas de entrada y salida de agua de enfriamiento a las cajas de chumaceras (o enfriadores). Cuidar que las salidas lleguen hasta la copa colectora.
- Colocar y apretar las líneas de aceite de la bomba principal de lubricación.
- Conecte los niveles de aceite en ambas cajas de chumaceras, así como sus tapones.
- Llenar de aceite el carter y las caras de chumaceras en ambos lados de la turbina hasta su nivel óptico.
- Empaque válvulas de purga, entrada y salida de vapor, de agua de enfriamiento y de aceite de lubricación con empaque 6-AM para el vapor, chempac para el agua y aceite.

#### NOTA:

- El ingeniero mecánico genera la solicitud de trabajo al ingeniero de mantenimiento de instrumentos para revisar o reponer manómetros del aceite de lubricación, de entrada y salida de vapor.
- El ingeniero mecánico genera la solicitud de trabajo al ingeniero de mantenimiento de plantas para retirar juntas ciegas, embridar la entrada y salida de vapor de la turbina.
- Solicite al encargado de operación de la planta alinear el vapor de la turbina poco a poco y que purgue el condensado acumulado en las líneas.

### 3.15.14.- Ajuste de la velocidad de gobierno mecánico de la turbina.

- Al abrir la válvula de entrada de vapor a la turbina poco a poco hasta que la turbina alcance la velocidad de trabajo (puede ser de 1750 r.p.m. o 3550 r.p.m.) el gobernador debe mandar a cerrar y controlar la entrada de vapor

para mantener una velocidad constante y de ésta manera abrir toda la válvula de entrada de vapor. De no responder el gobernador mecánico o responder antes de llegar a la velocidad descrita hacer lo siguiente:

- Bloquear el vapor de entrada a la turbina y abrir las purgas hasta que el rodete deje de girar.
  - Aflojar tornillos de la tapa superior de la caja de chumaceras lado gobierno y retirarla.
  - Para hacer que el gobernador mecánico actúe a mayor velocidad hay que apretar la tuerca de los contrapesos (darle más brío al resorte) o si es necesario aflojar la tuerca del resorte de los contrapesos.
  - Colocar tapa de la caja de chumaceras y apreté los tornillos.
- Para obtener una velocidad máxima requerida de la turbina más o menos 10% encima o debajo de la velocidad nominal es necesario hacer lo siguiente con la turbina rodando y gobernando (con toda la válvula de bloqueo del vapor de entrada abierta).
- Aflojar (a veces trae un volante) y al mismo tiempo sostenga firmemente con un desarmador (a veces trae un volante fijo al vástago con un prisionero), el vástago que mueve la palanca o el sistema de varillaje que abre o cierra la válvula de admisión de vapor de la turbina.
  - Si apretamos el tornillo o vástago con el desarmador (o con el volante) se manda a cerrar la válvula de admisión de vapor y se disminuye la velocidad, y si aflojamos el vástago pasa lo contrario (se aumenta la velocidad).
  - Una vez alcanzada la velocidad requerida se prieta la contratuerca.
- Calibrar el disparo por sobre velocidad de la turbina debe ser un 15% mayor a su velocidad nominal (4025 r.p.m. para las turbinas que trabajan a 3500 r.p.m. y 2012 r.p.m. para las turbinas que trabajan a 1750 r.p.m.)
- Montar coplee al equipo con un indicador de caratula y dejarlo en valores no mayor de 0.002” en caras y 0.002” en lados.
- Coloque carrete de acoplamiento y proceder a acople el equipo utilizando tornillería uniforme. Fije el cubre cople con sus tornillos.
- Entregar el equipo a operación y firme la orden como trabajo terminado.

### **3.16.- Lavado del sistema de lubricación.**

Todas las unidades que emplean sistemas de lubricación por alimentación forzada deben lavar a fondo todo el sistema de lubricación antes de la operación. La importancia de este paso no puede ser subestimada. Todo tipo de suciedad, oxido, escoria de soldadura u otros contaminantes que se han introducido en el sistema de aceite durante el almacenamiento, transporte y/o fabricación en el lugar de trabajo deben ser removidos mediante una operación de lavado continuo,

o en casos extremos por decapado, neutralización y pulverización con un aceite de herrumbre.

Las tuberías de aceite suministrado por la compañía de Elliott se retiraron el ácido neutralizado y, a continuación, se empañó con aceite para proteger contra la formación de óxido. Los extremos abiertos están conectados antes de su envío. La tubería no suministrada por la compañía Elliott también debe limpiarse con ácido y neutralizados antes de que se conecten al sistema.

El lavado debe comenzar tan pronto como el sistema se arma y una bomba de aceite lubricante puede ser operado. El lavado debe continuar hasta que la inspección de los filtros indica que todos los contaminantes se han eliminado.

Si el sistema debe permanecer inactivo por un período de tiempo antes de la puesta en marcha, se debe lavar antes de la operación. Un método alternativo es hacer circular el aceite a través del sistema a intervalo regular durante el periodo de la inactividad y para lavar el sistema de limpieza, justo antes del comienzo programado.

Si se proporciona un acoplamiento lubricado continuamente, el tubo de suministro de aceite debe estar desconectado durante una descarga de aceite.

#### Precaución

Antes de la operación, asegúrese de reemplace el tubo de suministro de aceite de acoplamiento, dirigiéndolo para rociar en cada engrane.

Las instrucciones del fabricante de engranajes deben ser referidos a los detalles específicos. En general, se recomienda que la línea de puente temporal se instale para eludir los engranes durante la operación de lavado. Las cajas de engranajes, cubiertas de inspección y los enchufes deben abrirse sólo bajo la supervisión directa del representante de los fabricantes de engranes.

Instale en los espacios de las bridas de conexión para bloquear la tubería para los actuadores hidráulicos topworks un diafragma, válvulas de presión, reguladores de presión y dispositivos de control similares.

#### Precaución

Asegúrese de retirar los blank-offs y sustituir las secciones de tuberías o tubos retirados antes de poner en funcionamiento el equipo.



*Para limpiar el sistema, se recomienda el siguiente procedimiento.*

1. Inspeccionar completamente todas las zonas accesibles del sistema. Si se encuentra contaminación, se debe retirar antes de cargar con aceite de lavado.
2. Instalar los elementos de filtro de aceite limpio.
3. Quitar y limpiar las mitades superiores del eje giratorio y las dos mitades de la chumacera de empuje. Girar los revestimientos de la chumacera lisa parte inferior, dejando al descubierto los orificios de suministro de aceite. Retirar y etiquetar todos los orificios de aceite lubricante.
4. Antes de operar, alinee las bombas de aceite a sus conductores y lubricar los acoplamientos. Los viajes de exceso de velocidad deben comprobarse y ajustarse según sea necesario una bomba de turbina de la unidad antes de ser puesto en servicio.
5. Llenar el depósito de aceite al nivel de funcionamiento mínimo con un aceite de lavado adecuado para eliminar adecuadamente el sistema y mantener la succión de la bomba. Aunque los aceites de lavado especiales están disponibles y se recomiendan, un aceite lubricante estándar se puede utilizar para el lavado.

#### Precaución.

El aceite de lavado contiene solventes de petróleo tales como queroseno o no derivados del petróleo, tales como disolventes y tetracloruro de soluciones que contienen agua, compuestos cáusticos u otros materiales activos de carbono no deben ser utilizados para el lavado.

Para evitar la entrada de aire, las aberturas de ventilación de los filtros y enfriadores, la rejilla de ventilación en el punto más alto del sistema (si no en el filtro o en el intercambiador) y los orificios de ventilación en las líneas de detección de control deben ser abiertos y purgar el aire del sistema, mientras que bajo la presión. Cerrar las aberturas de ventilación cuando todo el aire se ha ventilado.

6. O bien iniciar la bomba principal o auxiliar de aceite lubricante y el aceite lubricante circulara. Si las bombas no se pueden utilizar, se deben proporcionar algún medio temporal para hacer circular el aceite de lavado.
7. Poco a poco calentar el aceite lubricante a 150 – 170 °F (no exceda los 180°F) mantener esta temperatura a través de la operación de lavado.

- a) Tome un rollo de tubo de cobre de tamaño adecuado y sumergir en el depósito de aceite. Pasar una cantidad controlada de vapor a través de las bobinas para mantener la temperatura de aceite deseado. Se debe tener cuidado para asegurarse de que algo no se escape.
- b) Inyecte vapor baja presión en el agua de refrigeración, el agua debe estar arriba antes de entrar en el refrigerador de aceite lubricante. Continuar la inyección de vapor que se requiere para mantener la temperatura de aceite deseado.

### Precaución

No inyecte vapor vivo directamente en el enfriador de aceite, consulte las especificaciones del intercambiador de calor para conocer los valores de presión y temperatura. No caliente el aceite lubricante por encima de 180°F.

8. Adjuntar los vibradores mecánicos para la tubería, en particular en las juntas y bridas, para desalojar cualquier escala u otros contaminantes que pueden adherirse al interior de la tubería. Si los vibradores no están disponibles, la tubería debe ser martillado periódicamente.
9. Lavar alternativamente a través de las válvulas de control y sus by passes. Abrir todas las válvulas principales y válvulas de aguja.
10. La experiencia ha demostrado que un gran porcentaje de la materia extraña se recoge en los filtros durante las primeras horas de lavado. Durante este tiempo, cada vez se observó un notable incremento en la caída de presión (5 PSID anteriormente inicial) a través de los filtros, los filtros se deben limpiar. Esto puede ocurrir con tanta frecuencia como 15 minutos por intervalo.
11. Tener en cuenta la lectura del manómetro y los indicadores visuales de caudal para cualquier indicación de restricción de flujo.
12. Ventilar periódicamente los enfriadores de aceite, filtros y filtros de aire atrapado. Levantar manualmente las válvulas de alivio para enjuagar las secciones de tuberías entre las válvulas de descarga y depósito de aceite.
13. Tener en cuenta las líneas de retorno de aceite para el buen flujo libre al depósito de aceite.
14. Continuar con la circulación hasta que no haya evidencia de contaminantes en los filtros.
15. Detener la circulación del aceite e instale el filtro, muselina o gasa almohadillas (40 micras o meno) con soporte de malla de acero inoxidable fina en el lado de aguas por debajo, en las bridas de suministro de aceite de las chumaceras adyacentes a la caja de chumaceras.

16. Restablecer la circulación del aceite lubricante.
17. Revise las almohadillas de los filtros instalados en el paso 15 en intervalos de una hora.
18. El sistema puede considerarse limpio si en la inspección de los filtros se muestran evidencias de contaminantes en tres chequeos por hora consecutiva.
19. Blanked-off partes del sistema a continuación, deben lavarse después de eliminar los espacios libres.
20. Durante se completa la limpieza, calefacción segura y continuar circulando el aceite hasta que la temperatura es de aproximadamente 120°F en la salida del refrigerador. Cuando se alcanza esta temperatura, eliminar el aceite de lavado del sistema. Las líneas de aceite abiertos en los puntos más bajos, permiten que el aceite se drene y tirar el aceite del cárter.

Después de obtener la limpieza del sistema satisfactoriamente.

1. Eliminar todos los filtros temporales, almohadillas y respaldo de las ventanas del sistema.
2. Remover todos los restos y contaminantes depositados en el aceite de lavado por la operación de descarga de la caja de chumaceras, filtros y los puntos del sistema. Instalar nuevos elementos de filtro.
3. Quitar la tapa del depósito de aceite y limpiar el depósito libre de pelusa usando trapos de limpieza. Vuelva a colocar la tapa y llenar de inmediato el depósito con aceite limpio.
4. Retirar y limpie la mitad inferior de la chumacera de empuje y los retenes.
5. Reemplazar todos los orificios en las ubicaciones correctas.
6. Sustituir las chumaceras lisas y de empuje, que constituye las articulaciones de la carcasa de chumacera con un sellador resistente al aceite.
7. Las bombas de aceite principal y auxiliar. Operar la bomba a mano, purgar todos los ductos del sistema de aire atrapado. Comprobar si hay fugas de aceite en todos los accesorios y conexiones. Operar la bomba de aceite auxiliar y repetir la ventilación de aire.
8. Después de evacuar, comprobar si hay fugas, ajustar y revisar todas las válvulas de control de presión, controles y dispositivos de seguridad para su correcto funcionamiento antes de la puesta en marcha inicial.

# Capítulo IV.

## Resultados

### Posibles Causas Y Acciones Correctivas De Problemas En Compresor.

Gracias a datos de diseño y las experiencias obtenidas por personal de mantenimiento la tabla es útil para solucionar problemas dado sea el caso, estos problemas son los más frecuentados, por lo que es necesario hacer revisión de la tabla al igual que la información del capítulo 3(procedimiento).

#### 4.1.-Baja presión de aceite lubricante.

BAJA PRESIÓN DE ACEITE LUBRICANTE	
POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
Lubricación defectuosa por manómetro de presión de aceite o un conmutador. Manómetro descalibrado	Calibrar o remplazar.
Bajo nivel en el depósito de aceite. Incluir el tanque elevado de aceite de lubricación.	Añadir el aceite que lleva el depósito hasta el nivel adecuado.
Succión de la bomba de aceite obstruido. Pichanchas de bombas de aceites obstruidas o sucias.	Cerrar, vaciar el depósito de aceite lubricante. Inspeccionar y limpiar la bomba de succión.
Fugas de aceites en la tubería de succión de la bomba.	Reapriete las conexiones con fugas y/o sustituya las juntas.
Obstrucciones en el colador de aceite (filtro). Ensuciamiento de los filtros de aceite.	Inspeccionar y limpiar o reemplazar los cartuchos de filtros de aceite o filtros.
Falla de las bombas de aceite, principal y auxiliar.	Comprobar el funcionamiento y estado de las bombas de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Verificar estado de los equipos

	motrices: turbina y motor. Revisar gobernador electrónico y arrancador.
Operación a velocidad baja sin funcionamiento de la bomba auxiliar de aceite (si la bomba principal de aceite el controlada por el eje).	Aumentar la velocidad o hacer funcionar la bomba de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
Válvula de seguridad colocada inadecuadamente o ha quedado pegada en posición abierta.	Revisar la válvula de alivio para el ajuste correcto y/o para un funcionamiento correcto.
Incorrecto ajuste de la Válvula de presión u operación.	Revisar la Válvula de control para el ajuste y la operación correcta.
Orificios de restricción de lubricación de chumaceras tapados o atascados.	Verifique que los orificios de aceite lubricante están instalados y no están obstruido. (Consulte el diagrama esquemático del sistema de lubricación para las ubicaciones de los orificios).

## 4.2.-Temperatura excesiva del aceite en el dren de chumaceras y/o desgaste de chumaceras.

TEMPERATURA EXCESIVA DEL ACEITE EN EL DREN DE CHUMACERAS Y/O DESGASTE DE CHUMACERAS.	
POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
Inadecuado o flujo de aceite restringido a las chumaceras.	Revise el indicador de presión de aceite. Si la presión está por debajo de diseño, consulte “baja presión de aceite lubricante” en la columna “problemas”. Si la respuesta es satisfactoria, compruebe si hay restricciones en el flujo de aceite lubricante a las chumaceras afectadas; el orificio, filtro de aceite lubricante, o la conexión del filtro. Verifique los indicadores visuales de caudal (si lo hay) para el buen flujo de retorno de aceite al depósito.
Malas condiciones de aceites lubricantes o depósitos de suciedad o de goma.	Evitar las emulsiones de aceites, mediante el aumento de la frecuencia en cambios de aceite hasta que las condiciones se despejen. Inspeccionar y limpiar el tamiz de aceite lubricante o filtrar con mayor frecuencia. Inspeccionar y limpiar las chumaceras. Sangrar y reponer aceite nuevo al cárter principal.
Flujo inadecuado de agua de enfriamiento a través del enfriador de aceite lubricante.	Aumentar el flujo de agua de enfriamiento a través del enfriador de aceite lubricante. Comprobar si la temperatura del agua de enfriamiento se encuentra por encima del diseño.
Falla del enfriador de aceite lubricante.	Revisar y limpiar el enfriador de aceite lubricante.

Limpieza de chumaceras.	Revise chumaceras radiales y si es requerido replácelo. Determine y corrija la causa de falla prioritaria para la operación.
Viscosidad de aceite inadecuada.	Utilizar aceite de grado Especificado por el fabricante de la máquina. Con los requisitos que deben cumplir el aceite lubricante.
Vibración	Ver "vibración excesiva" en la columna de "problema"

### 4.3.-Vibración excesiva.

VIBRACIÓN EXCESIVA	
POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
Agua en aceite lubricante.	Ver “agua en el aceite lubricante en la columna de “problema”.
Rugosidad en zona de sensores	Reparar rotor.
Partes incorrectamente ensambladas.	Escuchar los ruidos de rozamiento, en particular en los sellos. Localizar la fuente de ruidos, desmontar, inspeccionar y reparar. Si se realiza reparaciones en el rotor, el rotor debe ser balanceado antes de la operación.
Tornillos flojos o rotos.	Revisar el apriete de la tornillería en general. Ajuste o remplace en caso de ser necesario.
Vibración progresiva.	La maquinaria adyacente puede causar vibraciones incluso cuando la unidad está apagada, o en ciertas velocidades debido a la fundación o la resonancia de tuberías. Se requiere una investigación detallada con el fin de tomar las medidas correctivas.
Desalineación de eje.	Comprobar la alineación de los ejes a temperatura de operación. Corregir cualquier desalineación.
Acoplamiento seco.	Inspeccionar y lubricar el acoplamiento de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
Acoplamiento gastado o dañado.	Sustituir el acoplamiento. Estar seguro de que el acoplamiento se mantiene bien lubricado de acuerdo a las especificaciones del fabricante.



<p>Eje deformado debido a un calentamiento desigual o enfriamiento.</p>	<p>Girar el rotor a baja velocidad (500 a 1000 rpm) hasta que la vibración se disminuya gradualmente, aumente la velocidad de operación. Si la vibración se produce a mayor velocidad en este punto por un tiempo, a continuación, aumentar la velocidad de nuevo. Si la vibración continua, parar la unidad, determinar y corregir la causa.</p>
<p>Operando a velocidades críticas de turbina y compresor</p>	<p>La máquina debe ser operada a velocidades rápidas para evitar la primer velocidad critica (6 200 rpm) a modo que la maquina deje de estar en ese rango, y la segunda velocidad critica (14 200) la maquina cuenta con un sistema de disparo, que es una escala de velocidad inferior a la segunda critica por lo cual es poco probable que se presente.</p>
<p>Acumulación desigual de los depósitos en las ruedas del rotor, causando desequilibrio.</p>	<p>Desmontar e inspeccionar el rotor. Limpieza mecánica de las máquinas.</p>
<p>Desbalance del rotor o eje deformado debido a rozamiento cebero.</p>	<p>Desmante, inspeccione para identificar señales de rozamiento en partes dinámicas y/o estáticas. Balanceo dinámico del rotor afectado.</p>
<p>Rotor dañado.</p>	<p>Desmante e inspeccione el rotor. Si está dañado, remplace o repare y balancee nuevamente el rotor.</p>
<p>Claro excesivo de chumacera.</p>	<p>Revise la holgura en las cumaceras. Revise la rugosidad o desigualdad de cara y otras evidencias de golpes. Si la holgura es excesiva, remplace la chumacera.</p>

#### 4.4.-Launida no queda alineada.

LA UNIDAD NO QUEDA ALINEADA.	
POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
Líquidos notables pegados en las ruedas o alabes.	Localice y remueva la fuente de líquidos. Drene la carcasa de cualquier líquido acumulado.
Rueda suelta (s).	Desmonte la unidad. Reemplace la rueda suelta (s) y si es requerido el también el eje.
Tensión de tubos.	Las tuberías de entrada y descarga del compresor y la tubería de gas de la turbina deben haber sido instaladas de tal manera como lo muestra el dibujo de límites de tuberías. Revise la correcta instalación de soportes de tuberías, muelles y juntas de dilatación. Inspeccionar la disposición de las tuberías (corrosión, picaduras, dobladuras, etc.) y corregir si es necesario.
Fundamento deformado o bancada.	Comprobar si hay posibles asentamientos del apoyo de los fundamentos. Equilibrio correcto según sea necesario.  Revise las temperaturas que rodean el fundamento produciendo distorsión. <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar si hay vapor de agua u otra tubería está cerca, aislar o cambiar la ubicación de la tubería.</li><li>2. Si la instalación está por encima de la instalación principal revise y corrija la desigualdad de calentamientos de los pisos inferiores.</li></ol>

#### 4.5.-Agua en el aceite.

AGUA EN EL ACEITE.	
POSIBLE CAUSA	ACCION CORRECTIVA
Fugas en los tubos del enfriador de aceite.	<p>Probar hidrostáticamente el enfriador y repare según sea necesario. Consulte las instrucciones del fabricante para presiones de prueba y procedimientos.</p> <p>Reemplace las varillas protector de zinc (si están instaladas) con más frecuencias si las fugas se deben a la acción electrolítica del agua de enfriamiento.</p>
Condensación en el depósito de aceite.	<p>Durante la operación, mantener el depósito de aceite lubricante a temperatura mínima de <b>120°F</b> para permitir la separación de agua arrastrada. Para evitar la evaporación excesiva de aceite, no exceda la temperatura del recipiente de <b>150°F</b>.</p> <p>Cuando se apague el equipo, es necesario detener el flujo de agua de refrigeración para el intercambiador de calor o radiador de aceite cuando las temperaturas de cambio de aceite en las chumaceras es igual a la temperatura de salida del enfriador de aceite lubricante.</p>

#### 4.6.-Perdida de presión en la descarga del compresor.

PERDIDA DE PRESIÓN EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR.	
POSIBLE CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
El compresor no aumenta la velocidad.	Aumentar a la velocidad de funcionamiento requerido.
Temperatura excesiva a la entrada del compresor.	Investigar y corregir la causa de la temperatura excesiva.
Fugas en la tubería de descarga.	Inspeccione la tubería de descarga, verificando que no exista escape de gas. Si existe una fuga, apague el compresor y repare.
Demanda excesiva en el sistema por el compresor.	Reducir la demanda hasta que se restablezca la presión de descarga del compresor a la normalidad.

# CAPITULO V.

## Conclusiones

Gracias a la creación del manual para el turbo compresor centrífugo 106-J ubicado en la planta reductora de viscosidad en el sector uno de la refinería Miguel Hidalgo, se pueden cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Uno de ellos es la reducción de tiempo, lo cual al tener datos de diseño, cuadro de posibles fallos y recomendaciones dadas por el personal de mantenimiento, el equipo dilata menos en reparación, de la misma forma que la reducción de costos, esto se debe a que el equipo sale y entra en operación. De este modo se pueden llevar los gases a catalítica uno ubicada en el sector dos de la misma refinería.

## Recomendaciones

Se recomienda que el equipo cuente con un sistema de monitoreo constante ya que es catalogado como clase A (de máxima importancia). Que se presente un sistema de mantenimiento preventivo al igual que predictivo para que las fallas sean menos o de menor importancia, se reducen más costos, al igual que el tiempo fuera de operación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonio Lecuona Newman y Jose Ignacio Nogueira Goriba, **“Turbomáquinas: Procesos, análisis y tecnología”**, Ariel Ciencia y Tecnología, 1° Edición, 2000.

API Standar 617, **“Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors for petroleum, Chemical and Gas Industry Services”**, American Petroleum Institute, 7° Edición, 1997.

Bibiana del C. Hernández, **“acoplamientos”**, 2009.

Claudio Mataix, **“Turbomáquinas Térmicas”**, Inversiones Editoriales, 3° Edición, 1978.

CSI (2015). Compresores para su aplicacion. Recuperado de: [www.compressor-systems.com](http://www.compressor-systems.com). “Compressor Systems Inc.”

Elliot Turbomachinery, **“Elliot Multistage compressors”**, Bulletin P-25A, 1975.

Elliot (s.f) Turbomachinery. Recuperado de: <http://www.elliott-turbo.com/>

Forsthoffer, William E., **“Fordthoffer’s Rotating Equipment Handbooks: Compressors”**, Elsevier Science & Technology Books, vol.3, 2005.

Inacap (s.f). Acoplamientos Mecánicos Recuperado de: [http://www.emagister.com/uploads\\_courses/Comunidad\\_Emagister\\_44744\\_44743.pdf](http://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_44744_44743.pdf).

Kata. (15 de noviembre del 2011). Historia del compresor. Recuperado de: <http://katy12373.blogspot.mx/2011/11/aphaness.html>

León Sapiro, **“centrifugal Gas Compresor Basic Aero-thermodynamic concepts for Selection and Performance Evaluation”**, CATERPILLER Solar Turbines, 1980.

Lineamiento de sellos mecánicos **“lineamiento técnico para la selección, instalación, operación y mantenimiento de sellos mecánicos en las instalaciones de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios”** petróleos mexicanos, 1° Edición, 2008.

Mailxmail. (2015). Sellos secos en turbinas de vapor. Recuperado de: <http://www.mailxmail.com/curso-turbinas-vapor-sellos-carbon/sello-seco-turbina-vapor-sellos-secos>.

Mavainsa. (s.f). Bombas. Recuperado de:  
[http://www.mavainsa.com/documentos/8\\_turbinas\\_de\\_vapor.pdf](http://www.mavainsa.com/documentos/8_turbinas_de_vapor.pdf)  
turbinas de vapor.

Pedro Fernández Díez, "**Compresores**", Biblioteca sobre Ingeniería Energética, 2009.

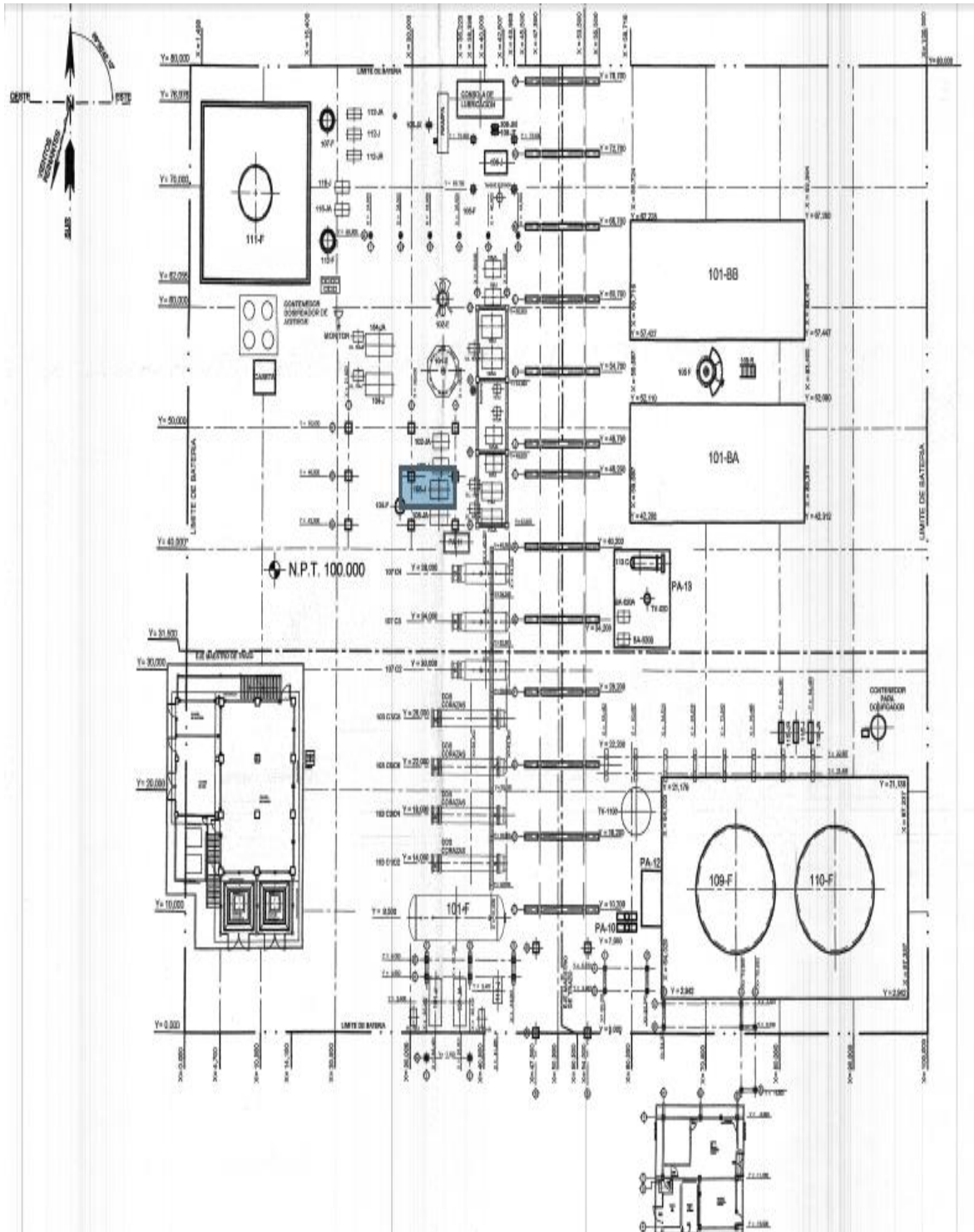
Royce N. Brown, "**compressors, Selection and Sizing**", Butterworth-Heinemann, 2º Edición, 1997.

Xtec (s.f). Turbinas de vapor. Recuperado de:  
<http://www.xtec.cat/~cgarci38/ceta/tecnologia/turbinas.htm> clasificación de turbinas de vapor.

303-42615-IT-005, "Mantenimiento preventivo a compresores centrífugos de aire, 2 revisión, PEMEX.


# ANEXOS

## Anexo I. Plano de la planta reductora de viscosidad señalando la posición del turbo compresor 106-J.





**Anexo II. Listado de verificaciones antes de meter a operación el equipo (check list).**

 <p><b>PEMEX</b> REFINACIÓN SUBDIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"</p>	<p><b>CHECK LIST</b> <b>Registro 3</b></p>	<p>No. DOCUMENTO: 303-42113-IT-014 EMISIÓN: 02-02-2015 REVISIÓN: 4 ÁREA EMISORA: Pta. Reductora de Viscosidad HOJA 1 DE 1</p>
--	--	---

**CHECK LIST PARA PONER EN OPERACIÓN EL COMPRESOR 106-J**

FECHA: \_\_\_\_\_

PASO No.	ACTIVIDAD	SI	NO
I.- DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO	1.- VERIFICAR QUE NO EXISTAN J/C, NI ESPARRAGOS FLOJOS EN:		
	a).- Entrada y Salida de vapor a turbina del compresor y sistema de lubricación		
	b).- Líneas de succión y descarga del compresor, marranas y sistema del eyector		
	c).- Línea de gas boofer		
	d).- Conexiones al desfogue		
	e).- Sistema de lubricación		
	f).- Tanque de succión del compresor		
II.- SISTEMA DE LUBRICACIÓN	2.- VERIFICAR DISPONIBILIDAD DE TODA LA INSTRUMENTACIÓN		
	3.- VERIFICAR QUE EL NIVEL DE ACEITE EN EL CARTER SEA DE 80% MIN		
	1.- ALINEAR LA SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS 106JT Y JM		
	2.- ALINEAR SAE/RAE A ENFRIADOR SIST. LUB. Y SISTEMA DE VACIO		
	3.- ALINEAR UNO DE LOS ENFRIADORES Y FILTRO DEL SIST. DE LUB.		
	4.- ALINEAR LAS 3 VALVULAS AUTOMATICAS Y PI's DE ELLAS, CERRAR EL RETORNO MANUAL AL CARTER (LOCALIZADO A UN COSTADO DE PSV's)		
	5.- PONER EN OPERACION TURBINA 106-JT A PRESION DE 8 A 10 Kg/Cm <sup>2</sup> .		
III.- PREPARACIÓN DEL COMPRESOR	6.- VERIFICAR PRESION DE ACEITE A CHUMACERAS SEA 1.1 A 1.5 Kg/Cm <sup>2</sup> .		
	7.- VERIFICAR PRESION DIFERENCIAL A SELLOS SEA DE 2.5 A 3.5 Kg/Cm <sup>2</sup> .		
	1.- VERIFICAR ESTE ALINEADA PCV-311 AL DESFOGUE.		
	2.- VERIFICAR QUE ESTE ALINEADA LA SUCCION Y PURGAR LIQUIDOS DE LA SUCCION, PANZA DEL COMPRESOR Y DEMÁS PUNTOS.		
	3.- ALINEAR AL DESFOGUE LINEA DE GAS BOOFER, PURGA DE 106-F Y PANZA DEL COMPRESOR.		
	4.- PURGAR VAPOR DE MEDIA Y BAJA DE LA TURBINA.		
IV.- PUESTA EN OPERACIÓN DEL COMPRESOR	5.- PONER A OPERAR EL EYECTOR.		
	6.- ALINEAR EL SEPARADOR DE ACEITE DE ALTA PRESION (marranas)		
	1.- PONER A RODAR LA TURBINA A 2500 RPM.		
	2.- SUBIR VELOCIDAD A LA TURBINA A 4000 RPM.		
	3.- ABRIR TODO EL VAPOR A LA TURBINA HASTA ALCANZAR UNA VELOCIDAD DE 8200 A 8600 RPM.		
4.- CONTROLAR EL GOBIERNO DEL COMPRESOR CON PIC-305 HASTA ALCANZAR LA VELOCIDAD DE 9635 RPM.			
5.- ACTIVAR LAS PROTECCIONES POR SOBRE VELOCIDAD, VIBRACION RADIAL Y DESPLAZAMIENTO AXIAL, DESDE EL TABLERO DE CAMPO			

\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR "A"

\_\_\_\_\_  
OP. ESPTA RED.

\_\_\_\_\_  
OP. 2da. RED. FRAC.

## Anexo III. Monitoreo de condiciones del turbo compresor 106-J.



**REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"**  
SUPTCIA. DE PROGRAMACIÓN Y SUPERVISIÓN  
MONITOREO DE CONDICIONES DEL TURBOSOPLADOR 106-J



**TURBOCOMPRESOR 106-J**

MOD. Y No. SERIE DE COMPRESOR	25A5-4	N-2043		
MOD. Y No. SERIE DE TURBINA	S2HPG4-1	N-3714		
SENTIDO DE ROTACIÓN / POTENCIA	C.W.	397 H.P.		
VEL. NORMAL DE OPERACIÓN / VEL. CRÍTICAS	9695 R.P.M.	8100/9000 R.P.M.		
VEL. MÁX. CONT. / VEL. DISPARO MEC. POR SOBREVUEL.	10447 R.P.M.	11270 R.P.M.		
CAPACIDAD DE DISEÑO / NORMAL	2074 C.F.M.	1725 C.F.M.		
PRESIÓN DE SUCCIÓN / DESCARGA (DISEÑO)	1.6 KG/CM2	5.4 KG/CM2		
RELACIÓN DE COMPRESIÓN / PESO MOLECULAR GAS	3.37	38.86		
		FECHA		
		HORA		
		DISEÑO		
No.	DESCRIPCIÓN	INSTRUM.	UNIDAD	
1	VELOCIDAD PROMEDIO	SIC-106	9695 RPM	
2	FLUJO DE VAPOUR A LA TURBINA	FT-106	KG/HR	
3	PRESIÓN DE VAPOUR A LA ENTRADA DE LA TURBINA	PT-1	17.5 KG/CM2	
4	TEMPERATURA DE VAPOUR ENTRADA A LA TURBINA	TT-1	300 °C	
5	APERTURA DE VÁLVULA DE GOBIERNO	SV-106J	%	
6	PRESIÓN DE VAPOUR A LA SALIDA DE LA TURBINA	PT-3	3.5 KG/CM2	
7	PRESIÓN DEL SEPARADOR DE SUCCIÓN	PIC-305 X	1.6 KG/CM2	
8	NIVEL DEL SEPARADOR DE SUCCIÓN	LT-353 A/B	≤ 10 %	
9	PRESIÓN DE GAS A DESFOQUE	PIC-311	1.8 KG/CM2	
10	PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR	PT-305	1.6 KG/CM2	
11	TEMPERATURA DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR	TT-333	40.5 °C	
12	PRESIÓN DE DESCARGA DEL COMPRESOR	PT-386	5.5 KG/CM2	
13	TEMPERATURA DE DESCARGA DEL COMPRESOR	TT-334	115 °C	
14	FLUJO MÁSCICO A LA DESCARGA		8528.44 KG/H	
15	FLUJO DE GAS A LA DESCARGA	FT-308	48.93 M3/MIN	
16	RECIRCULACIÓN DE GAS A VÁLVULA ANTISURGE	FT-345	KG/HR	
17	GAS A PLANTA CATALÍTICA No. 1	FT-319	KG/HR	
18	PRESIÓN DEL CABEZAL DE ACEITE	PIC-31	6.6 KG/CM2	
19	PRESIÓN DE ACEITE DE LUBRICACIÓN A CHUMACERAS	PIC-29 / PT-52	1.95 - 1.26 KG/CM2	
20	PRESIÓN DIFERENCIAL DE ACEITE DE SELLOS	PDIC-30 / PDT-54	2.5 - 3.5 KG/CM2	
21	NIVEL DEL TANQUE DE ACEITE ELEVADO	LT-A/B	≥ 90 %	
22	NIVEL DEL DEPÓSITO PRINCIPAL DE ACEITE	LT-34	≥ 90 %	
23	TEMPERATURA DEL DEPÓSITO DE ACEITE	TI	55 - 60 °C	
24	DESCARGA DE LA BOMBA DE ACEITE	PT-42	10.5 KG/CM2	
25	TEMPERATURA DE ACEITE ANTES DE ENFRIADORES	TT-36	55 - 60 °C	
26	PRESIÓN DIFERENCIAL EN FILTROS DE ACEITE	PDT-10F	.35 - .5 KG/CM2	
27	TEMPERATURA DE ACEITE DESPUÉS DE ENFRIADORES	TT-41	46 - 52 °C	
28	TEMP. DE CHUM. AXIAL ACTIVA DE TURBINA	RTD-1	≤ 95 °C	
29	TEMP. DE CHUM. AXIAL INACTIVA DE TURBINA	RTD-2	≤ 95 °C	
30	TEMP. CHUM. RADIAL L.L. TURBINA	RTD-3	≤ 95 °C	
31	DESPLAZAMIENTO AXIAL TURBINA	D1 / D2	≤ 15 MILS	
32	VIBRACIÓN RADIAL L.L. TURBINA	V3 / V4	≤ 3 MILS	
33	TEMP. DE CHUM. RADIAL L.L. TURBINA	RTD-4 / 5	≤ 95 °C	
34	VIBRACIÓN RADIAL L.C. TURBINA	V5 / V6	≤ 3 MILS	
35	TEMP. DE CHUM. RADIAL L.C. TURBINA	RTD-6 / 7	≤ 95 °C	
36	TEMP. DE CHUM. RADIAL L.C. COMPRESOR	RTD-8 / 9	≤ 95 °C	
37	VIBRACIÓN RADIAL L.C. COMPRESOR	V7 / V8	≤ 3 MILS	
38	TEMP. DE CHUM. RADIAL L.L. COMPRESOR	RTD-10 / 11	≤ 95 °C	
39	VIBRACIÓN RADIAL L.L. COMPRESOR	V9 / V10	≤ 3 MILS	
40	DESPLAZAMIENTO AXIAL COMPRESOR	D11 / D12	≤ 15 MILS	
41	TEMP. CHUM. RADIAL L.L. COMPRESOR	RTD-14	≤ 95 °C	
42	TEMP. DE CHUM. AXIAL ACTIVA DE COMPRESOR	RTD-12	≤ 95 °C	
43	TEMP. DE CHUM. AXIAL INACTIVA DE COMPRESOR	RTD-13	≤ 95 °C	
44	DESVIACIÓN			
45	FLUJO NORMAL (Qn)			

**OBSERVACIONES:**

---



---




---

ING. ESPTA. MEC.: \_\_\_\_\_

REALIZÓ LEVANTAMIENTO: \_\_\_\_\_

## Anexo IV. Permiso de trabajo, auditoria de seguridad y protección ambiental

 <b>PEMEX</b> <small>TRANSFORMACION INDUSTRIAL</small>	<b>AUDITORIA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN AMBIENTAL</b> <b>PERMISO DE TRABAJO</b>		<b>FOLIO ORDEN:</b> <b>OPERACIÓN:</b> <b>SUB-OPERACIÓN:</b> <b>FECHA:</b> .05.16	
	<b>PLANTA O ÁREA:</b>		<b>LUGAR DE TRABAJO:</b>	
<b>SOLICITA EL TRABAJO:</b> JOSÉ A. T. REYES		<b>DEPENDENCIA:</b> 0303 REFINERÍA TULA, HGO.		<b>MECÁNICO</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO</b>				
EN ESPACIO CONFINADO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ; FUEGO ABIERTO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ; EQUIPO ELÉCTRICO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ; ALTURA <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				
<b>PRODUCTO:</b>		<b>PRESIÓN (KG/CM2):</b>		<b>TEMPERATURA (°C):</b>
<b>VOLTAJE:</b>				
<b>DESCRIPCIÓN:</b>				
<b>ANTECEDENTES / JUSTIFICACION:</b>				
<b>RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO SE REQUIERE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></b>				
<b>SE PROGRAMA INICIAR EL TRABAJO:</b>		<b>FECHA:</b> .05.16		<b>HORA:</b> :00
<b>Y TERMINAR:</b>		<b>FECHA:</b> .05.16		<b>HORA:</b> :00
<b>REQUISITOS A VERIFICAR OBLIGATORIAMENTE ANTES DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO</b>				
<b>SOLICITADO</b>		<b>VERIFICADO</b>		<b>SOLICITADO</b>
<b>RESPONSABLE OPERATIVO</b>		<b>RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN</b>		<b>VERIFICADO</b>
<input type="checkbox"/> EQUIPO FUERA DE SERVICIO		<input type="checkbox"/> EQUIPO DESENERGIZADO		<input type="checkbox"/> LONAS PARA CHISPAS
<input type="checkbox"/> BLOQUEADO CON VÁLVULAS		<input type="checkbox"/> LIBRANZA ELÉCTRICA		<input type="checkbox"/> DRENAJES TAPADOS
<input type="checkbox"/> VACIADO Y PURGADO		<input type="checkbox"/> INTERRUPTORES ABIERTOS		<input type="checkbox"/> VENTILACIÓN MECÁNICA
<input type="checkbox"/> DEPRESIONADO		<input type="checkbox"/> INTERRUPTORES RETIRADOS		<input type="checkbox"/> ÁREA ACORDONADA, AVISOS, BARRERAS
<input type="checkbox"/> VAPORIZADO		<input type="checkbox"/> EQUIPO ELÉCTRICO CON CANDADO Y ETIQUETA		<input type="checkbox"/> CAPUCHA, GOGGLES, CARETA
<input type="checkbox"/> VÁLVULAS CON ETIQUETAS		<input type="checkbox"/> EQUIPO ELÉCTRICO A TIERRA		<input type="checkbox"/> GUANTES: ALUMINIZADOS O CONTRA ÁCIDOS
<input type="checkbox"/> HUMEDECIDO		<input type="checkbox"/> ILUMINACIÓN A PRUEBA DE EXPLOSIÓN		<input type="checkbox"/> EQUIPO: ALUMINIZADO O VS. ÁCIDOS CLASE
<input type="checkbox"/> INERTIZADO		<b>RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN</b>		<input type="checkbox"/> BOTAS DE HULE
<input type="checkbox"/> CON JUNTAS CIEGAS		<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. PLATAFORMAS		<input type="checkbox"/> PROTECCIÓN AUDITIVA
<input type="checkbox"/> MECANISMO DE VÁLVULA CON CANDADO Y ETIQUETA		<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. ANDAMIOS, GUINDOLAS ESCALERA		<input type="checkbox"/> RESPIRADOR CONTRA POLVO
<input type="checkbox"/> LAVADO		<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. EQUIPO DE COMBUSTIÓN INTERNA		<input type="checkbox"/> MÁSCARA CON LÍNEA DE AIRE
<input type="checkbox"/> NEUTRALIZADO		<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. EQUIPO DE INTERCOMUNICACIÓN		<input type="checkbox"/> MÁSCARA DE AIRE AUTOCONTENIDO
<input type="checkbox"/> PRESIONADO Y CON FLUJO		<input type="checkbox"/> EN BUEN EDO. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS		<input type="checkbox"/> ARNÉS DE SEGURIDAD
<input type="checkbox"/> REGISTROS ABIERTOS		<input type="checkbox"/> PERSONAL CAPACIDAD		<input type="checkbox"/> CABLE DE VIDA
<input type="checkbox"/> PURGAS, VENTEOS ABIERTOS		<b>RESPONSABLE DE SEGURIDAD</b>		<input type="checkbox"/> CABLE DE SUJECCIÓN
<input type="checkbox"/> SUSPENDER OTRO TRABAJO		<input type="checkbox"/> EXTINGUIDORES EN EL SITIO		<input type="checkbox"/> EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS
<input type="checkbox"/> PROHIBIR PURGAS DE PRODUCTOS		<input type="checkbox"/> MANGUERAS C.I. PRESIONADAS		<input type="checkbox"/> EQUIPOS DE RESCATE
<input type="checkbox"/> ÁREA LIMPIA DE RESIDUOS		<input type="checkbox"/> PERSONALE DE C.I. EQUIPADO		<input type="checkbox"/> PRUEBAS DE GAS INTERNA
				<input type="checkbox"/> PRUEBAS DE GAS EXTERNA
				<input type="checkbox"/> AUSENCIA DE FUGAS DE HC. CERCANAS
<b>PROCEDIMIENTOS APLICABLES DE OPERACION DE MANTENIMIENTO:</b> OTROS: AST				
<b>INDICACIONES PRUEBAS O REQUISITOS ADICIONALES (ESPECIFICAR):</b> E.P.P. COMPLETO				
<b>ANÁLISIS Y AUTORIZACIÓN PARA EL INICIO DEL TRABAJO</b>				
<b>ANALIZAN Y AUTORIZAN</b>		<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>
RESP. DE SEGURIDAD				
RESP. DE LA EJECUCIÓN		JOSÉ A. T. REYES		.04.16
RESP. OPERATIVO				
<b>VIGENCIA DEL PERMISO</b>		<b>DESDE FECHA:</b>		<b>HASTA FECHA:</b>
<b>PRUEBAS DE EXPLOSIVIDAD, TOXICIDAD, ESPESOR, ELÉCTRICAS, ETC.</b>				
<b>PRUEBA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>REALIZÓ LA PRUEBA (NOMBRE Y FIRMA)</b>
<b>VERIFICAN EN CAMPO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS</b>				
<b>POR OPERACIÓN (NOMBRE Y FIRMA)</b>		<b>POR EL EJECUTOR (NOMBRE Y FIRMA)</b>		<b>POR SEGURIDAD (NOMBRE Y FIRMA)</b>
<b>EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO</b>				
<b>NOMBRE</b>		<b>FIRMA</b>		<b>NOMBRE</b>
<b>TERMINACIÓN DEL TRABAJO</b>				
<b>RESPONSABLE</b>		<b>NOMBRE</b>		<b>FECHA</b>
ENTREGA EJECUTOR				
RECIBE RESPONSABLE				
<b>OBSERVACIONES:</b>				

\*ESTE PERMISO QUEDA INVALIDADO SI CAMBIAN LAS CONDICIONES EN LAS QUE FUE AUTORIZADO\*

FOLO ORDEN

**PRIMERA REEVALUACIÓN**

RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO SE REQUIERE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		NOMBRE		FIRMA	
<b>REEVALUACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO</b>					
ANALIZAN Y AUTORIZAN	NOMBRE			FECHA	HORA
RESP. DE SEGURIDAD					
RESP. DE LA EJECUCIÓN					
RESP. OPERATIVO					
VIGENCIA DEL PERMISO	DESDE FECHA:	HORA:	HASTA FECHA:	HORA:	
<b>PRUEBAS DE EXPLOSIVIDAD, TOXICIDAD, ESPESOR, ELÉCTRICAS, ETC.</b>					
PRUEBA	RESULTADO	FECHA	HORA	REALIZÓ LA PRUEBA (NOMBRE Y FIRMA)	
<b>VERIFICAN EN CAMPO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS</b>					
POR OPERACIÓN (NOMBRE Y FIRMA)		POR EL EJECUTOR (NOMBRE Y FIRMA)		POR SEGURIDAD (NOMBRE Y FIRMA)	
<b>EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO</b>					
NOMBRE		FIRMA		NOMBRE	

**SEGUNDA REEVALUACIÓN**

RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO SE REQUIERE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		NOMBRE		FIRMA	
<b>REEVALUACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO</b>					
ANALIZAN Y AUTORIZAN	NOMBRE			FECHA	HORA
RESP. DE SEGURIDAD					
RESP. DE LA EJECUCIÓN					
RESP. OPERATIVO					
VIGENCIA DEL PERMISO	DESDE FECHA:	HORA:	HASTA FECHA:	HORA:	
<b>PRUEBAS DE EXPLOSIVIDAD, TOXICIDAD, ESPESOR, ELÉCTRICAS, ETC.</b>					
PRUEBA	RESULTADO	FECHA	HORA	REALIZÓ LA PRUEBA (NOMBRE Y FIRMA)	
<b>VERIFICAN EN CAMPO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS</b>					
POR OPERACIÓN (NOMBRE Y FIRMA)		POR EL EJECUTOR (NOMBRE Y FIRMA)		POR SEGURIDAD (NOMBRE Y FIRMA)	
<b>EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO</b>					
NOMBRE		FIRMA		NOMBRE	

**INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO Y APLICACIÓN DEL "PERMISO DE TRABAJO"**

- CADA "PERMISO DE TRABAJO" CONTARÁ CON UN NÚMERO DE FOLIO EN LA SECCIÓN 1 (NÚMERO DE LA ORDEN RESULTA DE LA OPERACIÓN).
- LA FECHA EN LA QUE SE EMITE EL "PERMISO DE TRABAJO" LA DARÁ EL SUPLENTE SAP EL DÍA DE LA IMPRESIÓN, EL NOMBRE DE LA PLANTA, DEL LUGAR DONDE SE REALIZARÁ EL TRABAJO, ASÍ COMO SU NOMBRE CON APELLIDO Y EL DE LA DEPENDENCIA A LA QUE PERTENECE EL PROGRAMADOR Y/O EJECUTOR DE LA ORDEN EN LA SECCIÓN 2.
- EL PLANIFICADOR, PROGRAMADOR Y/O EJECUTOR DEBE DECIDIR DETALLADAMENTE EL TRABAJO A REALIZAR EN LA OPERACIÓN DE LA ORDEN SAP, INDICANDO EN LA IMPRESIÓN SI SE TRATA DE UN TRABAJO EN ESPACIO CONFINADO, SI SE REQUIERE PUNEO ABIERTO, SI SE VA A INTERVENIR EN TIENAS ELÉCTRICAS O SI SE TRATA DE UN TRABAJO EN ALTURA, EN LOS ANTECEDENTES O JUSTIFICACIONES DEL TRABAJO A REALIZAR TOMAR EL NÚMERO DE AVISO, NOMBRE DEL SOLICITANTE, FECHA Y DESCRIPCIÓN DEL SERVIDO SI PROCEDER LA ORDEN DE UN AVISO, EN LA SECCIÓN 3.
- EL RESPONSABLE OPERATIVO DEBE ANOTAR LAS CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN, EL PRODUCTO QUE MANEJA EL EQUIPO O INSTALACIÓN A INTERVENIR, ASÍ COMO SU PRESIÓN, TEMPERATURA Y VOLTAJE EN EL CASO DE TIENAS ELÉCTRICAS EN LA SECCIÓN 3.
- CUANDO EL TRABAJO LO VA A REALIZAR UNA COMPAÑÍA CONTRATISTA, EL SUPERVISOR DE OBRA DE FINES DEBE EMITIR EL "PERMISO DE TRABAJO". EL GRUPO DE TRABAJO DEBE ANALIZAR Y EVALUAR EL NIVEL DE RIESGO DEL TRABAJO A REALIZAR CON EL PROPÓSITO DE DECIDIR SI SE REQUIERE DE UN RESPONSABLE QUE COORDINE Y SUPERVISE EL TRABAJO, EN CASO OPERATIVO, ESTE GRUPO DEBE ANOTAR AL RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO EL RESPONSABLE OPERATIVO ANOTARÁ EL NOMBRE DE ESTE COORDINADOR EN EL PRIMER ESPACIO DEL CAMPO CORRESPONDIENTE EN LA SECCIÓN 4.
- EL RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO DESIGNADO DEBE FIRMAR EN EL CAMPO CORRESPONDIENTE.
- EL GRUPO DE TRABAJO DEBE DEJAR LAS FECHAS EN LAS QUE TIENE PROGRAMADO EL INICIO Y TÉRMINO DEL TRABAJO, EL RESPONSABLE OPERATIVO ANOTARÁ ESTAS FECHAS EN EL CAMPO CORRESPONDIENTE EN LA SECCIÓN 4.
- CUANDO POR ALGUNA SITUACIÓN SE CAMBIE AL RESPONSABLE DE LA COORDINACIÓN DEL TRABAJO, EL GRUPO DE TRABAJO DESIGNARÁ AL SUPLENTE, EL COORDINADOR SALIENTE INTERAMAR DE TODO LO RELACIONADO CON EL TRABAJO QUE SE EFECTUÓ EL COORDINADOR SUPLENTE, EL CUAL ANOTARÁ SU NOMBRE Y FIRMA EN EL SEGUNDO ESPACIO DEL CAMPO CORRESPONDIENTE EN LA SECCIÓN 4.
- EL RESPONSABLE DE OPERACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO Y DE SEGURIDAD, EN CASO ORDEN, DEBE ANALIZAR EL TRABAJO Y EVALUAR SU NIVEL DE RIESGO DEPENDIENDO Y MARCANDO CON UNA "X" EN LA SECCIÓN 5 LOS REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIRSE PARA SU EJECUCIÓN SEGURA, ASÍ COMO EN OTROS PROCEDIMIENTOS APLICABLES Y LAS INDICACIONES, PRUEBAS Y REQUISITOS ADICIONALES QUE SE REQUIERAN, ANOTANDO SU NOMBRE, LA FECHA, HORA Y FIRMA EN EL ESPACIO CORRESPONDIENTE DE LA SECCIÓN NO. 5. EL RESPONSABLE OPERATIVO DEBE ANOTAR LA VIGENCIA DEL "PERMISO DE TRABAJO" LA CUAL DEBE SER DE 12 HORAS CONTINUAS COMO MÁXIMO.
- CUANDO SE SOLICITE LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE EXPLOSIVIDAD, TOXICIDAD, DE ESPESOR, ELÉCTRICAS, DE TEMPERATURA, ETC. LOS RESPONSABLES DE EJECUTARLAS ANOTARÁN LA PRUEBA QUE SE REALIZÓ, EL RESULTADO OBTENIDO, LA FECHA Y LA HORA, ASÍ COMO SU NOMBRE Y FIRMA EN LOS CAMPOS CORRESPONDIENTES DE LA SECCIÓN 7.
- EL OPERADOR RESPONSABLE DEL MANDO MEDIO O EJECUTOR DEL TRABAJO Y EL RESPONSABLE DE SEGURIDAD DESIGNADO, EN CASO ORDEN, DEBE VERIFICAR EN EL SITIO DE TRABAJO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS, MARCANDO CON UNA "X" EN LA SECCIÓN 8 LOS REQUISITOS VERIFICADOS Y AUTORIZANDO EL PUNTO DE LOS TRABAJOS, ANOTANDO SU NOMBRE Y FIRMA EN EL PRIMER ESPACIO DE LA SECCIÓN 8.
- CUANDO POR ALGÚN MOTIVO SE CAMBIE AL PERSONAL QUE VERIFICÓ EN EL SITIO DE TRABAJO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOLICITADOS, EL PERSONAL QUE CONTINUARÁ LOS TRABAJOS DEBE ENTERRARSE DE TODO LO RELACIONADO CON EL TRABAJO QUE SE REALIZÓ, ANOTANDO SU NOMBRE Y FIRMA EN EL SEGUNDO ESPACIO DE LA SECCIÓN 8.
- LOS MANDOS MEDIO INVOLUCRADOS DEBE USAR CUIDADOSAMENTE ESTE "PERMISO DE TRABAJO" CON EL PROPÓSITO DE ENTERRARSE DE TODO LO RELACIONADO CON EL TRABAJO E ENTERRAR A SU PERSONAL ACERCA DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y DE LOS PROCEDIMIENTOS APLICABLES. UNA VEZ INTERLUCE, EL PERSONAL EJECUTOR ANOTARÁ SU NOMBRE Y FIRMA EN LA SECCIÓN 9.
- CUANDO POR ALGÚN MOTIVO SE CAMBIE AL PERSONAL EJECUTOR DEL TRABAJO, LOS MANDOS MEDIO QUE CONTIENEN EL TRABAJO DEBE REPETIR LAS ACTIVIDADES INDICADAS EN EL PÁRRAFO ANTERIOR.
- CUANDO ATERRIVIEREN VARIAS ESPECIALIDADES EN LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO, EL RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO DEBE ENTERRAR EL ORIGINAL DEL PERMISO AL MANDO MEDIO MAS DIRECTAMENTE INVOLUCRADO.
- CUANDO EL EJECUTOR EN UNA COPIASA CONTRATISTA, EL SUPERVISOR DE OBRA Y LAS PERSONAS ENCARGADAS DEL TRABAJO DEBE LLENAR LA SECCIÓN 8.
- CONCLUIDO EL TRABAJO, EL OPERADOR RESPONSABLE Y EL MANDO MEDIO O EJECUTOR DEL TRABAJO EVALUARÁN LAS ACTIVIDADES DE ENTRADA - RECEPCIÓN, ANOTANDO EN EL "PERMISO DE TRABAJO" ORIGINAL Y EN LA COPIA NO. 1 SUS NOMBRES CON APELLIDO, FECHA, HORA Y FIRMA EN LA SECCIÓN 10. UNA VEZ RECIBIDO EL TRABAJO, EL ORIGINAL DEL "PERMISO DE TRABAJO" DEBE GUARDAR CON EL OPERADOR RESPONSABLE Y LA COPIA NO. 1 CON EL MANDO MEDIO O EJECUTOR DEL TRABAJO.
- CUANDO EL TRABAJO NO SE CONCLUYE, EL OPERADOR RESPONSABLE Y EL MANDO MEDIO O EJECUTOR DEL TRABAJO DEBE ANOTAR EN LA SECCIÓN 10, EN OBSERVACIONES, EN QUE CONDICIÓN QUEDA EL EQUIPO INVOLUCRADO EN EL PERMISO, EQUIPO AJUSTADO, EQUIPO CON O SIN JUNTAS CIRCAS, EQUIPO NO DISPONIBLE, EQUIPO PARCIALMENTE DISPONIBLE, EQUIPO DISPONIBLE CON RESTRICCIONES, ETC., EL ORIGINAL DEL "PERMISO DE TRABAJO" DEBE GUARDAR CON EL OPERADOR RESPONSABLE Y LA COPIA NO. 1 CON EL MANDO MEDIO O EJECUTOR DEL TRABAJO.
- 12) REEVALUACIÓN: LA VIGENCIA DEL "PERMISO DE TRABAJO" DEBE DE 12 HORAS CONTINUAS COMO MÁXIMO, PUDIENDO REVALUARSE POR DOS PERIODOS CONSECUTIVOS ADICIONALES DE 12 HORAS CONTINUAS CADA UNO, PARA ELLO DEBE LLENARSE LAS SECCIONES 11 PARA LA PRIMERA REEVALUACIÓN Y 12 PARA LA SEGUNDA REEVALUACIÓN RESPECTIVAMENTE, EN EL ORIGINAL Y REALIZAR COPIA EN CASO CONTINUO DEBE GENERARSE UN NUEVO PERMISO.

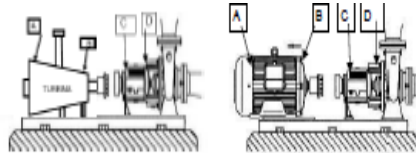
- NOTAR:
- EL "PERMISO DE TRABAJO" SE IMPRIMEN TRES VECES, AJUSTAR Y DEBE ENTERRARSE INTERNO DEL JURADO DE LAS TRES IMPRESIONES HASTA QUE LA SECCIÓN 10, EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO, HA SIDO LLENADO, POSTERIORMENTE SE ENTERRARÁN UN JURADO AL EJECUTOR DEL TRABAJO (PRIMERA ORIGINAL), UN JURADO AL PERSONAL OPERATIVO (TALERO) Y TERCER JURADO AL RESPONSABLE DE SEGURIDAD.
  - EL USO DE ESTE PERMISO ESTÁ SUJETO AL PROCEDIMIENTO PARA LA AUTORIZACIÓN DE TRABAJO EN INSTALACIONES DE LA SUBDIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN SP-SUBPA-B-02310 REVISIÓN 8.
  - EL RESPONSABLE OPERATIVO DEBE ASSURARSE DE QUE EL OPERADOR DEL CUANTO DE CONTROL CENTRAL ESTE ENTERADO DE TODOS LOS TRABAJOS QUE SE REALIZAN EN LAS ÁREAS A SU CARGO.

**"ESTE PERMISO DE TRABAJO NO ES SALVOCONDUCTO DE SEGURIDAD, LA EXPERIENCIA Y EL BUEN JUICIO DE LOS RESPONSABLES GARANTIZAN EL DESARROLLO SEGURO DEL TRABAJO"**

## Anexo V. Formato para mantenimiento predictivo mecánico (barrido de vibraciones).



REFINERIA "MIGUEL HIDALGO"  
SUPERINTENDENCIA DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO  
MANTENIMIENTO PREDICTIVO MECÁNICO



FECHA: \_\_\_\_\_

SECTOR	1	PLANTA GENERAL												P. SUC. Kg/cm <sup>2</sup>	P. DESC. Kg/cm <sup>2</sup>	P. BELLO Kg/cm <sup>2</sup> L.C. TEMP. C°	P. BELLO Kg/cm <sup>2</sup> L.L. TEMP. C°	NIVEL RESERVO IRS L.C.	NIVEL RESERVO IRS L.L.				
		MOTOR/TURBINA LADO LIBRE				MOTOR/TURBINA LADO COPLÉ				BBA LADO COPLÉ										BBA LADO LIBRE			
		AA	AH	AT (°C)	AV	BA	BH	BT (°C)	BV	CA	CH	CT (°C)	CV							DA	DH	DT (°C)	DV
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							

AA: HORIZONTAL	AV: VERTICAL	AA: AXIAL	A ALTO
BH: HORIZONTAL	BV: VERTICAL	BA: AXIAL	M MEDIO
CH: HORIZONTAL	CV: VERTICAL	CA: AXIAL	B BAJO
DT: TEMP.	DT: TEMP.	DT: TEMP.	S SUCIO

MANTENIMIENTO PREDICTIVO DICIEMBRE 2007  
LFFGD.   
PDM

REALIZO: \_\_\_\_\_

## Anexo VI. Formato para revisión de chumaceras y sellos mecánicos del compresor 106-J

SUPTCIA. DE PROGRAMACION Y SUPERVISION  
REVISION DE CHUMACERAS Y SELLOS MECANICOS DE COMPRESOR 106-J

SECTOR: 01  
PLANTA: REDUCT. DE VISCOSIDAD  
FECHA: 27 DE JUNIO DE 2015

No.	DESCRIPCIÓN	DATOS DE DISEÑO	LECTURAS REALES		REALIZADO		OPERARIO	OBSERVACIONES
			L.C.	L.L.	SI	NO		
1	VERIFICAR QUE EL EQUIPO SEA ENTREGADO A MANTTO CONFORME AL ANÁLISIS DEL PUNTO 43 O EL PERMISO DE TRABAJO.							
2	COLOCACIÓN DE JUNTAS DE GAS A COMPRESOR Y TURBINA, SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN FUERA DE OPERACIÓN.							
3	RETROR DE SENSORES DE VIBRACIÓN Y DESPLAZAMIENTOS E CHUMACERAS DE COMPRESOR Y TURBINA.							
4	RETRAR CUERPO DE, EVALUAR Y VERIFICAR ESTADO DE EL ACOPLAMIENTO (LAVAS Y TORNEILLERÍA) DE SACOPLAR EQUIPO.							
5	TOMAR DISTANCIA ENTRE MASAS DE ACOPLAMIENTO, VERIFICAR DESPLAZAMIENTO AXIAL Y ALINEAMIENTO.							
6	RETRAR MASA DE ACOPLAMIENTO DEL COMPRESOR, VERIFICAR Y ANOTAR MEDIDA ENTRE EL HOMBRO DEL EJE Y EL RESPALDO DE LA MASA.							
7	RETRAR TAPAS DE PORTACHUMACERAS DE TURBINA, EVALUAR ESTADO DE SELLOS DE LABERINTOS DE ACEITE Y CHECAR CARGOS.							
8	COLOCAR INDICADOR EN EL LOMO DEL EJE Y LEVANTAR PARA VERIFICAR EL CLARO ENTRE CHUMACERAS DE TURBINA Y EL EJE.							
9	RETRAR PORTACHUMACERAS SUPERIOR EN L.L. Y L.C. DE TURBINA.							
10	COLOCAR INDICADOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA FLECHA Y RETRAR LA CHUMACERA INFERIOR PARA VERIFICAR LA CARGA DE AMBAS CHUMACERAS.							
11	DESMONJAR, DESARMAR Y REALIZAR LIMPIEZA DE CHUMACERAS AXIALES Y RADIALES DE TURBINA.							
12	RETRAR PORTACHUMACERAS INFERIORES, VERIFICANDO QUE LAS GUÍAS ESTÉN MARCADAS, DE NO ESTARLO, MARCAR SU POSICIÓN.							
13	RETRAR TAPAS DE PORTACHUMACERAS DE COMPRESOR, EVALUAR ESTADO DE SELLOS DE LABERINTOS DE ACEITE Y CHECAR CARGOS.							
14	COLOCAR INDICADOR EN EL LOMO DEL EJE Y LEVANTAR PARA VERIFICAR EL CLARO ENTRE CHUMACERAS DE COMPRESOR Y EL EJE.							
15	RETRAR PORTACHUMACERAS SUPERIOR EN L.L. Y L.C. DE COMPRESOR.							
16	COLOCAR INDICADOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA FLECHA Y RETRAR LA CHUMACERA INFERIOR PARA VERIFICAR LA CARGA DE AMBAS CHUMACERAS.							

17	RETRAR POR TACHUACERAS INFERIORES, VERIFICANDO QUE LAS GUÍAS ESTÉN MARCADAS, DE NO ESTARLO, MARCAR SU POSICIÓN.							
18	DESARMAR, DESARMAR Y REALIZAR LA PIEZA DE CHUMACERAS AXIALES Y RADIALES DE COMPRESOR.							
19	RETRAR LÍNEAS DE SELLOS MECÁNICOS, IDENTIFICAR Y MARCAR.							
20	COLOCAR EL INDICADOR EN EL EJES DEL COMPRESOR Y LEVANTAR .003" A .004" PARA EXTRACCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS DEL COMPRESOR.							
21	VERIFICAR ESTADO DE COPLÉ, TANTO MASA DE COMPRESOR Y MASA DE TURBINA, AVOTAR ESTADO							
22	CARRETE, LOS DATOS DE DISEÑO MUESTRAN QUE LA LONGITUD ES DE 3" CON DIÁMETRO INTERIOR DE 1.75" Y EXTERIOR DE 2.250" AVOTAR MEDICIONES	LONGITUD	DIAM. INT.		DIAM. EXT.			
23	LA DISTANCIA ENTRE FLECHA DE TURBINA Y FLECHA DE ROTOR ES APROXIMADAMENTE 5.78 VERIFICAR QUE SE CUMPLA	CORRIDO A TURBINA			CORRIDO A COMPRESOR			
24								

## Anexo VII. Formato para revisión de chumaceras de turbina principal del 106-J.

**REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"**  
**SUBTEMA DE PROGRAMACIÓN Y SUPERVISIÓN**  
**REVISIÓN DE CHUMACERAS DE TURBINA PRINCIPAL DEL 106-J**

MARCA: ELLIOTT  
 MODELO: 58M9M  
 N° DE SERIE: N47H

SECTOR: IV  
 PLANTA: REFINERÍA DE HIDROGENIO  
 FECHA: 21 DE JUNIO DE 2015

Nº	DESCRIPCIÓN	DATOS DE CIGRRO		LECTORES REALES		VERIFICADO POR (OPERARIO)	OBSERVACIONES
		L.C.	LL	L.C.	LL		
1	VERIFICAR QUE EL EQUIPO SEA ENTREGADO A MANTO CONFORME AL ANÁLISIS DEL PUNTO #6 DEL PERMISO DE TRABAJO.						
2	COLOCACIÓN DE JUNTAS CIEGAS A TURBINA. VERIFICAR QUE EL SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN ESTE FUERA DE OPERACIÓN.						
3	RETRAIRO DE SENSORES DE VIBRACION Y DESPLAZAMIENTO DE CHUMACERAS DE TURBINA.						
4	RETRAIRO CUBRECOPAS, ENLUBRIR Y VERIFICAR ESTADO DEL ACOPLEMENTO (JANAS Y TORNILLERÍA); DESMONTAR EQUIPO.						
5	TOCAR DISTANCIA ENTRE JANAS DE ACOPLEMENTO; VERIFICAR DESPLAZAMIENTO AXIAL Y AJUSTAMIENTO.						DEGR. 5"
6	RETRAIRO TAPAS DE PORTA CHUMACERAS DE TURBINA; ENLUBRIR ESTADO DE BOLLAS DE LUBRICANTES DE ACEITE Y CHECAR CUAROS.						
7	COLOCAR INDICADOR EN EL LADO DEL EJE Y LEVANTAR PARA VERIFICAR EL CLARO ENTRE CHUMACERAS DE TURBINA Y EL EJE.						
8	RETRAIRO PORTA CHUMACERAS SUPERIOR EN LADO LIBRE Y LADO CORLE DE TURBINA.						
9	COLOCAR INDICADOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA RUEDA Y RETRAIR LA CHUMACERA INFERIOR PARA VERIFICAR LA CARGA DE JANAS CHUMACERAS.						
10	DESAMONTAR, DESLUBRAR Y REAJUSTAR UNIDAS DE CHUMACERAS AXIALES Y RADIALES DE TURBINA; VERIFICAR ESTADO DE PARTES Y MUEBLES.						
11	VERIFICAR QUE LAS GUÍAS DE PORTA CHUMACERAS INFERIORES ESTÉN MARCHADAS, DE NO ESTARLO, MARCAR SU POSICIÓN.						
12	VERIFICAR ENGAÑALE DE PLATO DE EMPUJE Y DESPLAZO DE LA TURBINA; CORREGIR DE SER NECESARIO PARA AJUSTAR CALIBRACIÓN.						ENTRE TORNILLOS DE AJUSTE Y PLATO DE DESPLAZO
13	MONTEAR CHUMACERAS RADIALES DE TURBINA L.C. Y LL; VERIFICAR Y REGISTRAR CUAROS DE LAS MEMBRAS.						
14	ENGAÑALAR CHUMACERAS AXIALES; DESPLAZAR HACIA EL LADO ACTIVO PARA VERIFICAR QUE AJUSTEN LAS DISTANCIAS EN SU TOTALIDAD Y NO FALGAN.						
15	REPETIR LA ACTIVIDAD ANTERIOR HACIA EL LADO INACTIVO PARA VERIFICAR LIBRE GIRO Y DESPLAZAMIENTO AXIAL DEL ROTOR.						
16	COLOCAR CHUMACERAS Y PORTA CHUMACERAS SUPERIORES PARA CENTRAR AXILMENTE EL ROTOR.						
17	VERIFICAR JUEGO AXIAL TOTAL Y DEJAR CENTRADO PARA MONTAJE Y AJUSTE DE SENSORES DE DESPLAZAMIENTO AXIAL (DCA).						



18	MONTAJE Y CALIBRACION DE SENSORES DE VELOCIDAD LA FLL Y VELOCIDAD DE LA TURBINA. CONECTAR LINEAS AUXILIARES Y DE SERVICIOS.						
19	RETRABAJAR JUNTAS DE CALIBRE TURBINA DE VALOR. SEGUIR VALOR Y ALINEAR SERVICIOS.						
20	PRUEBA DE TURBINA EN VACIO Y CALIBRACION DEL DISPARO MECANICO POR SOBREVOLACION.	11490 RUMIL					
<b>VALVULA DE CORTE RAPIDO O T Y T</b>							
21	REVISAR GRADO DE VOLANTE DE LA VALVULA RECOMIENDA NO USAR GRIFOS PARA ARRISTEN AFLOJAR	ANOTAR ESTADO					
22	REVISAR QUE EL ENGATILLADO DE ENCIENTRE ACTIVO, QUE NO SE ENCIENTRE ATORADO O DISPARADO CUANDO SE EL CARGO	ENGATILLADO		DISPARO		OTROS	
23	REVISAR QUE EL FLUIDO LLEGUE AL MECANISMO HIDRAULICO Y ANOTAR ESTADO						
24	VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS VALVULAS SOLONOIDES SEGUN DATOS DE DISEÑO						
25	REVISAR QUE EL SISTEMA MANUAL SE ENCUENTRE DISPONIBLE PARA ACTIVACION Y SIN RESTRICCIONES ANTES EL ESTADO						
26	EN CUALQUIER CASO EL EQUIPO ESTE FUERA DE OPERACION ES NECESARIO LA REVISION DE ACTIVACION DE LA T Y T SUGERIR QUE EL SISTEMA REDUCE SU FUNCIONAMIENTO DE LO CONTRARIO COMUNICAR A CARGO DE OPERACION						
27	LUBRICAR LAS PARTES EXPUESTAS	PALANCA	ACOPLE	PERNOS Y RESORTE			

## Anexo VIII. Formato para revisión de holguras en chumaceras y sellos mecánicos conforme a datos de diseño.

REFINERÍA MIGUEL HUALGU

SUPTOIA. DE PROGRAMACION Y SUPERVISION

REVISION DE HOLGURAS EN CHUMACERAS Y SELLOS MECANICOS DEL COMPRESOR 108-V

MARCA: ELLIOTT

TIPO: 3084

N° DE SERIE: N8043

SECTOR: 01

PLANTA: REDUCT. DE VISCOSIDAD

FECHA:

No.	DESCRIPCIÓN	DATOS DE DISEÑO		LECTURAS REALES		VERIFICADO POR (OPERARIO)	OBSERVACIONES
		L.C.	LL.	L.C.	LL.		
1	VERIFICAR QUE EL EQUIPO SEA ENTREGADO A MANITO, CONFORME AL ANÁLISIS DEL PUNTO # 3 DEL PERMISO DE TRABAJO.						
2	COLOCACIÓN DE JUNTAS CIEGAS A COMPRESOR, DESCONECTAR LÍNEAS AUXILIARES Y DE SERVICIOS.						
3	RETROR DE SENSORES DE VIBRACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE CHUMACERAS DE COMPRESOR.						
4	RETRAR MASA DE ACORLAMIENTO DEL COMPRESOR, VERIFICAR Y ANOTAR MEDIDA ENTRE EL HOMBRO DEL EJE Y EL RESPALDO DE LA MASA.	DATOS DE DISEÑO:					
5	RETRAR TAPAS DE PORTACHUMACERAS DE COMPRESOR, EVALUAR ESTADO DE SELLOS DE LABERINTOS DE ACEITE Y CHECAR CLAROS.						
6	COLOCAR INDICADOR EN EL LOBO DEL EJE Y LEVANTAR PARA VERIFICAR EL CLARO ENTRE CHUMACERAS DE COMPRESOR Y EL EJE.						
7	RETRAR PORTACHUMACERAS SUPERIOR EN LL. Y L.C. DE COMPRESOR, MEDIR Y REGISTRAR JUEGO AXIAL DE COMPRESOR.						
8	COLOCAR INDICADOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA FLECHA Y RETRAR LA CHUMACERA INFERIOR PARA VERIFICAR LA CARGA DE ARIBAS CHUMACERAS.						
9	DESAMONTAR, DESARMAR Y REALIZAR LIMPIEZA DE CHUMACERAS AXIALES Y RADIALES DE COMPRESOR.						
10	RETRAR LÍNEAS DE SELLOS MECÁNICOS, IDENTIFICAR Y MARCAR.						
11	COLOCAR EL INDICADOR EN EL EJE DEL COMPRESOR Y LEVANTAR 003" A 004" PARA EXTRACCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS.						
12	INSPECCIONE LAS ZARATAS Y EL DISCO DE EMPUJE QUE NO EXISTA DESGASTE EXCESIVO ANOTAR MEDIDAS	ESPESOR DISCO		ESPESOR ZARATAS			
13	VERIFICAR CON AZUL DE PRUSA LA ZONA DE CONTACTO ENTRE LA MASA Y LA PARTE CÓNICA DE LA FLECHA.	RECOMENDACIÓN NO DEBE SER MEJOR DEL 15% EL ÁREA DE CONTACTO					
14	DESAMONTAR INSPECCIONE LOS SELLOS DE ACEITE INTERIOR Y EXTERIOR	GOLPEADOS		RAYADOS		REBASAS	DOBLADOS
15							