



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“DESARROLLO DE UN MANUAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL TÉCNICO SUPERIOR MECÁNICO EN LA  
CENTRAL TERMOELÉCTRICA FRANCISCO PÉREZ RÍOS”**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:  
JUAN PABLO MENDOZA RAMIREZ**

**ASESOR:  
M. EN I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
---------------------------	---

## **CAPITULO 1**

### **NORMAS QUE APLICAN**

1.1 Normas que aplican .....	3
1.2 Responsabilidades .....	5
1.3 Definiciones y abreviaturas.....	6
1.3.1 Definiciones.....	6
1.3.2 Abreviaturas .....	8

## **CAPITULO 2**

### **LA TURBINA**

2.1 La turbina de vapor.....	10
2.2 Descripción de componentes.....	10
2.2.1 Descripción general.....	10
2.2.2 Distribución de partes principales.....	13
2.2.3 Líneas de balance .....	14
2.2.4 Balance de empuje.....	14
2.2.5 Características de la turbina .....	15
2.2.6 Rotor TAP-TPI.....	16
2.2.7 Rotor de baja presión .....	19
2.2.8 Carcasa exterior TAP-TIP.....	25
2.2.9 Carcasa interior TAP-TIP .....	26
2.2.10 Chumacera N.1 TAP-TIP.....	29
2.2.11 Chumacera N.2 TAP-TIP.....	31
2.2.12 Anillo de alabes N.1 TBP.....	33
2.2.13 Anillo de alabes N.2 TBP .....	35
2.2.14 Chumaceras TBP .....	38
2.2.15 Guías de flujo .....	39
2.2.16 Cajas de vapor de sellos .....	40
2.2.17 Diafragmas de plomo .....	41

2.2.18 Deflectores de aceite TAP-TIP .....	42
2.2.19 Chumacera de empuje TAP-TIP.....	43
2.2.20 Cajas de sellos de vapor lado generador.....	45
2.2.21 Cajas de sellos de vapor lado gobernador.....	47
2.2.22 Anillo de alabes de TAP .....	48
2.2.23 Anillo de alabes de TIP1.....	51
2.2.24 Anillo de alabes de TIP2.....	53
2.2.25 Anillo de balance de AP .....	55
2.2.26 Anillo de balance de BP .....	58
2.2.27 Anillo de balance de IP .....	60
2.2.28 Caja térmica .....	62

### **CAPITULO 3**

#### **MANTENIMIENTO**

3.1 Requisitos de seguridad y ambiental durante los trabajos de mantenimiento .....	63
3.2 Plantación.....	64
3.3 Mantenimiento de partes de turbina de alta presión.....	66
3.3.1 Inspección y mantenimiento carcasa exterior inferior .....	66
3.3.2 Inspección y mantenimiento carcasa interior inferior .....	68
3.3.3 Inspección y mantenimiento carcasa interior superior .....	70
3.3.4 Inspección y mantenimiento carcasa exterior superior .....	72
3.3.5 Inspección y mantenimiento de anillos de alabes TAP, TIP1, TIP2 inferiores y superiores.....	74
3.3.6 Inspección y mantenimiento de anillos de balance de alta, intermedia y baja presión y caja térmica inferiores y superiores .....	76
3.3.7 Inspección y mantenimiento de cajas de sellos de vapor interiores y exteriores .....	77
3.3.8 Inspección y mantenimiento de los segmentos de sellos de vapor de anillos de alabes, anillos de balance y cajas de sellos de vapor.....	78
3.3.9 Inspección y mantenimiento de pernos de brida de tubería de vapor principal (tubos espaguetis) .....	80
3.3.10 Inspección y mantenimiento de pernos de brida de válvula de paro de recalentado-interceptoras.....	80
3.3.11 Inspección y mantenimiento de pernos de apriete de la carcasa exterior y guías .....	81

3.3.12 Inspección y mantenimiento de pernos de acoplamiento TAP-TBP.....	83
3.3.13 Inspección y mantenimiento de tubería de transferencia .....	83
3.3.14 Inspección y mantenimiento de cubierta de chumacera 2 y 3.....	84
3.3.15 Inspección y mantenimiento de pedestal frontal del gobernador.....	85
3.3.16 Inspección y mantenimiento de bridas de tubería de transferencia de carcasa exterior TBP.....	86
3.3.17 Inspección y mantenimiento de guardacople .....	86
3.3.18 Inspección y mantenimiento del rotor .....	86
3.3.19 Inspección y mantenimiento a deflectores de aceite 1y2 .....	88
3.3.20 Inspección y mantenimiento de chumacera de empuje .....	89
3.3.21 Inspección y mantenimiento de chumacera 1 .....	91
3.3.22 Inspección y mantenimiento de chumacera 2.....	95
3.3.23 Balanceo en bancos de rotor TAP .....	98

## **CAPITULO 4**

### **SUPERVISORIO DE TURBINA**

4.1 Vibración .....	113
4.1.1 Angulo de fase .....	114
4.2 Excentricidad .....	115
4.3 Expansión de carcasa .....	115
4.4 Expansión diferencial.....	116
4.5 Posición del rotor .....	117
4.6 Velocidad.....	118

## **CAPITULO 5**

### **PUESTA EN SERVICIO**

5.1 Restablecimiento y rodado de turbina.....	120
5.2 Restablecimiento de turbina (electrohidráulico) .....	121
5.3 Diagrama de flujo.....	123

<b>CONCLUSIONES</b> .....	126
---------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	127
---------------------------	-----

## INTRODUCCIÓN

La C.T. "FCO. PÉREZ RÍOS", de Tula. De Allende Hgo, pertenece a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y forma parte de la Gerencia de Generación Termoeléctrica Central, integrada a su vez por las centrales Termoeléctricas de Salamanca, y Valle de México, así como las de Ciclo Combinado de Tula y El Sauz y la Turbogas De Las Cruces.



Nuestra misión es operar en forma segura, confiable y oportuna los equipos y sistemas de las unidades generadoras. En la C.T. FRANCISCO PÉREZ RÍOS se tiene el compromiso que el personal de nuevo ingreso y de todos los departamentos, conozcan el proceso de generación de energía eléctrica, para al llegar a su área respectiva, se involucre con este proceso y desarrolle con más eficiencia su trabajo sintiéndose parte del desarrollo de esta central para asegurar el suministro de energía eléctrica con la calidad y cantidad que requiere nuestro cliente, al menor costo, con el mínimo impacto al medio ambiente, fomentando el desarrollo integral y personal y en condiciones agradables de trabajo asegurando la mejora continua.

## OBJETIVO

Proporcionar la información en forma clara, precisa y necesaria que sirva de base para guiar al personal técnico que interviene en forma directa en el mantenimiento de la turbina de alta - intermedia presión y asegurar así que cada elemento quede confiable para su operación con alto grado de eficiencia.

### **ALCANCE**

Este manual es aplicable a la turbina de alta-intermedia presión de las unidades 1 y 2 que integran la central termoeléctrica Francisco Pérez Ríos (Tula) y que será de gran utilidad a supervisores, técnicos y ayudantes del departamento mecánico.

# CAPÍTULO 1

## CONCEPTOS BASICOS

### 1.1. NORMAS QUE APLICAN

Ley Federal sobre Metrología y Normalización y sus enmiendas del 20 de mayo de 1997.

Sistema General de Unidades de Medida.

Guía de Diseño para la Identificación y Representación de Instrumentación en Centrales.

Turbinas de vapor.

Método simplificado para pruebas rutinarias.

Sección II, parte "A". Sección V parte "C".

(Radiografiado, líquidos penetrantes, ultrasonido, partículas magnéticas).

Aislamiento térmico de centrales termoeléctricas.

Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere.

Sistemas de gestión de la calidad, fundamentos y vocabulario.

Sistema gestión de la calidad-requisitos.

Sistema de gestión ambiental-especificaciones con orientación para su uso.

Sistema de administración de seguridad y salud en el trabajo-especificación.

Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.



Capítulo 200 del Reglamento de Seguridad e Higiene.

Contrato Colectivo de Trabajo CFE SUTERM en Vigor.

SIG, Sistema Integral de Gestión, Norma ISO 9001, ISO 14001 y NMX-SAST-001.

Procedimiento para Reglamento Interno de Licencias para Centrales Termoeléctricas, N-2000-HC01.

Procedimiento para el mantenimiento, inspección y seguridad en el manejo de equipo de izaje, N-2000-HC11.

Procedimiento para la seguridad en el manejo de equipos de soldadura oxiacetilénica y arco eléctrico, N-2000-HC08.

## **1.2 RESPONSABILIDADES**

Es responsabilidad de todo el personal que ejecuta las actividades aquí descritas tomar las medidas y usar los equipos de seguridad necesarios para cada uno de los riesgos, con objeto de evitar accidentes y minimizar el impacto ambiental.

Difundir y verificar la aplicación de este manual, apoyándose en los superintendentes de área y jefes de departamento.

**SUPERINTENDENTE DE PRODUCCION:** La difusión y aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación y seguimiento de las actividades de inspección y pruebas para la recepción de los equipos sujetos a mantenimiento.

**SUPERINTENDENTE DE MANTENIMIENTO:** La difusión y aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación, supervisión y ejecución de todas las actividades de inspección, mantenimiento y entrega de los equipos al área de producción en condiciones óptimas de operación.

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE OPERACION:** La difusión y aplicación del presente manual y la coordinación junto con su personal de las diferentes actividades de supervisión, inspección y pruebas para la recepción de los equipos sujetos a mantenimiento.

La difusión y aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación, supervisión y ejecución de todas las actividades de mantenimiento y entrega de los equipos al área de producción en condiciones óptimas de operación

La difusión y aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación, supervisión y ejecución de todas las actividades de mantenimiento y entrega de los equipos al área de producción en condiciones óptimas de operación

**SUPERINTENDENTE DE TURNO:** La coordinación junto con su personal de las diferentes actividades de supervisión, inspección y pruebas para la recepción de los equipos sujetos a mantenimiento.

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ANALISIS Y RESULTADOS:** Participar en las inspecciones y pruebas vigilando el apego a los criterios y aspectos operativos durante las pruebas y recepción de los equipos y sistemas intervenidos por mantenimiento, evaluando y emitiendo el informe de la efectividad de las actividades de mantenimiento.

**JEFE DE MANTENIMIENTO Y PERSONAL TECNICO DEL AREA DE MANTENIMIENTO:** La aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación, supervisión y ejecución de todas las actividades de mantenimiento y entrega de los equipos al área de producción en condiciones óptimas de operación.

**PERSONAL DE SERVICIOS EXTERNOS:** Todo el personal que realiza actividades de mantenimiento para CFE, es responsable de la aplicación del presente manual, así como participar en la planeación, coordinación, supervisión y ejecución de todas las actividades de mantenimiento encomendadas y la entrega de los equipos en condiciones óptimas de operación.

## **1.3 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS**

### **1.3.1. DEFINICIONES**

La terminología general aquí empleada es la descrita en la norma mexicana de Metrología NMX-Z-55-1977-IMNC. A continuación solo se mencionan los términos más usuales para pronta referencia.

#### **Calibración.**

Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de las magnitudes indicadas por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia, y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones.

#### **Exactitud de un instrumento de medición.**

Aptitud de un instrumento de medición de dar respuestas próximas a un valor verdadero.

#### **Errores máximos tolerados (de un instrumento de medición)**

Límites de los errores tolerados (de un instrumento de medición), valores extremos de un error, tolerados por las especificaciones, reglamentos, y otros para un instrumento de medición dado.

**Intervalo de medición.**

Módulo de la diferencia entre los dos límites de un alcance nominal.

**Patrón.**

Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para servir de referencia.

**Patrón de trabajo.**

Patrón utilizado comúnmente para calibrar o controlar medidas materializadas, de los instrumentos de medición o de los materiales de referencia.

**Posición K.**

Lectura que se verifica de acuerdo a una distancia entre el primer paso fijo y móvil de la TAP del lado derecho, en el cual el rotor se encuentra recargado hacia lado gobernador totalmente.

**Posición L.**

Lectura tomada en bancada de cople, entre la distancia de pedestal de chumacera 2 y brida de cople de TAP del lado derecho.

**Referencia REM.**

Lectura de referencia de la posición K, la cual se toma en la tapa de pedestal frontal hasta disco de rotor lado gobernador con micrómetro de profundidades.

**Pruebas no destructivas PND.**

Las pruebas no destructivas es el conjunto de técnicas y ensayos aplicados a los diversos componentes de los equipos mecánicos, con el fin de determinar la integridad física de éstos para garantizar su confiabilidad operativa.

Son técnicas de inspección que se utilizan para detección y evaluación de las posibles discontinuidades que pueden existir tanto en la superficie como en el interior de los materiales metálicos.

**CFE**

Se refiere a la Comisión Federal de Electricidad.

**SIG**

Se refiere al Sistema Integral de Gestión.

**NOM**

Se refiere a la Norma Oficial Mexicana.

### 1.3.2. ABREVIATURAS

**TAP** = Turbina de Alta Presion.

**TPI** = Turbina Presión Intermedia.

**TBP** = Turbina de Baja Presion.

**CROSSOVER** = Tuberia de Transferencia.

**RM** = Rehabilitación y Modernización.

**°C** = Grados Centígrados.

**CFE** = Comisión Federal de Electricidad.

**MHI** = Mitsubishi Heavy Industries.

**MW** = Mega Watts.

**PND** = Pruebas no Destructivas.

**%** = Porcentaje.

**m** = Metro.

**mmHg** = milímetro de mercurio.

**rpm** = revoluciones por minuto.

**KW** = kilo watts.

**mm** = Milímetro.

**ton** = Toneladas.

**RH** = Recalentado.

**cm** = Centímetro.

**lbs** = Libras.

**pulg (“)** = Pulgadas.

**kg-m** = kilogramo metro.

**mPa** = Mega Pascales.

**kg/cm<sup>2</sup>** = Kilogramo Centímetro Cuadrado.

**lb/pulg<sup>2</sup> (“)** = Libra Pulgada Cuadrada.

**°** = Grados.

**TIP1** = Turbina Presión Intermedia uno.

**TIP2** = Turbina Presión Intermedia dos.

**BP** = Baja Presión.

**AP** = Alta Presión.

**PI** = Presión Intermedia.

**REM** = Rotor extremo micrómetro.

**ISB** = Álabe de banda integrada

**F3D** = Libremente 3 dimensiones



Requerimiento de Seguridad.



Se requiere presencia del Supervisor.

“**C**” = Segmento de sello de vapor sobre cuerpo de rotor.

“**R**” = Segmento de sello de vapor en extremo de álabe móvil.

**TIG** = Tungsteno inerte a gas.

# CAPÍTULO 2

## LA TURBINA

### 2.1. La turbina de vapor.

Es una turbomaquina motora que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (entiéndase el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. Las turbinas de vapor están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que pueda cambiar de fase, entre éstos el más importante es el Ciclo Rankine, el cual genera el vapor en una caldera, de la cual sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad.

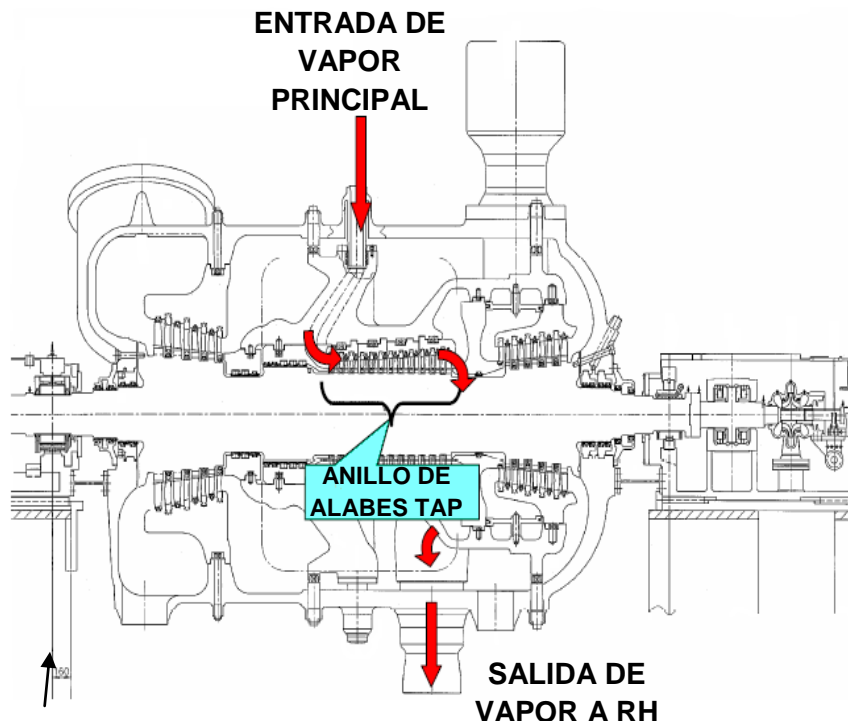
### 2.2. DESCRIPCION DE COMPONENTES:

#### 2.2.1 DESCRIPCION GENERAL:

Esta unidad es del tipo de dos cilindros, en línea, doble escape, de condensación y recalentamiento. Diseñada para dar un rendimiento elevado y máxima confiabilidad.

La turbina de alta presión (TAP) y la turbina de presión intermedia (TPI) están localizadas en una misma carcasa.

Estas turbinas son del tipo reacción, el vapor entra a la turbina de alta presión a través de dos válvulas de estrangulamiento, cada válvula esta ensamblada conjuntamente con la caja de vapor que se encuentra a cada lado de la turbina. Las cajas de vapor a su vez descargan a la carcasa de AP-PI, a través de ocho conducciones (8 válvulas de control), cuatro de estas conducciones se encuentran por la parte inferior de la carcasa y cuatro por la parte superior de la carcasa. El vapor llega a la etapa de reacción primer paso fijo de TAP y sigue por los álabes de la TAP, hasta su descarga en la base de la carcasa exterior, continuando por tuberías hasta el recalentador del generador de vapor. (Figura 2.1)

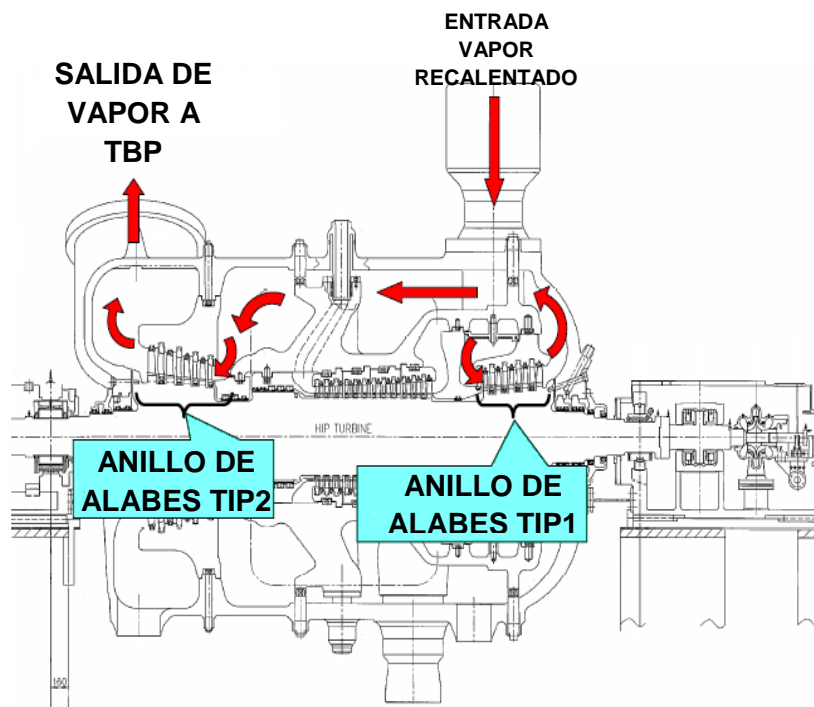


**Figura 2.1. Anillo de alabes de turbina alta presión**

De aquí regresa el vapor ya recalentado, pasando por las válvulas de paro de recalentado e interceptoras. Estas válvulas se encuentran montadas en la parte superior de la carcasa exterior superior, las salidas de estas válvulas conectan por dos conductos en la parte superior de la caja térmica de admisión y distribución de vapor, llegando al primer paso de la primera sección de la TIP1, pasando el vapor a través de los álabes de refacción de la sección de TIP1 que se encuentra localizada en el extremo lado gobernador del rotor de la turbina de AP y PI. Esta a su vez descarga el vapor entre la carcasa interior y exterior de la TAP hacia el primer paso de la primera sección de la TIP2, la cual se encuentra localizada en el extremo lado generador del rotor. El vapor después de pasar por los álabes de reacción de la sección de TIP2, descarga en la parte superior de la carcasa exterior y es dirigido a la carcasa de la turbina de baja presión por medio de dos tuberías de transferencia. La TAP lleva una extracción lado salida de TIP2 que alimenta el desareador, otra lado salida de TIP1 que alimenta al calentador No. 6 y una extracción más en la tubería de RH frío que alimenta al calentador No. 7. Las tuberías de transferencia tienen tres pares de juntas de expansión que les permite absorber las expansiones térmicas.

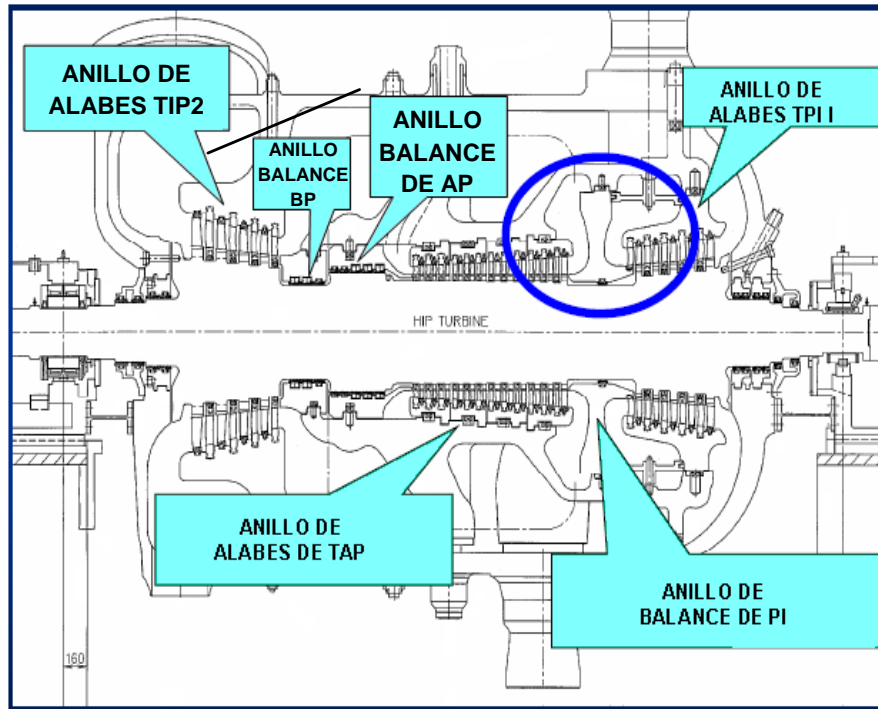


La TBP es totalmente de reacción de doble flujo y el vapor entra por el centro de la misma fluyendo hacia sus extremos en donde descarga al condensador. La TBP cuenta con extracciones que sirven para alimentar a los calentadores de baja presión. (Figura 2.2)

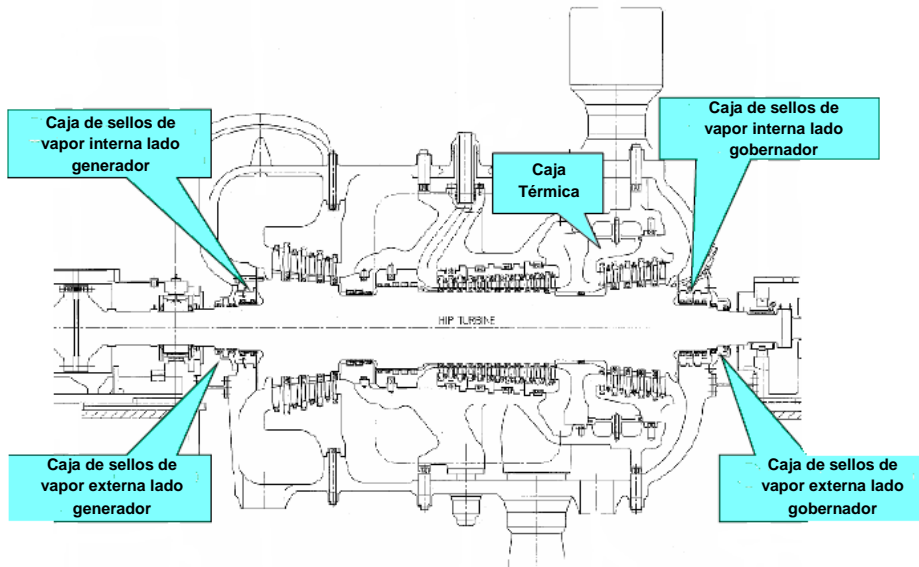


**Figura 2.2. Anillo de alabes turbina baja presión**

## 2.2.2 DISTRIBUCION DE PARTES PRINCIPALES:



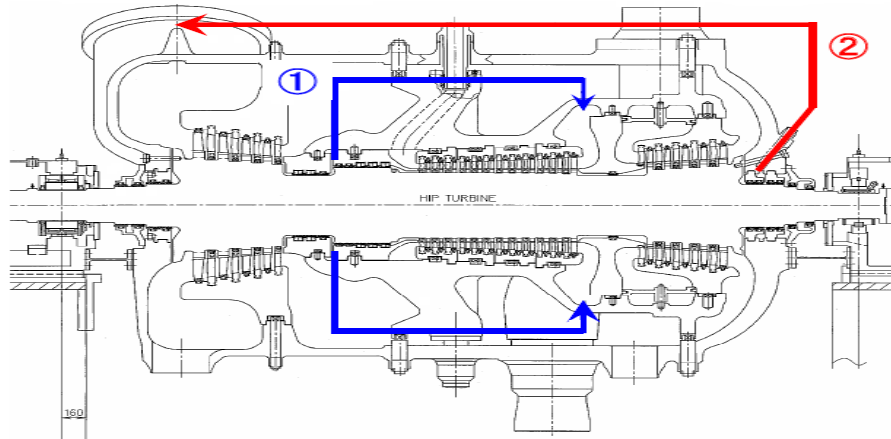
*Figura 2.3. Anillos principales de la turbina*



*Figura 2.4. Cajas principales de la turbina*

### 2.2.3. LINEAS DE BALANCE:

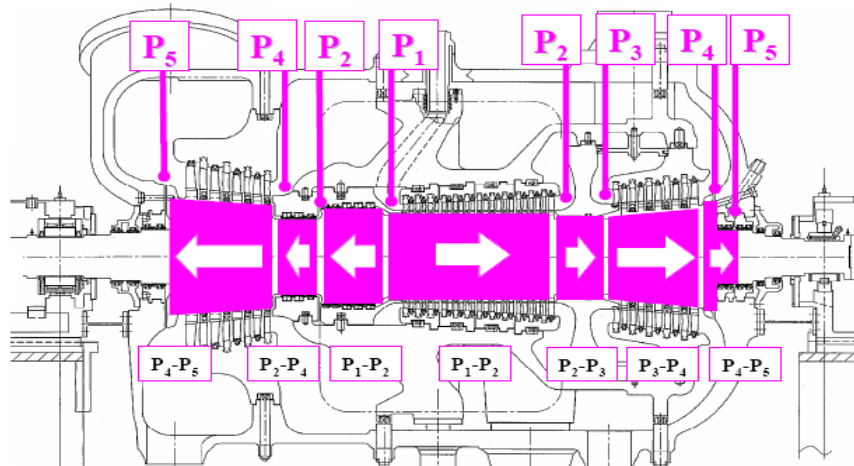
Las líneas de balance 1, van por la parte superior e inferior de la carcasa interna de la TAP, y su trayectoria es del ultimo paso de anillo de balance de AP hacia el primer paso de anillo de balance de PI. Las líneas de balance 2, va en la parte superior de la carcasa exterior superior de la TAP, y su trayectoria es del área de cajas de vapor lado gobernador hacia las tuberías de transferencia. (Figura 2.5.)



**Figura 2.5. Líneas de balance de la turbina**

### 2.2.4 BALANCE DE EMPUJE

Cada pieza de turbina de alta presión tiene presión diferente y diámetro distinto. Por lo tanto algunas fuerzas de empuje, son trabajadas en la TAP-TPI. (Figura 2.6.).



**Figura 2.6. Balance de empujes en la turbina**

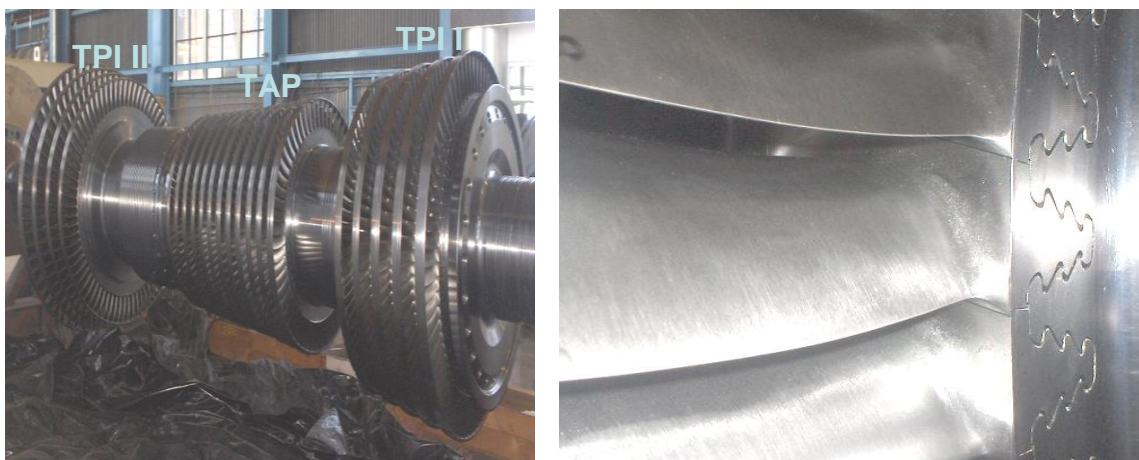
## 2.2.5 CARACTERISTICAS DE LA TURBINA

**Tabla 2.1 Características principales de la turbina de la unidad 1 y 2 de la central termoelectrica “Francisco Perez Rios”.**

TIPO	TC2F-33”
CARGA NOMINAL	311,400 kW
VELOCIDAD	3600 rpm
PRESION DE VAPOR PRINCIPAL	169.5 bar
TEMPERATURA DE VAPOR PRINCIPAL	538 °C
PRESION DE VAPOR RECALENTADO	34.9 bar
TEMPERATURA VAPOR RECALENTADO	538 °C
PRESION DE VACIO	688 mmHg
NUMERO DE EXTRACCIONES	7
ROTACION	Sentido de las manecillas del reloj
TURBINA DE ALTA PRESION	12 Pasos de reacción
TURBINA DE PRESION INTERMEDIA I	5 Pasos de reacción
TURBINA DE PRESION INTERMEDIA II	4 Pasos de reacción
CHUMACERA 1	Tipo almohadillas basculantes de 10”
CHUMACERA 2	Tipo almohadillas basculantes de 12”
CHUMACERA DE EMPUJE	Tipo almohadilla de inclinación de 17”
PESO DE CARCASA EXTERIOR	56 Ton
PESO DE ANILLOS DE TAP	0.5 Ton
PESO DE ANILLO DE ÁLABES TIP1	1 .7 Ton
PESO DE ANILLO DE ÁLABES DE TIP2	5 Ton
PESO DE CAJA TERMICA	0.5 Ton
PESO DE ANILLO DE BALANCE AP	0.5 Ton
PESO DE ANILLO DE BALANCE BP	0.5 Ton
PESO DE ANILLO DE BALANCE PI	0.5 Ton
PESO DE ROTOR	18 Ton

### 2.2.6 ROTOR TAP-TPI:

El elemento rotativo está formado por flecha, álabes móviles y cople. El rotor pesa 18 toneladas y es del tipo monoblock el cual se fabrica de un forjado sólido, la flecha es maciza de acero, es decir no tiene barreno interno. Los álabes son del tipo F3D (libremente tres dimensiones) con un perfil curvado y torcido, todos tienen banda integrada (ISB) y van ensamblados al rotor con raíz tipo pino invertido los cuales conjuntamente forman la circunferencia completa. En todos los pasos se forma una banda integrada plana pero en forma escalonada sin dejar espacios libres entre uno y otro álabe formando un corte transversal y diagonal, el cople es rígido del mismo material y va en el extremo lado generador, el cople tiene 16 barrenos de 54 mm. La TAP cuenta con 12 pasos de reacción (1 al 12), la TIP1 se encuentra en el extremo lado gobernador y cuenta con 5 pasos de reacción (1 al 5) y la TIP2 que se encuentra en el lado generador cuenta con 4 pasos de reacción (6 al 9).(Figura 2.7.)



**Figura 2.7. Rotor de alta e intermedia presión**

**Tabla 2.2. Ruedas de alabes del rotor de la turbina de alta e intermedia presión**

PRIMERA RUEDA TAP	76 álabes
SEGUNDA RUEDA TAP	80 álabes
TERCERA RUEDA TAP	80 álabes
CUARTA RUEDA TAP	80 álabes
QUINTA RUEDA TAP	80 álabes
SEXTA RUEDA TAP	80 álabes
SEPTIMA RUEDA TAP	68 álabes
OCTAVA RUEDA TAP	68 álabes
NOVENA RUEDA TAP	68 álabes
DECIMA RUEDA TAP	68 álabes
ONCEAVA RUEDA TAP	68 álabes
DOCEAVA RUEDA TAP	58 álabes
PRIMERA RUEDA TIP1	84 álabes
SEGUNDA RUEDA TIP1	86 álabes
TERCERA RUEDA TIP1	76 álabes
CUARTA RUEDA TIP1	78 álabes
QUINTA RUEDA TIP1	72 álabes
SEXTA RUEDA TIP2	74 álabes
SEPTIMA RUEDA TIP2	70 álabes
OCTAVA RUEDA TIP2	66 álabes
NOVENA RUEDA TIP2	62 álabes

El cierre en las ruedas de álabes de cada paso de la TAP-TPI va defasado 180° entre paso y paso, lo cual facilita para el cambio de rueda de álabe. (Figura 2.8.)



**Figura 2.8. Ruedas de alabes TAP-TPI**

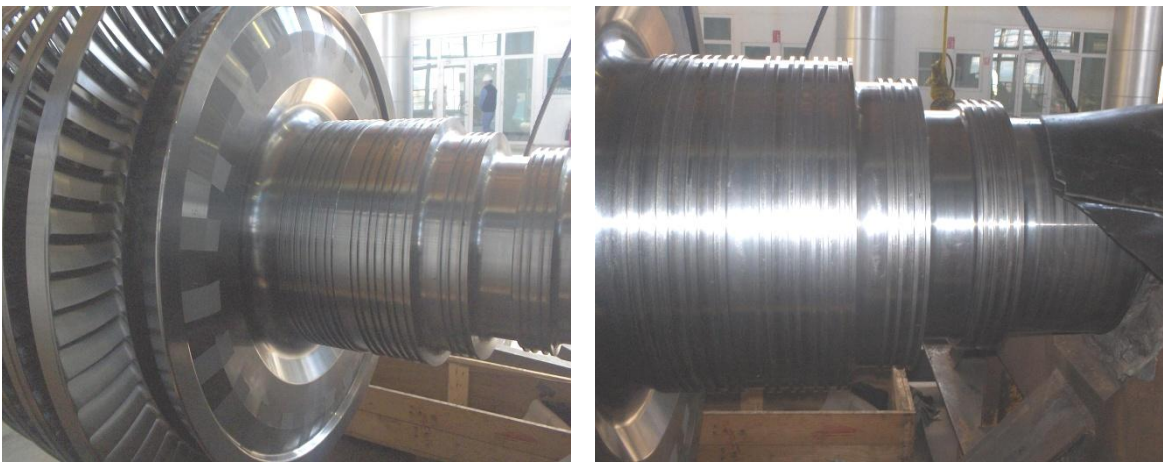
El rotor tiene integrado en el extremo lado gobernador una flecha de extensión la cual va acoplada por medio de tornillos allen con torque de 2858 lbs-pulg (33 kg-m), estos van candadeados con puntos de golpe. La flecha de extensión contiene la chumacera de empuje, muescas para sensores de velocidad, impulsor de la bomba principal de aceite y el mecanismo de disparo por sobrevelocidad. En la parte superior de la brida de acoplamiento de la flecha de extensión, se encuentra la ranura para el sensor de ángulo de fase. (Figura 2.9.)



**Figura 2.9. Flecha de extensión lado gobernador**

El rotor de alta presión lleva 24 barrenos de 36 mm para colocación de contrapesos en plano gobernador, plano generador y plano central. El área de sellado de anillo de balance de AP y BP lleva un tambor escalonado y va entre la TAP y la TIP2, el área de sellado de anillo de balance de PI es un tambor escalonado, el cual va entre la TAP y la TIP1 (Figura 2.10.)

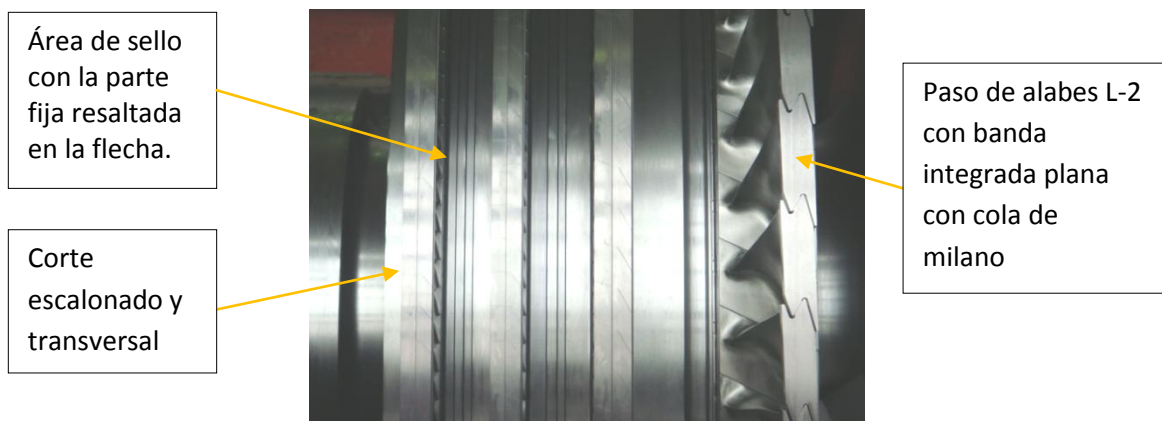




**Figura 2.10. Caja de sellos escalonados lado gobernador**

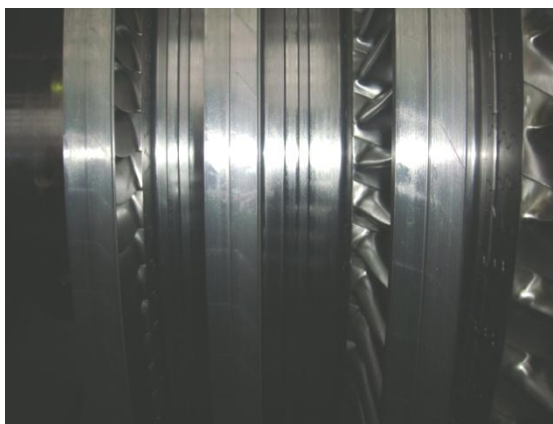
### 2.2.7 Rotor de baja presión

El elemento rotativo está conformado por flecha, alabes móviles, coples. Todo el ensamble pesa 38 ton. Son seis pasos de alabes hacia lado gobernador y seis pasos hacia lado generador, todos ellos del tipo F3D (libremente tres dimensiones) de alta eficiencia y raíz del tipo pino invertido. Todos los alabes son del tipo banda integrada (ISB) por lo que unidos forman la circunferencia completa. Del paso 1 a 3 forman una banda integrada plana pero en forma escalonada sin dejar espacios libres entre uno y otro alabe formando un corte transversal y diagonal. (Figura 2.11.)

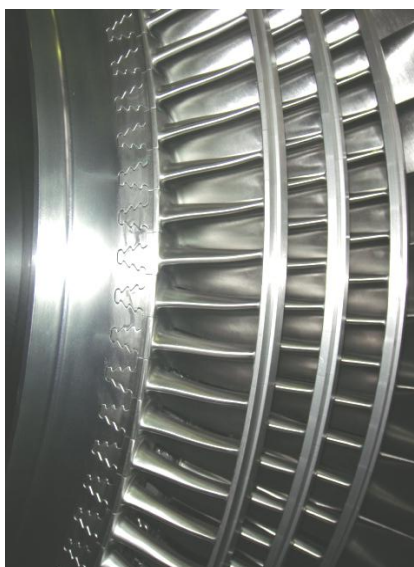


**Figura 2.11. Ruedas de alabes TBP**





**Figura 2.12. Circulo completo sin dejar claros entre uno y otro alabe.**

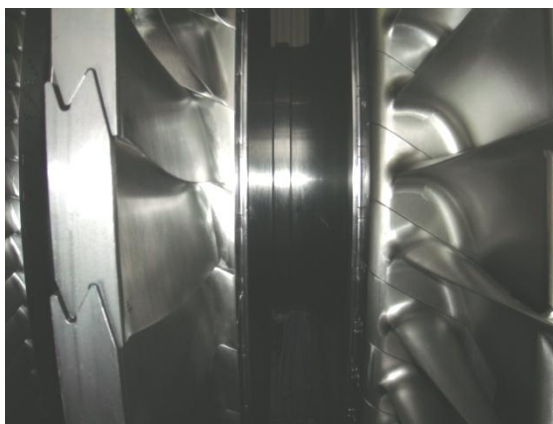


**Figura 2.13. Raíz de alabes tipo pino invertido en todos los pasos.**

Se observan los pasos 1, 2 y 3. La banda integrada de estos pasos es plana con una forma escalonada, no lleva claro en la unión entre una sección y otra.

Del paso 4 a 6 la banda es plana formando cola de milano dejando claros entre sí.

Los alabes de los pasos L-0 y L-1 llevan una espiga con un corte diagonal hacia cada cara (lado entrada y lado salida) formando un amortiguador central, permitiendo que cada alabe quede libre, dejando entre ellos un claro de 0.40 mm.



**Figura 2.14. Paso L-2 alabes sueltas con banda integrada plana y cola de milano. Entre los pasos 3 y 4 el rotor tiene una sección ancha donde hace sello el paso fijo L-2.**

El paso L-0 se compone de 80 alabes con una longitud de 33", llevan un inserto de estelita tipo "j" de 13 x 340 mm de longitud en su perfil de entrada, aunque su dimensión es grande cada álabe es muy ligero. Para ensamblarse su raíz es muy amplia y tiene una entrada lateral recta. Tiene un amortiguador individual a 410 mm de la banda, se encuentra en un corte recto y diagonal con el amortiguador del alabe siguiente y el anterior dejando un claro de 0.40 mm. El claro entre secciones de banda es 1.8 mm. Su perfil es de alta eficiencia y está diseñado para disminuir el esfuerzo centrifugo por tener una ranura y raíz de alabe grande, amplia confiabilidad del material contra ambiente corrosivo y propiedades durante el arranque y paro.

El amortiguamiento más grande se genera por el punto de contacto y genera fricción en las bandas y amortiguadores, que es causado por la deformación de torcido hacia atrás debido a la fuerza centrifuga lo que reduce el esfuerzo por vibraciones. El contacto que tiene le da más solidez y reduce los esfuerzos. El vapor entre los alabes es constante y uniforme. El amortiguador de contacto reduce el esfuerzo por vibración, la raíz acoplada queda unida, todos los alabes son igual. El corte reduce el esfuerzo centrifugo especialmente en este paso, lleva un seguro que evita que salga el alabe. La parte fija lleva un sello contra la banda de este alabe haciendo un flujo uniforme lo que evita creación de remolinos y pérdida de energía. Lleva dos seguros opuestos 180° ubicados entre los pozos de balance 3 y 4, 15 y 16.



**Figura 2.15. Alabes de rotor de baja presion.**

El peso y material de los alabes definen para que no transmitan vibración de un grupo a otro. La flecha es maciza de acero, es decir, no tiene barreno interno, con dos coples rígidos del mismo material, uno en cada extremo de la flecha. Cada cople tiene 16 barrenos de 54 mm de

diámetro marcados en sentido del giro. El cople lado generador tiene maquinados en el círculo de orificios 4 barrenos de 24 mm que sirven para activar los tornillos de gateo y separar los coples y también pueden colocarse contrapesos para balanceo de rotor en línea. Más al centro lleva un círculo de 8 barrenos de 20 mm que son para colocar pesos de prueba para balanceo en fábrica, después ya no se ocupan en sitio. La cantidad de álabes se relaciona en la tabla 2.3.



**Figura 2.16. Rotor de turbina baja presión**



**Figura 2.17. Cople del rotor de baja presión lado generador**





**Figura 2.18 Cople de rotor de baja lado gobernador**

El área de sellos lleva un tambor escalonado y liso.



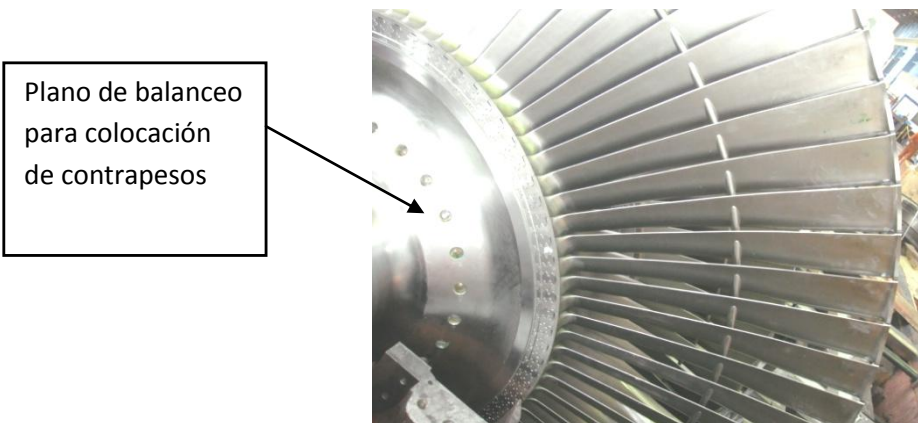
**Figura 2.19 Sección de la flecha del rotor donde hace el sello en los extremos. Esta sección es lisa y solo lleva un escalón.**

Hacia el lado generador lleva maquinada una sección con cortes diagonales que sirve para medir la expansión diferencial.

**Tabla 2.3. Cantidad de alabes de cada paso del rotor y carcasa interna de baja presión**

Paso No.	1	2	3	4	5	6
Alabe fijo	120	182	148	84	54	46
Alabe móvil	148	148	130	62	62	80

Los planos de balance en los extremos para colocación de contrapesos lleva 24 barrenos de 36 mm marcados en sentido de giro y el plano central solo lleva 12 barrenos de 36 mm. Cerca de la chumacera 3 y 4 lleva rectificado un collar para sensar la vibración. Entre cada paso de alabes, la flecha lleva una sección maquinada realizada donde sellan las tiras de sello que van montados en los segmentos alojados en las coronas de alabes de las partes fijas, siendo mas ancha entre el paso 3 y 4. La identificación del rotor la lleva en cúpula lado generador con números de golpe, para dar seguimiento al uso del mismo.



**Figura 2.20 Colocacion de contrapesos para balanceo**

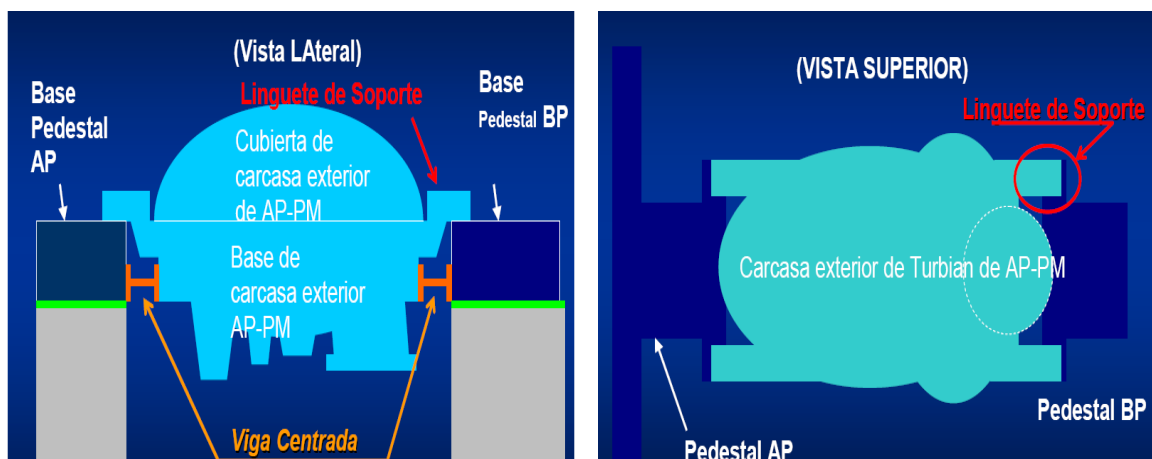
### **2.2.8 CARCASA EXTERIOR TAP-TIP:**

La estructura de estas y su forma de soportarse están cuidadosamente diseñadas permitiéndoseles los movimientos libres y simétricos ocasionados por los cambios térmicos. Este diseño reduce a un mínimo las posibilidades de distorsión.

La carcasa exterior de TAP-TPI es de una fundición de acero aleado, ahuecado por el centro de su plano horizontal en forma tal que es a su vez base y cubierta. La carcasa inferior es semejante a la superior, se soporta esta última en su junta horizontal y por medio de unos pernos manteniéndose su posición correcta con relación a los ejes de la turbina, permitiendo al mismo tiempo expandirse y contraerse libremente. Las tuberías de entrada de vapor principal van soldadas por la parte superior e inferior de la carcasa exterior.

La carcasa exterior inferior y superior realiza el centrado por medio de pernos a la carcasa interior y anillo de álabes de TIP2. La carcasa exterior de la TAP-TPI, esta soportada por cuatro brazos fundidos integralmente al tope de la base, localizándose el punto de soporte lo mas cerca posible de la línea de centro en el plano horizontal del escape. En el extremo del empuje, el soporte se localiza sobre la línea de centro. En el extremo del generador, estos brazos descansan sobre unos asientos que se encuentran entre los propios brazos y el pedestal

formado por la base de la carcasa de la TBP, lo que hace que los brazos deslicen libremente. En el extremo del gobernador, los brazos del cilindro están colocados en la misma forma anterior permitiendo también su deslizamiento a cada extremo, la carcasa exterior esta unida a un pedestal adyacente con una viga **H**, sujeta a su vez al pedestal adyacente. Estas vigas mantienen la posición transversal y axial de la carcasa exterior en forma correcta con los pedestales. (Figura 2.21.)

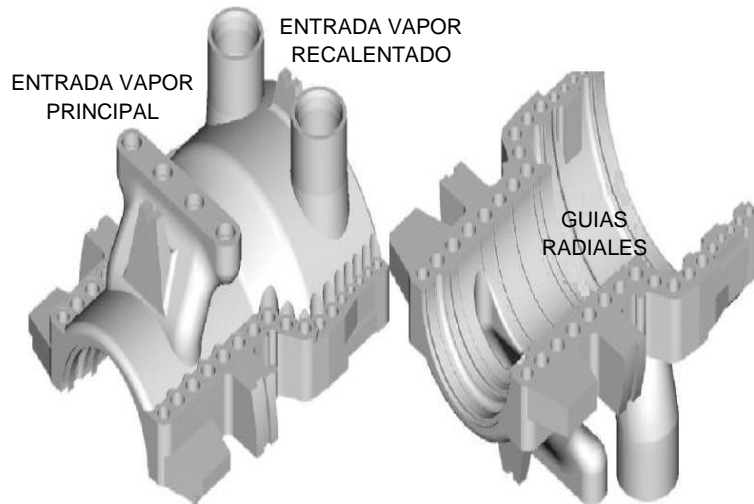


**Figura 2.21. Vista lateral y superior de carcasa exterior.**

### **2.2.9 CARCASA INTERIOR TAP-TIP:**

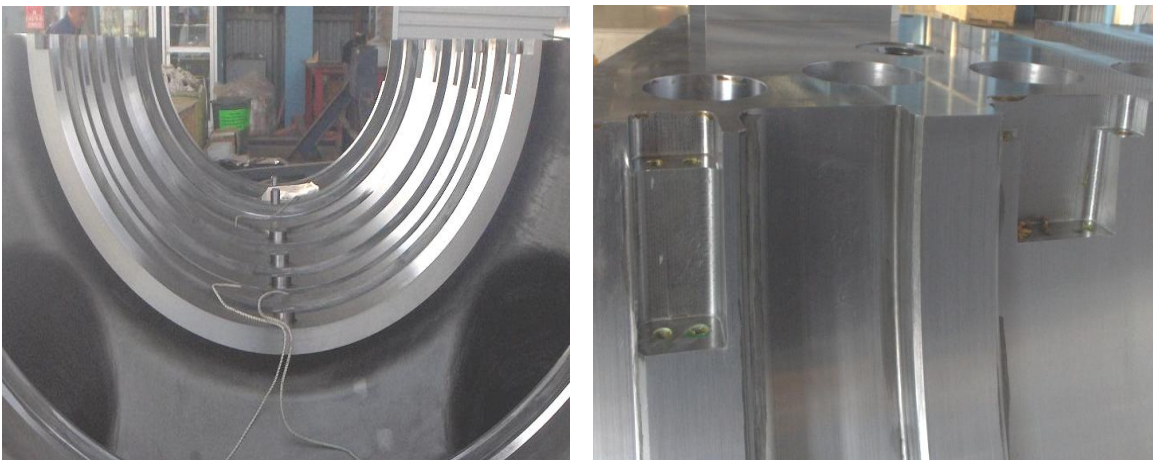
Se compone de mitad superior e inferior las cuales van unidas por medios de pernos de apriete en su junta horizontal. El centrado de la carcasa es por medio de cuatro pernos los cuales están instalados en los extremos de la parte superior e inferior de la carcasa exterior. Su diseño de fabricación es en 3D, en su parte interior lleva alojados por medio de guías radiales los anillos de álabes de TAP, anillo de álabes de TIP1, caja térmica, anillo de balance de AP, BP y PI.

El centrado de estas piezas se realiza por medio de pernos los cuales están instalados en la parte central de cada guía radial de la carcasa interior. (Figura 2.22.)



**Figura 2.22. Carcasa interior TAP-TIP.**

La carcasa interna tiene alojamientos en los cuales van instalados los tacones de ajuste de las partes inferiores y superiores de anillos de álabes de TAP, TIP1, caja térmica, anillos de balance de AP, BP y PI. (Figura 2.23.)

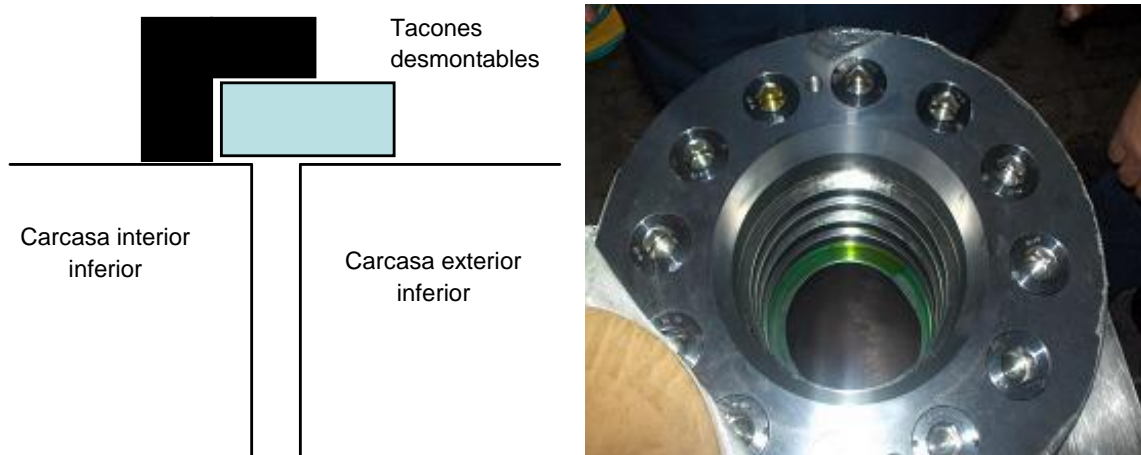


**Figura 2.23. Alojamiento de partes en carcasa.**

La carcasa interna es soportada por medio de 4 tacones desmontables en los extremos los cuales van apretados en la carcasa exterior. Los pernos de apriete y unión entre parte superior e inferior de la carcasa interna van instalados en la junta horizontal de la carcasa interior inferior. En la tubería de llegada de vapor principal se realizó la modificación del sistema de sellado entre carcasas por medio de 4 anillos de pistón por cada tubería, con esto se aumenta la posibilidad de evitar fugas manteniendo la eficiencia del vapor principal. Cada juego de anillos



de pistón va asegurada por medio de una brida la cual lleva tornillos con torque de 530 N-m y estos a su vez van candadeados con punto de golpe. (Figura 2.24.)



**Figura 2.24. Tacones desmontables que soportan carcasa interna.**

Se compone de mitad superior e inferior unidas mediante tornillos en la junta horizontal. La parte inferior esta conformada por dos mitades unidas en la junta vertical por tornillos e internamente forma una estructura que mantiene rígida toda la parte. Esta pieza esta soportada sobre la placa de asentamiento y ésta a su vez sobre las placas y cuñas de nivelación. El extremo inferior de esta pieza se une al condensador principal por medio de la platina o cuello. La parte superior también se compone de dos mitades unidas en la junta vertical por tornillos formando una estructura que la mantiene rígida y evita que el vacío la succione, va soportada sobre la mitad inferior.

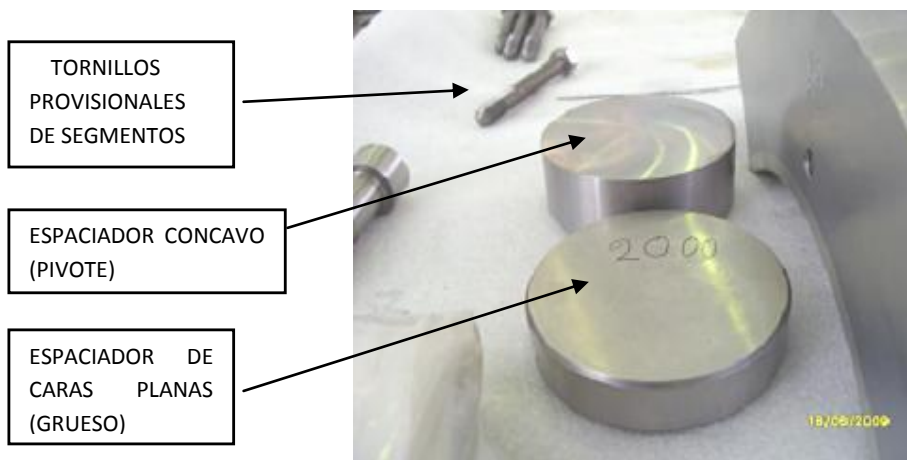
Extracciones. En la parte inferior del anillo de alabes No.2 van integradas las líneas de extracción por las que se envía el flujo de vapor a los calentadores de baja presión 1, 2, 3 y 4. Cada línea tiene una junta de expansión para absorber dilataciones y contracciones y va protegida contra la erosión con lámina de acero inoxidable.

Existen dos carcasas internas conocidos como anillo de alabes No. 2 y anillo de alabes No. 1. El anillo de alabes No. 2 esta soportado sobre la carcasa externa con placa espaciadora a los lados y en estas placas se ajusta su posición vertical maquinándola para bajar o insertando lámina para subir. Este anillo va centrado a la carcasa externa por medio de un perno vertical para no permitirle movilidad tanto en la parte inferior como en la parte superior. Esta carcasa

contiene los pasos fijos L-0 y L-1 en cada extremo. El paso L-0 tiene 46 alabes, el paso L-1 tiene 54 alabes.

### 2.2.10 CHUMACERA No 1 TAP-TIP:

La chumacera uno es del tipo basculante autoalineable y consiste de cuatro segmentos (almohadillas) de acero con recubrimiento de material babbitt. La chumacera es de 10" (254 mm) y tiene una holgura de diseño de 0.41 a 0.51 mm, los segmentos van montados en un anillo soporte o casco con asiento radial tipo plano al pedestal. Esta chumacera queda apretada por el collar de apriete de 0 a 0.02 mm. Y no cuenta con tornillos para el ensamble de la chumacera, además va girada 4° respecto de la horizontal por lo que al momento de desmontar el collar de apriete es importante verificar que no se levante de su posición la parte superior de la chumacera. Cada segmento basculante se coloca con su respectivo juego de laines de ajuste, además de ubicar cada segmento, las laines de ajuste tienen la función de realizar la nivelación entre cojinete y muñón. La laina central en el lado plano hace contacto con la laina que se encuentra en el interior del anillo, esta laina es maquinada al espesor requerido para mantener el claro adecuado en la chumacera. Cada segmento de chumacera se atornillan al anillo por medio de tornillos temporales de 12 x 100 mm cerca del extremo de de cada segmento. Estos tornillos sostienen los segmentos en su lugar durante la operación de ajuste manteniéndose en sitio para motivos de montaje y desmontaje en el mantenimiento, pero deben ser removidos al final del ensamble. (Figura 2.25.)

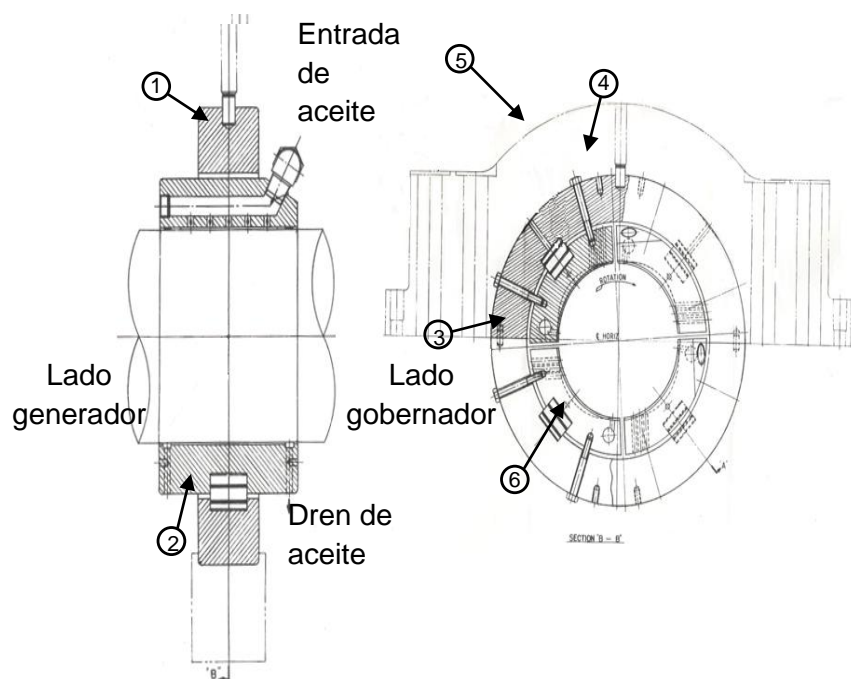


**Figura 2.25. Espaciadores y tornillos provisionales**

El anillo de la chumacera son mitades guiadas a la junta horizontal con el perno guía, estos anillos van fijados en una ranura maquinada en el diámetro interior del pedestal base y el anillo soporte que sitúa la chumacera axialmente. El perno de centrado que se encuentra colocada en la parte superior del anillo superior sirve para mantener la posición circunferencial del anillo.

Los segmentos y lanas de ajuste se numeran del 1 al 4 en sentido de las manecillas del reloj (sentido de giro), en donde el segmento 1 se ubica en la parte superior izquierda. Todos los componentes, incluido el anillo de chumacera se marcan correspondientemente; después de una inspección estas piezas se ensamblan en su misma posición. La chumacera se lubrica con aceite del sistema de aceite de lubricación a través de un múltiple colocado en el pedestal base.

El aceite se conduce al anillo de la chumacera a través de mangueras flexibles y se alimenta a los segmentos de la chumacera a través de cinco barrenos localizados en cada segmento lado inicio del giro. El aceite se distribuye alrededor de la superficie de trabajo pasando por los orificios de cada cojinete. El aceite regresa al pedestal a través de un número de orificios taladrados en cada segmento. (Figura 2.26.)



**Figura 2.26. Entradas y salidas de aceite en chumacera**

**Tabla 2.4. Partes de chumacera N.1**

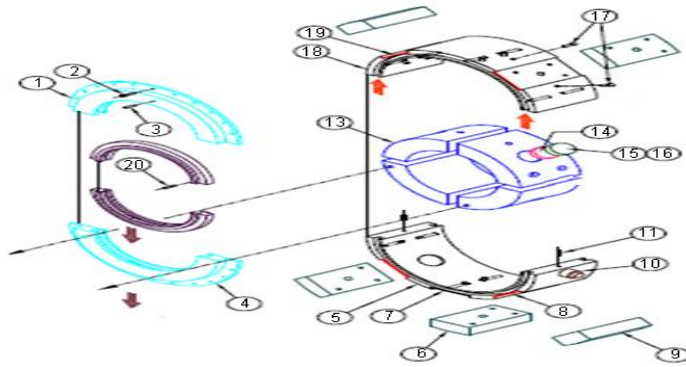
1	Chumacera bipartida
2	Almohadillas (4 segmentos)
3	Perno guía
4	Pernos temporales para mantenimiento
5	Yugo
6	Lainas de ajuste (juego de 3 piezas)

### **2.2.11 CHUMACERA No 2 TAP-TIP:**

La chumacera dos es del tipo basculante autoalineable y consiste de cuatro segmentos de acero con recubrimiento de material babbitt. La chumacera es de 12" (304.8 mm) y tiene una holgura de diseño de 0.51 a 0.61 mm, los segmentos llevan en ambos extremos deflectores de aceite internos, el cojinete se introduce en el anillo inferior y superior. Cada segmento basculante se coloca con su respectivo juego de lainas de ajuste los cuales son simétricos en altura y/o espesor en el lado izquierdo y derecho, además de ubicar a cada segmento, las lainas de ajuste tienen la función de realizar la nivelación entre cojinete y muñón. La chumacera en su conjunto queda apretada por la cubierta de 0.0 a 0.05 mm.

El anillo de chumaceras son mitades guiadas y las cuales van atornilladas en la junta horizontal. El anillo inferior tiene tres tacones de ajuste los cuales dos van colocados a 45° del centro de pedestal y otro en la parte central. El anillo superior tiene dos tacones de ajuste los cuales van colocados a 45°. Dichos tacones que van a 45° tienen que realizar un contacto de 80% en la base del pedestal y cubierta superior, el tacón central debe tener una holgura de 0 a 0.10 mm con respecto al pedestal. Los segmentos y lainas de ajuste se numeran del 1 al 4 en sentido contrario a las manecillas del reloj (contrario al giro), en donde el segmento 1 se ubica en la parte superior derecha. El anillo de chumacera se marca correspondientemente, después de una inspección estas piezas se ensamblan en su misma posición, los segmentos inferiores tienen instalado un termopar, para sensar la temperatura de metal.

Los segmentos de chumacera se atornillan al anillo por medio de tornillos temporales cerca del extremo de cada cojinete. Estos tornillos sostienen los segmentos en su lugar durante la operación de ajuste manteniéndose en sitio para motivos de montaje y desmontaje en el mantenimiento, pero deben ser removidos al final del ensamble. La chumacera se lubrica por medio de una tubería que llega en la parte inferior central del pedestal. El aceite se conduce al anillo inferior de la chumacera a través de un orificio central y alimenta a los segmentos inúndandolos completamente de aceite. (Figura 2.27.)



**Figura 2.27. Chumacera N.2**

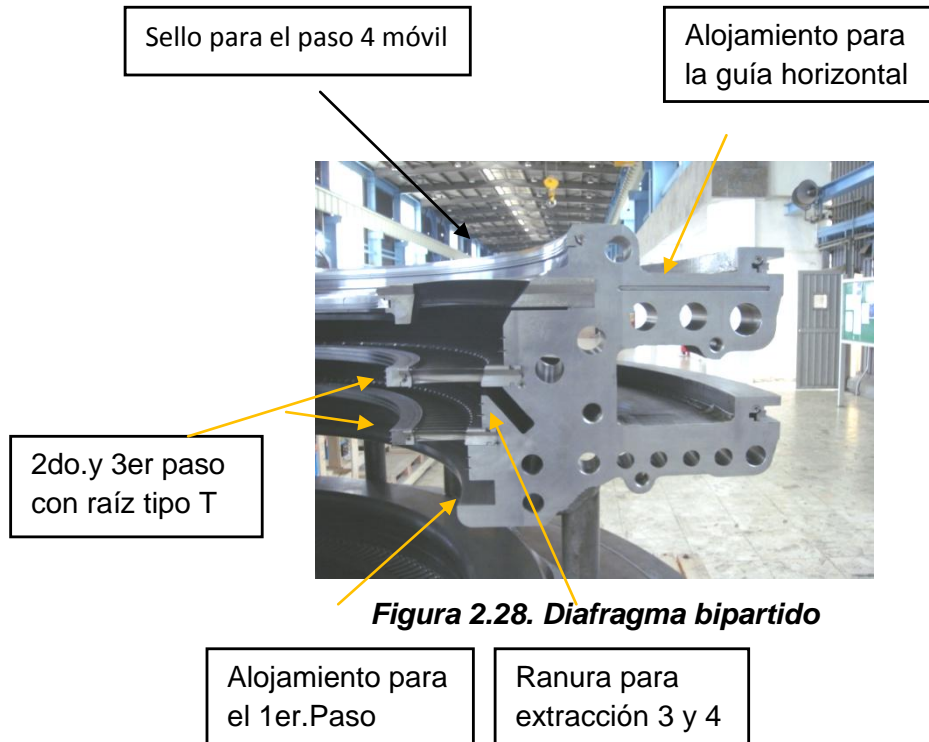
**Tabla 2.5. Partes de chumacera N.2**

1	Reten de anillo de sello de aceite superior
2	Perno de anillo de sello de aceite
3	Guía de reten de anillo de aceite
4	Reten de anillo de sello de aceite inferior
5	Anillo inferior
6	Tacón de ajuste central
7	Revestimiento de cuña
8	Revestimiento de cuña
9	Tacón de ajuste a 45°
10	Perno antigiro
11	Tornillos de apriete de junta horizontal
13	Segmento o almohadilla
14	Laina interna
15	Laina pivote
16	Laina externa
17	tornillo temporal
18	Anillo superior
19	Perno de reten de anillo de aceite
20	Tornillo de unión de anillo de sello

### 2.2.12 ANILLO DE ALABE N.1 TBP

Esta conformado por dos diafragmas, uno a cada extremo del centro de la T.B.P., bipartidos que se unen por medio de tornillos en la junta horizontal y están fabricados con placas de acero soldadas, unidas en la parte central por barras redondas. Aloja los pasos 2, 3 y 4. La junta horizontal lleva una guía rectangular y va insertada en la parte inferior, con caja en la parte superior. Lleva un alojamiento donde entra el paso fijo No. 1 que se maneja independiente. Entre cada paso lleva insertados dos tiras de sellos en el diafragma, que sellan contra la punta de los alabes del rotor. Los pasos 2 y 3, están conformados por alabes independientes que van insertados en la carcasa del anillo con la raíz en forma de "T" y forman un anillo interno (banda integrada) por el lado de la punta, conformando la rueda completa. En las ruedas 2 y 3 el anillo interno o banda, formado por la punta o cabeza de los alabes, lleva una ranura en forma de cola de milano que aloja 4 segmentos de sellos con tres tiras cada segmento, y sella contra el cuerpo del rotor, sin muelle. Estos segmentos de sellos van asegurados con opresor allen en la junta horizontal, el cual va candadeado con puntos de golpe.

Los alabes del paso 4 también forman una circunferencia completa con la sección de banda integrada y llevan una ranura en forma cuadrada con escalón donde se insertan 16 segmentos de sellos con tres cintas de sellos y con muelle de 2.5 mm. Esta punta de alabes lleva una soldadura por el lado del perfil de entrada. Estos alabes, en el lado raíz, van insertados en una ranura en la carcasa del anillo y fijos con una lana asegurada por calafateo. (Figura 2.28.)



**Figura 2.28. Diafragma bipartido**

La carcasa del anillo después del paso 4 lleva 16 segmentos de sellos con 3 tiras de sellos insertadas en una ranura con muelleo.



**Figura 2.29. Segmento de anillo N.1**

Por la parte externa a la altura del paso 2 y 4 lleva una ranura que aloja 20 segmentos de sellos para sellar contra el anillo de alabes No. 2. Esta ranura es axial y radial y aseguran los segmentos con tornillos allen. La ranura que aloja el primer paso lleva un tacón macho para centrar transversalmente al anillo No.1 fijo. Por el lado externo del segundo paso lleva soldado un tacón ranurado para centrar lateralmente con el anillo No. 2. Entre el paso 2 y 3 lleva ranuras que son para las extracciones 3 y 4. En la parte central superior del anillo No.1 lleva un tacón con ranura para posicionarse axialmente con el anillo No.2.

El primer paso fijo esta conformado por dos mitades para hacer un círculo. Cada mitad lleva 60 alabes y van soldados entre su base y corona a un anillo sólido, por el lado interno lleva insertado 2 tiras de sellos calafateados con alambre, por la parte externa lleva un tacón atornillado donde sienta y lo posiciona verticalmente con el anillo No.1. La parte superior lleva dos ranuras hembra para que entre el pin macho del anillo de alabes No.1 y lo posiciona izquierdo-derecho. Hacia el centro las guías radiales llevan soldados unos tacones maquinados que lo posicionan axialmente con el anillo No.1. Ambos pasos fijos lado gobernador y lado generador van unidos por un deflector a través de tornillos y candadeados con arandelas tipo pantalón formando así un diafragma. Este deflector tiene en cada mitad una guía longitudinal en

el sentido axial a cada lado derecho e izquierdo. Ambas mitades superior e inferior se centran al unirse por dos guías verticales y las guías longitudinales. La parte superior del lado derecho lleva un barreno de 62 mm diámetro con un tapón roscado de cabeza hexagonal con ranura en medio y va asegurado con lina. Este barreno sirve para meter contrapesos al plano central durante el balanceo en línea. La parte inferior lleva una guía horizontal longitudinal axialmente para centrar la parte superior. Ambas mitades se unen solo con 4 tornillos de 20 mm. No trae barrenos para tornillos de gateo.

### **2.2.13 ANILLO DE ALABES NO. 2 TBP.**

Está construido por secciones de placa de acero soldadas formando dos diafragmas que se unen al centro por barras redondas soldadas. Esta conformado por dos mitades superior e inferior que se unen en su junta horizontal por medio de tornillos.

La mitad inferior lleva en su parte interna al centro un pin soldado con 4 placas que le sirven de ménsulas y maquinado que sirve para centrar al anillo de alabes No. 1 (donde se alojan los pasos fijos 2, 3 y 4) axial y radialmente. De aquí hacia cada extremo lleva dos guías radiales y un pin que mantiene centrado al paso fijo No. 1 en posición central izquierdo/derecho y axialmente. En estas guías radiales lleva unos registros por donde se extrae el vapor hacia las extracciones 3 y 4. Seguido lleva una guía radial y un pin vertical que mantiene centrado izquierdo/derecho al diafragma de paso L-1 y axialmente. Finalmente en los extremos lleva una guía radial y un pin vertical que mantiene centrado izquierdo/derecho y axialmente el diafragma del paso L-0.

Entre el paso L-1 y L-0 lleva ménsulas soldadas para dar rigidez al diafragma. En la parte inferior lleva cinco tomas con orificios y soldadas a la carcasa para drenes ubicados uno en la parte central, uno entre pasos 3 y 4, uno entre pasos 4 y 5 y uno entre pasos 5 y 6. En la junta horizontal lleva unos saques donde se alojan tacones atornillados donde llega la parte superior de los pasos 2 a 6. Entre los pasos 2 y 4 lleva dos guías en forma de barra que hace un sello con la parte superior.

Por la parte externa en la junta horizontal lleva a cada lado izquierdo y derecho 2 orejas para maniobra y 2 salientes planos para soportarse sobre la carcasa externa inferior. En la parte inferior lleva las tuberías de extracciones 1 a 4, cuatro orejas soldadas para maniobrar y en línea central ocho tubos soldados al cuerpo y conexiones de los drenes (4 a cada extremo).



Por el exterior en la parte central lleva un orificio de 94 mm diámetro para centrarse con el pin en la carcasa externa inferior.

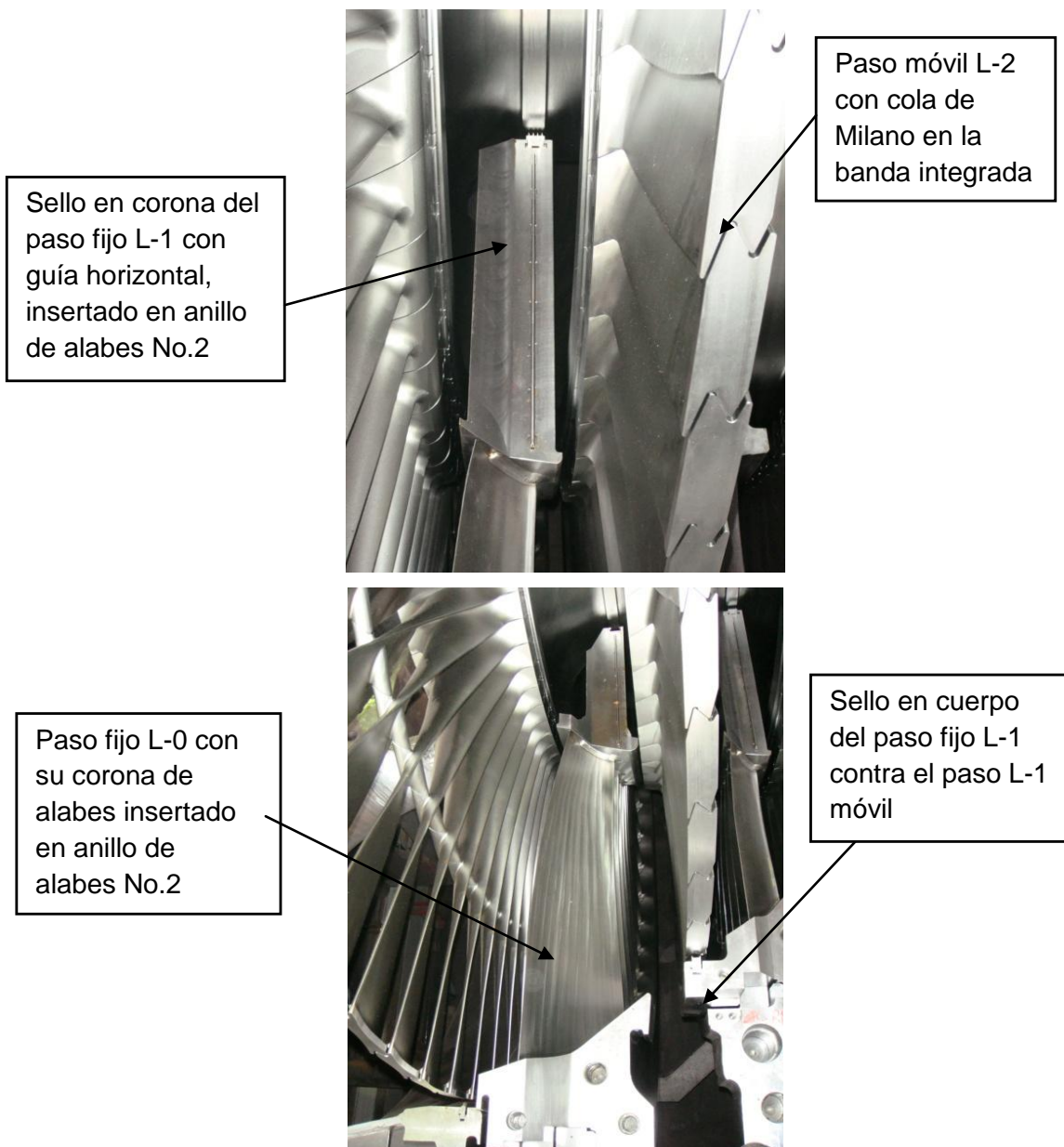
Le marcan en las líneas de extracciones los ejes y elevaciones para hacerle los barrenos para conectar drenes y termo pozos. En las caras de los extremos lleva barrenos para tornillos que sujetan las guías de flujo.

El paso L-1 es un diafragma bipartido, los alabes van soldados entre dos anillos de placa, al centro tiene 4 segmentos de sellos con 4 tiras de sellos calafateados y una muelle metálica por abajo. En la junta horizontal lleva una guía en forma de barra recta cuadrada que recibe la parte superior para ensamblar. Por la parte externa lleva una guía radial hembra donde se inserta el macho del anillo No. 2 y una caja al centro para el pin del anillo No. 2 que lo posiciona izquierdo-derecho. También la parte inferior lleva dos tacones que asientan sobre el saque del anillo No.2 y lo posiciona verticalmente. Por el lado interno del diafragma se alojan ocho segmentos de sellos que sellan contra el rotor.

El paso L-0 es idéntico al paso L-1 excepto el sello del diafragma. (Figura 2.30.)



**Figura 2.30. Anillo de alabes N.1**



**Figura 2.31. Anillo de alabes N.2**

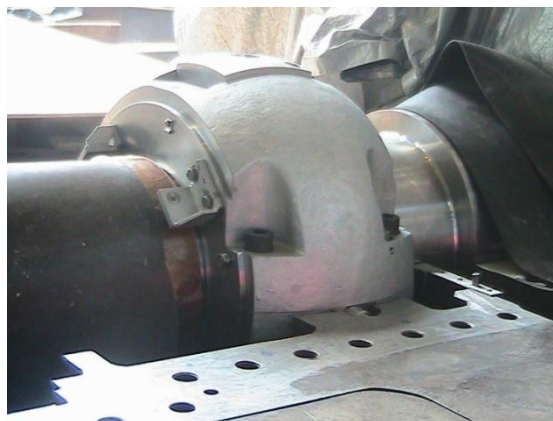
La estructura de la carcasa externa soporta la mitad inferior del anillo No.2 mediante una placa base a cada lado, existiendo entre ellas una placa espaciadora de 340 x 225 x 33 mm todos se sujetan con 3 tornillos socket de 24 mm diámetro y un tornillo de 55 mm.



**Figura 2.32. Placa base del anillo de alabes No.2, Placa espaciadora del soporte de anillo No.2**

#### **2.2.14 CHUMACERAS TBP**

Las chumaceras de carga radial son tipo cilíndricas y son dos para soportar el rotor de baja presión, vienen bipartidas en la junta horizontal y se unen por medio de tornillos. Cada una trae dos tacones a 45° en la parte inferior y uno en la mitad superior. Ambas mitades están recubiertas con metal antifricción, especificación ASTM-B23 Gr 3. Cada chumacera viene con su termocople para sensor temperatura de metal.

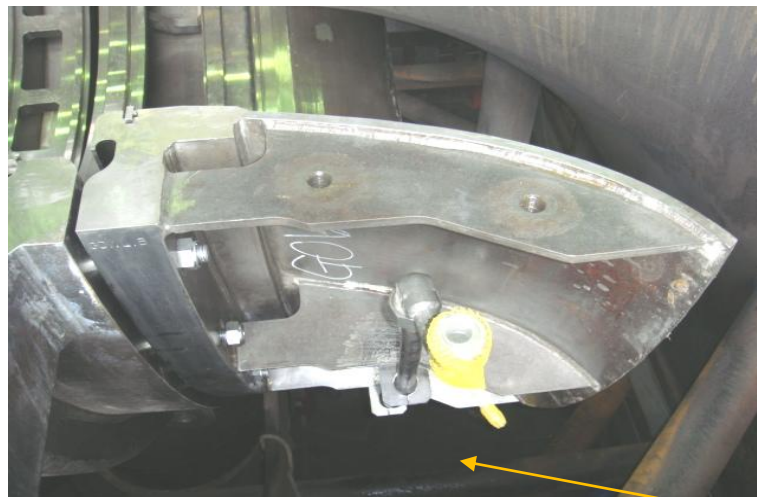


**Figura 2.33. Chumacera TBP**

### 2.2.15 GUIAS DE FLUJO

Dirigen el vapor de escape de la turbina hacia el condensador y se unen al cuerpo del anillo de alabes No. 2 por los extremos gobernador y generador mediante birlos de 24 mm sujetos con tuerca de seguridad, llevan un espaciador tipo arandela.

Contiene insertado un sello en una ranura tipo "L" que actúa contra el paso L-0 del rotor en la banda de los alabes. La guía cubre los 360° y sus dimensiones son 190 mm en la base de unión x 590 mm altura. Alrededor de cada guía existe la tubería de atemperación con 5 toberas de rocío por cada extremo y va soportada con placas soldadas a cartabones. El objetivo de esta tubería es controlar la temperatura del vapor de escape de turbina para proteger la última fila de alabes y prevenir bolsas de escape por sobrecalentamiento. Opera cuando alcanza una temperatura de 70°C, pues si hay alta temperatura de vapor en el escape, afecta la última fila del rotor perdiendo eficiencia en la turbina y puede provocar daños como deformación en los alabes y carcasa. (Figura 2.34.)



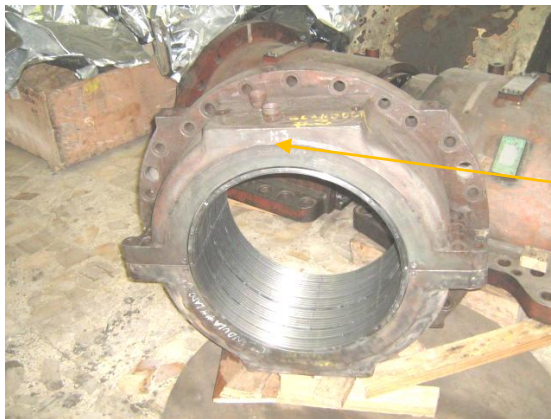
Boquilla de atemperación

**Figura 2.34. Boquilla de atemperación**



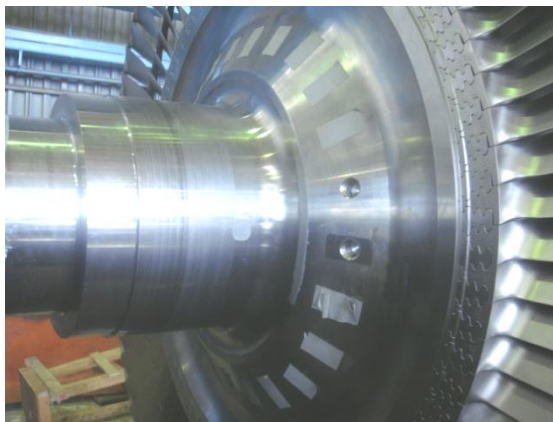
### 2.2.16 CAJAS DE VAPOR DE SELLOS

El objetivo de estos sellos de vapor montados a los extremos de la turbina es evitar que entre aire al interior de la carcasa y al mismo tiempo evita la salida de vapor al exterior. Va una caja en extremo gobernador y otra en extremo generador. Están conformadas por mitad superior e inferior. Cada caja lleva 4 filas de segmentos, cada fila con 8 segmentos y 8 tiras de sellos insertadas en el segmento y calafateadas con el mismo material. Todos los segmentos operan en una area lisa del rotor. Los dos segmentos centrales inferiores y superiores llevan una muelle que se sujeta con un tornillo de 5 mm cabeza plana y esta actúa sobre 2 segmentos. Cerca de la junta horizontal, a cada lado lleva un perno que funciona como seguro a lo largo de las 4 filas de segmentos, se atornilla en un extremo y va calafateado.



Tomas para termopar de temperatura de vapor de sellos

**Figura 2.35. Caja de vapor de sellos armada con todos sus segmentos, tornillos y muelles**



**Figura 2.36. Vista del rotor donde se observa el área donde van montados los sellos de vapor. Tiene un solo escalón y es lisa circunferencialmente.**

### **2.2.17 DIAFRAGMAS DE PLOMO**

Son dos diafragmas por unidad y van ubicados en la parte superior de la carcasa externa de baja presión, uno a cada extremo montados sobre una base metálica. Su forma es circular y su función es la de aliviar la presión en el interior de la sección de baja presión cuando esta presión se incrementa en forma considerable y pasa a ser positiva. Normalmente se rompen cuando operan por ser de plomo ya que su espesor es de 1.0 mm, por lo que, después del evento estos deben ser inspeccionados y en su caso reemplazados por nuevos.



***Figura 2.37. Diafragma de plomo montado en su base en periodo de prueba con nivel de agua***

### **2.2.18 DEFLECTORES DE ACEITE TAP-TIP:**

El tipo de sellos de aceite usados en los cojinetes sirve para evitar que el aceite escape a lo largo de la flecha, los anillos están hechos en mitades y son asegurados en la junta horizontal por tornillos allen y centrado por pernos guías.

Las tirillas de sello son montadas en ranuras maquinados en el diámetro interior de los anillos y cada tira se inserta en los anillos y asegurándose en su lugar martillando el metal adyacente a su ranura, formándose una trampa de aceite. Las tiras se ajustan al eje del rotor dejando una tolerancia de diseño que es repartido en los claros laterales de 0.13 a 0.18 mm en la parte inferior. Los deflectores de aceite van montados a un lado de la chumacera 1 y 2, el aceite que no es arrojado fuera de la chumacera por la fuerza centrífuga y se escurre a lo largo de la flecha es colectado entre los sellos y fluye hacia abajo a un depósito a través de una serie de agujeros taladrados en la parte inferior del anillo, de este depósito el aceite fluye hacia el interior del alojamiento del cojinete.

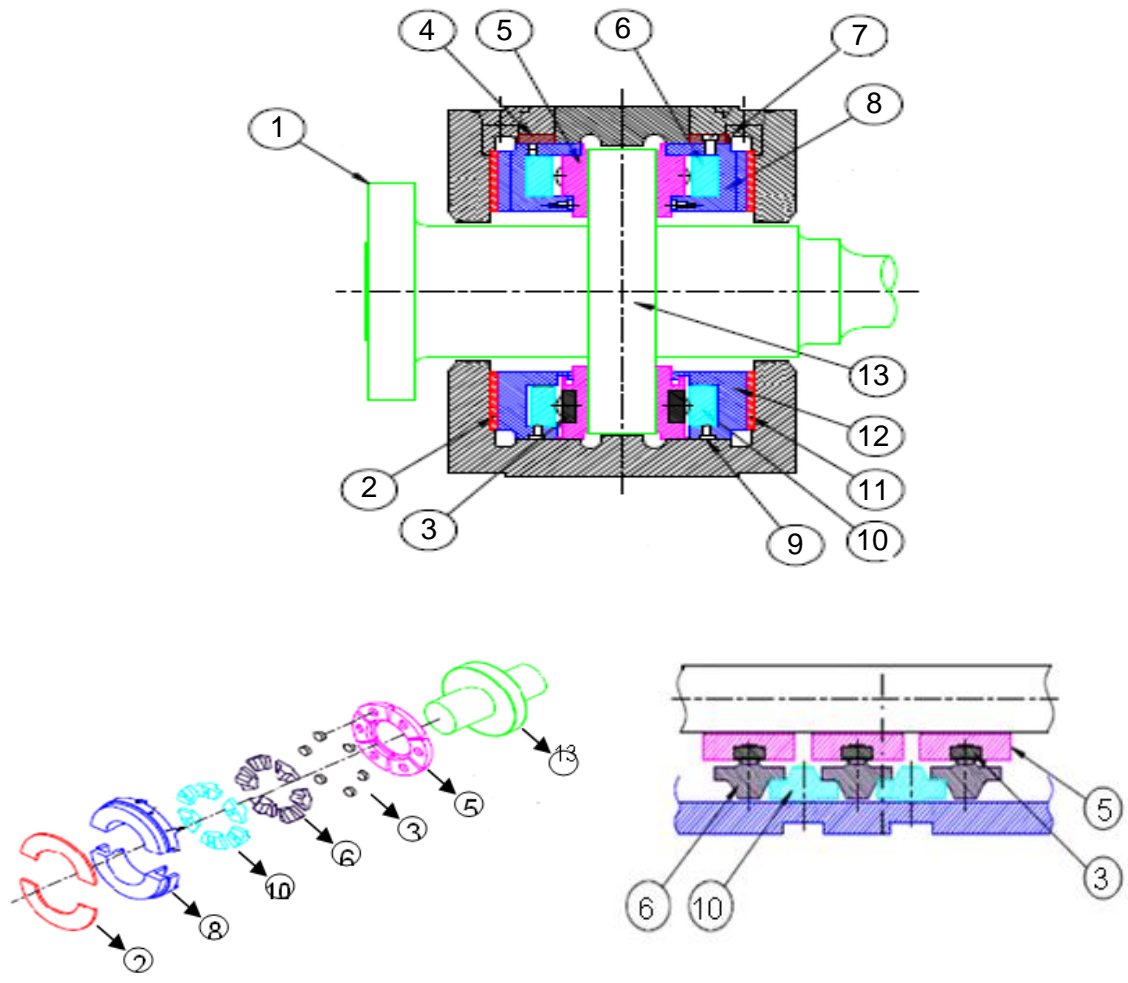
Bajo condiciones normales no debe haber fugas de aceite a través de esos sellos. No obstante se debe tener cuidado y ver que no tengamos presión de vapor de aceite que pase a los alojamientos, por que una excesiva presión puede forzar el paso de vapor de aceite a los sellos.

Esta condición ocurre, si los orificios de dren llegan a ser obstruidos o por si alguna razón trabajan llenos de aceite por algún tiempo.

Estos deflectores de aceite no deben instalarse hasta que el rotor este en su posición correcta de rodado o después de la alineación final.

#### **2.2.19 CHUMACERA DE EMPUJE TAP-TIP:**

La chumacera de empuje mide 17", es del tipo de placa de nivelación (almohadillas pivote) y lubricación directa, el cual distribuye automáticamente la carga igual entre los diversos segmentos o almohadillas. Estos segmentos son seis por lado y se apoyan sobre las placas de nivelación que están sostenidas en el anillo de retención base el cual esta construido en mitades. La placas de nivelación, por medio de su movimiento oscilante permiten a los segmentos tomar una determinada posición, de manera que el centro de carga de la superficies recubiertas de babbitt, están todas en el mismo plano. Consecuentemente, cada segmento toma una igual cantidad de carga. Esta construcción elimina la necesidad de tener todos los segmentos exactamente del mismo espesor. Por un desplazamiento acumulativo de las placas de nivelación la carga de los segmentos o almohadilla de empuje también se distribuye uniformemente, en caso de que el eje, conduciendo el collar, no está exactamente en paralelo con el diámetro de la cubierta. (Figura 2.38.)



**Figura 2.38. Chumacera de empuje**



**Tabla 2.6 partes de la chumacera de empuje**

1	Flecha de tope de extensión
2	Lainas de ajuste lado gobernador
3	Soporte de segmento o almohadilla
4	Cuña
5	Segmento o almohadilla
6	Placa de nivelación inferior
7	Cuña
8	Anillo de retención base
9	Tornillo de ajuste
10	Placa de nivelación superior
11	Laina de ajuste lado generador
12	Anillo de retención base
13	Collar de empuje

El empuje del rotor se transmite a los segmentos por medio de un collar de acero el cual esta maquinado integralmente con la flecha de extensión que esta asegurado con tornillería en el extremo del rotor de la turbina de alta presión lado gobernador. Los segmentos o almohadilla y las placas de nivelación se apoyan en el anillo de retención base que esta dividido en el plano horizontal. El anillo de retención base se sostiene en la caja del cojinete de empuje y la rotación relativa de la caja se evita por medio de las cuñas del anillo base, las cuales ajustan en un cuñero en la mitad superior de la caja. La caja de la chumacera de empuje esta construida en mitades, dividida en la línea central horizontal y asegurada con tornillería y guías.

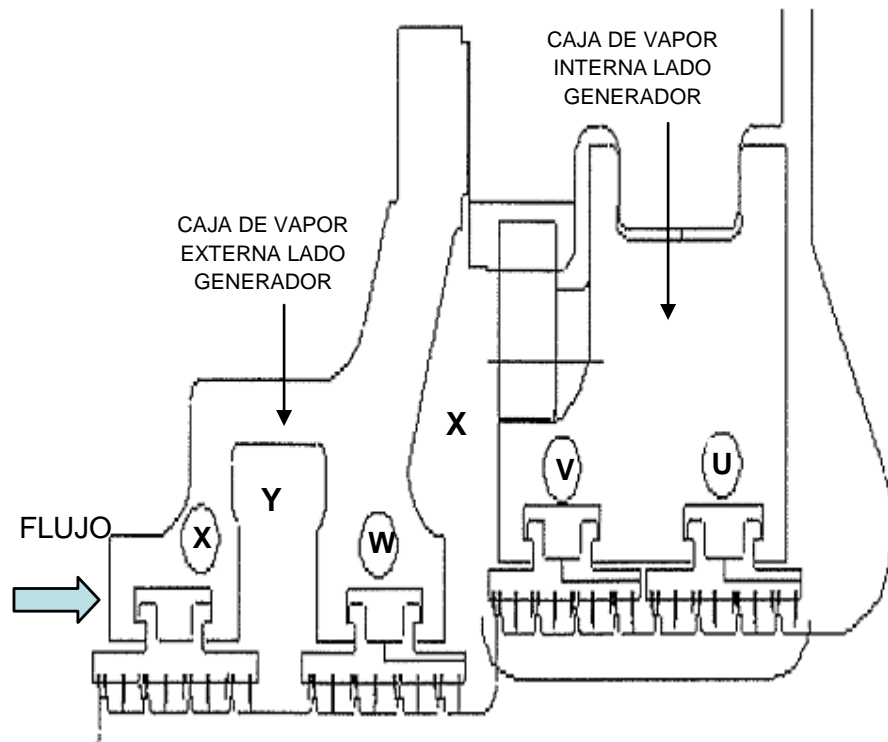
La chumacera de empuje se puede desmantelar completa, sin necesidad de desmontar el rotor o la flecha de extensión. Después de desmontar la tapa superior del pedestal frontal, quitar los tornillos que mantienen juntas las mitades superiores e inferiores de la caja y levantar la mitad superior. Quitar los tornillos del anillo de retención base, después se pueden quitar ambas mitades del cojinete de empuje. El huelgo total axial en esta chumacera de empuje es de 0.46 a 0.61 mm, este se obtiene por medio del rectificado durante el montaje de las dos lainas de ajuste las cuales son bipartidas y se encuentra una del lado gobernador y la otra del lado generador. Después que esta montada la chumacera de empuje, el huelgo se debe verificar rodando el rotor y moviéndolo de un extremo a otro en posición axial.

La lubricación de la chumacera de empuje se realiza directamente desde una línea de los cojinetes principales a presión por la parte superior de la caja, por medio de dos mangueras flexibles, su descarga es por las dos ranuras que tiene la caja inferior. Con forme gire el collar de empuje con respecto a las zapatas, la película de aceite entra en cada zapata y el collar tendera a formar una cuña de aceite gruesa sobre su lado frontal o arista de entrada a las zapatas. Así el aceite es conducido entre las superficies por el movimiento del collar, asegurándose una lubricación correcta de estas superficies.

#### **2.2.20 CAJAS DE SELLOS DE VAPOR LADO GENERADOR:**

Las cajas de vapor están formadas por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, del lado generador consta de dos cajas de vapor, una externa y otra interna las cuales su función principal es evitar las fugas de vapor al exterior. Los segmentos de sellos de vapor "C" son del tipo laberinto, consistiendo de un número determinado de anillos de sellos que minimizan las fugas de vapor. Las fugas de vapor son apartadas en la cámara "Y" a través de una conexión en la mitad inferior de la caja de sellos hacia el condensador de vapor de sellos. El condensador mantiene un vacío parcial en la cámara "Y", el cual evita que las fugas de vapor pasen de esta cámara a la cámara de la turbina.

El vapor de sellos es admitido o apartado de la cámara "X" a través de una conexión en la mitad inferior de la cubierta de sellos, una presión es mantenida automáticamente en esta cámara, bajo cualquier condición de operación, por medio del controlador de vapor de sellos. (Figura2. 39)



**Figura 2.39. Caja de vapor.**

La caja de sellos de vapor externa y la caja de sellos de vapor interna lado generador tienen dos hileras de segmentos de sellos de vapor, cada hilera contiene cuatro segmentos de sellos de vapor por mitad, cada segmento de sello de vapor tiene doce cintillas, las cuales son intercambiables individualmente en caso de daño.

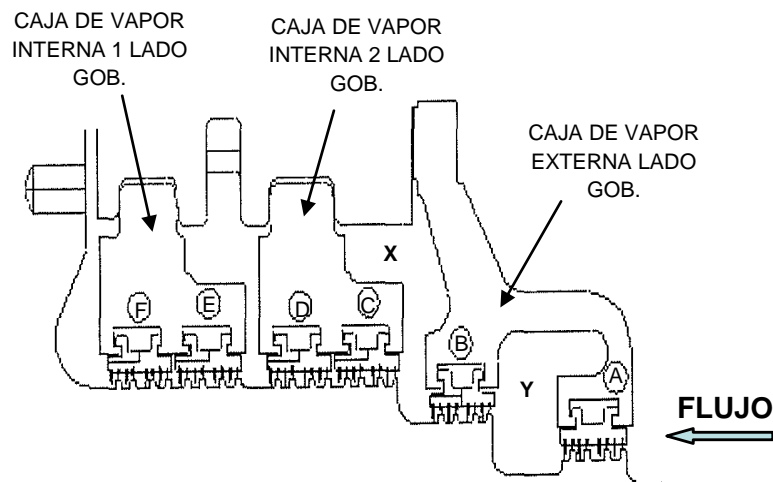
Los segmentos de sellos de vapor están hechos con una raíz "T" la cual se coloca en su correspondiente ranura en la cubierta de sellos. Cada segmento de sello es respaldado por cuatro abrazaderas tipo muelle aseguradas por un tornillo con un claro amplio bajo la cabeza para permitir el movimiento del muelle. Los tornillos de retención están asegurados al conjunto de piezas remachándoles las puntas.

Los segmentos de sellos de vapor están numerados en cada junta para su identificación, cuando se ensamblen nuevamente después de un mantenimiento es importante que sean montados en su forma original. Se mantiene un suministro de presión de vapor en las ranuras de cada segmento de sellos de vapor para hacer que el anillo de sello asiente radialmente por tener el vapor una fuerza que es más grande en el lado externo que en el interno. Esos anillos de sello siempre deberán ser insertados con esas caras de las ranuras en dirección a la entrada del flujo de vapor.

### 2.2.21 CAJAS DE SELLOS DE VAPOR LADO GOBERNADOR:

Las cajas de vapor están formadas por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, del lado gobernador consta de tres cajas de vapor, una externa y dos internas las cuales su función principal es evitar las fugas de vapor al exterior. Los segmentos de sellos de vapor "C" son del tipo laberinto, consistiendo de un número determinado de anillos de sellos que minimizan las fugas de vapor. Las fugas de vapor son apartadas en la cámara "Y" a través de una conexión en la mitad inferior de la caja de sellos hacia el condensador de vapor de sellos. El condensador mantiene un vacío parcial en la cámara "Y", el cual evita que las fugas de vapor pasen de esta cámara a la cámara de la turbina.

El vapor de sellos es admitido o apartado de la cámara "X" a través de una conexión en la mitad inferior de la cubierta de sellos, una presión es mantenida automáticamente en esta cámara, bajo cualquier condición de operación, por medio del controlador de vapor de sellos. (Figura 2.40)



**Figura 2.40. Caja de vapor lado gobernador**

La caja de sellos de vapor externa y las cajas de sellos de vapor internas lado gobernador tienen dos hileras de segmentos de sellos de vapor, cada hilera contiene cuatro segmentos de sellos de vapor por mitad, cada segmento de sello de vapor tiene ocho cintillas, las cuales son intercambiables individualmente en caso de daño.

Los segmentos de sellos de vapor están hechos con una raíz “T” la cual se coloca en su correspondiente ranura en la cubierta de sellos. Cada segmento de sello es respaldado por cuatro abrazaderas tipo muelle aseguradas por un tornillo con un claro amplio bajo la cabeza para permitir el movimiento del muelle. Los tornillos de retención están asegurados al conjunto de piezas remachándoles las puntas.

Los segmentos de sellos de vapor están numerados en cada junta para su identificación, cuando se ensamblen nuevamente después de un mantenimiento es importante que sean montados en su forma original. Se mantiene un suministro de presión de vapor en las ranuras de cada segmento de sellos de vapor para hacer que el anillo de sello asiente radialmente por tener el vapor una fuerza que es más grande en el lado externo que en el interno. Esos anillos de sello siempre deberán ser insertados con esas caras de las ranuras en dirección a la entrada del flujo de vapor.

#### **2.2.22 ANILLO DE ÁLABES DE TAP:**

El anillo de álabes esta formado en dos mitades, superior e inferior las cuales van unidas en su junta horizontal por medio de pernos, estos van insertados en la mitad inferior. El anillo de álabes de TAP está conformado por cuatro secciones de anillos de alta presión, los cuales en su interior alojan los diferentes pasos de álabes de reacción. Cada sección de anillo de álabes cuenta con una guía radial externa en la cual se realizan los ajustes axiales, el alojamiento inferior en ambas mitades sirve para el centrado de la pieza. (Figura 2.41.)

**Tabla2.6. Anillo de alabes de TAP**

Anillo de álabes sección 1	Paso 1, 2 y 3
Anillo de álabes sección 2	Paso 4, 5 y 6
Anillo de álabes sección 3	Paso 7, 8 y 9
Anillo de álabes sección 4	Paso 10, 11 y 12



**Figura 2.41. Anillo de alabes**

Cada paso de reacción tiene un determinado número de álabes los cuales sirven para direccionar el vapor hacia las ruedas móviles del rotor. Los álabes son diseñados del tipo F3D (libremente tres dimensiones) con un perfil curvado y torcido.

**Tabla 2.7. No. De alabes de cada paso**

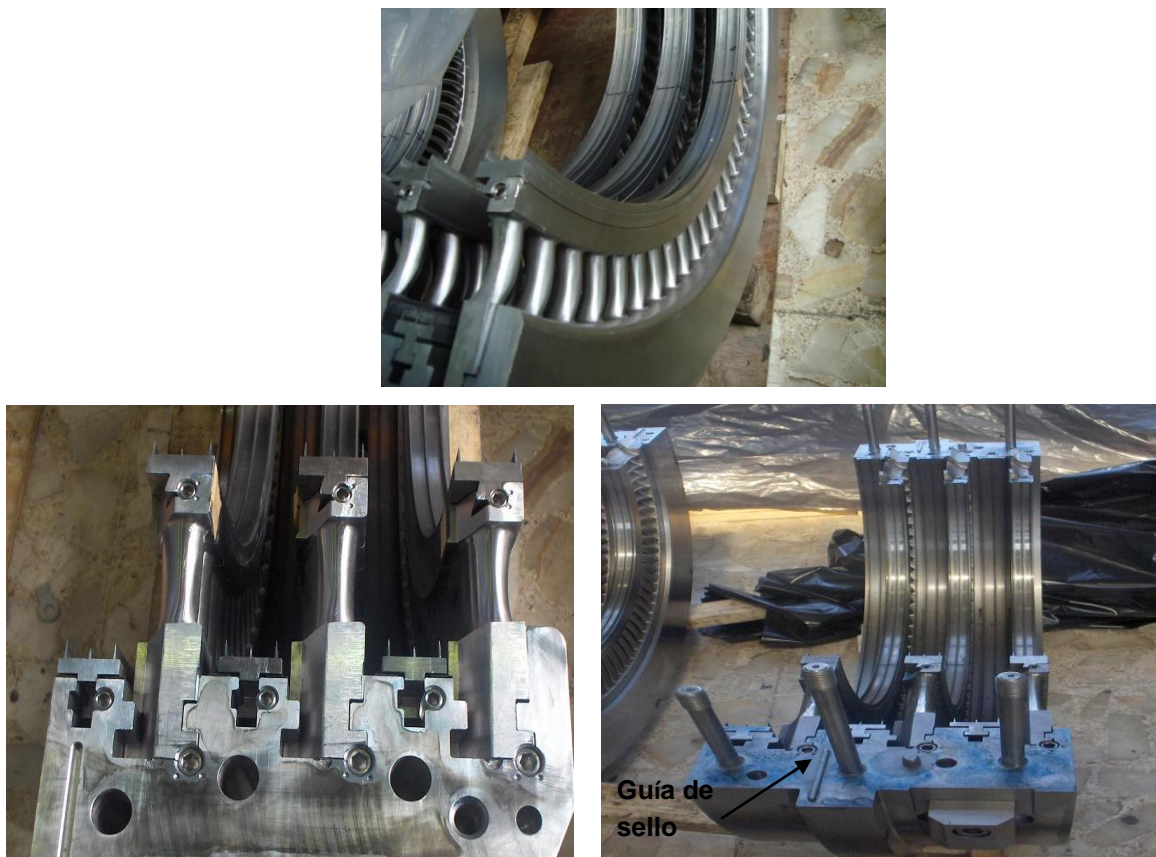
Paso 1 inferior	70 álabes
Paso 2 inferior	70 álabes
Paso 3 inferior	70 álabes
Paso 4 inferior	88 álabes
Paso 5 inferior	88 álabes
Paso 6 inferior	88 álabes
Paso 7 inferior	88 álabes
Paso 8 inferior	88 álabes
Paso 9 inferior	88 álabes
Paso 10 inferior	88 álabes
Paso 11 inferior	88 álabes
Paso 12 inferior	88 álabes

La sección superior de cada anillo tiene la misma cantidad de álabes por paso.

Cada anillo de álabes tiene tres anillos de segmentos de sellos de vapor “C” y “R” la cual realizan un sellado radial y axial con respecto al cuerpo y álabes móviles del rotor. En el alojamiento de la corona de cada paso se tienen instalados los segmentos de sellos de vapor “C” los cuales forman una circunferencia completa. Los segmentos de sellos de vapor “R” se

encuentran instalados en alojamientos independientes los cuales también forman una circunferencia completa. En los 12 pasos se tienen instalados en cada mitad del anillo de álabes, dos segmentos del anillo de sello de vapor “C” los cuales tienen su lana de muelle, cada segmento tiene tres cintillas de sellado. En los pasos del 1 al 11 se tienen instalados en cada mitad de anillo de álabes, tres segmentos de anillo de sello de vapor “R” los cuales tienen su lana de muelle, cada segmento tiene tres cintillas de sellado. En el paso 12 se tienen instalados tres segmentos de anillo de sello de vapor “R” los cuales tienen cinco cintillas de sellado.

Los segmentos de sellos de vapor “C” en los extremos van candadeados con opresor allen y este va calafateado en su junta horizontal. En los pasos de álabes de reacción los segmentos del anillo de sellos de vapor son desmontables para cambio independiente en caso de daño, estos van instalados en una guía de alojamiento y son candadeados por opresores allen y estos van calafateados en su junta horizontal. Los segmentos de sellos de vapor “R” van instalados en su guía de alojamiento con raíz “T”, los segmentos “R” en la mitad superior van candadeados con opresor allen y este va calafateado en su junta horizontal. En la junta horizontal de la sección inferior se tiene una guía de sello, la cual es desmontable para su mantenimiento. (Figura 2.42.)



**Figura 2.42 Segmentos de sellos de vapor**

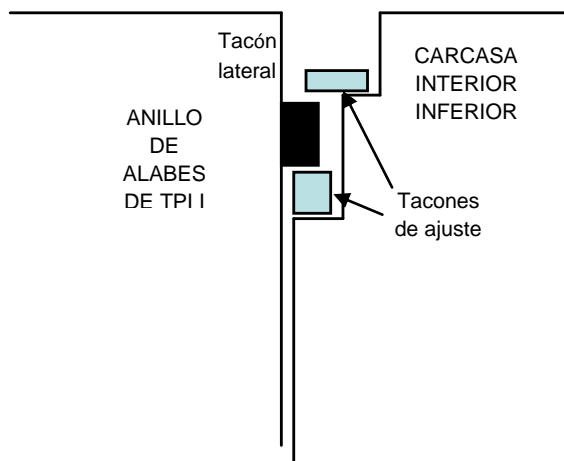
### 2.2.23 ANILLO DE ÁLABES DE TIP1:

El anillo de álabes esta formado en dos secciones las cuales van unidas en su junta horizontal por medio de pernos, los cuales van fijos en la mitad inferior, en su interior aloja los cinco pasos de álabes de reacción de presión intermedia. El anillo de álabes tiene una guía radial exterior en la cual se realizan los ajustes axiales y es maquinada a terminación espejo, en ambas mitades en la parte central exterior tienen maquinado un alojamiento en el cual se realiza el centrado radial de la pieza. (Figura 2.43.)



**Figura 2.43. Anillo de alabes**

En la sección inferior en los extremos de la parte exterior se tiene dos tacones los cuales se soportan en la carcasa interior inferior de TAP, dichos tacones son desmontables para facilitar su mantenimiento y/o cambio. (Figura 2.44.)



**Figura 2.44. Tacones desmontables**



Cada paso de reacción de TIP1 tiene un determinado número de álabes los cuales sirven para direccionar el vapor hacia las ruedas móviles del rotor. Los álabes son diseñados del tipo F3D (libremente tres dimensiones) con un perfil curvado y torcido.

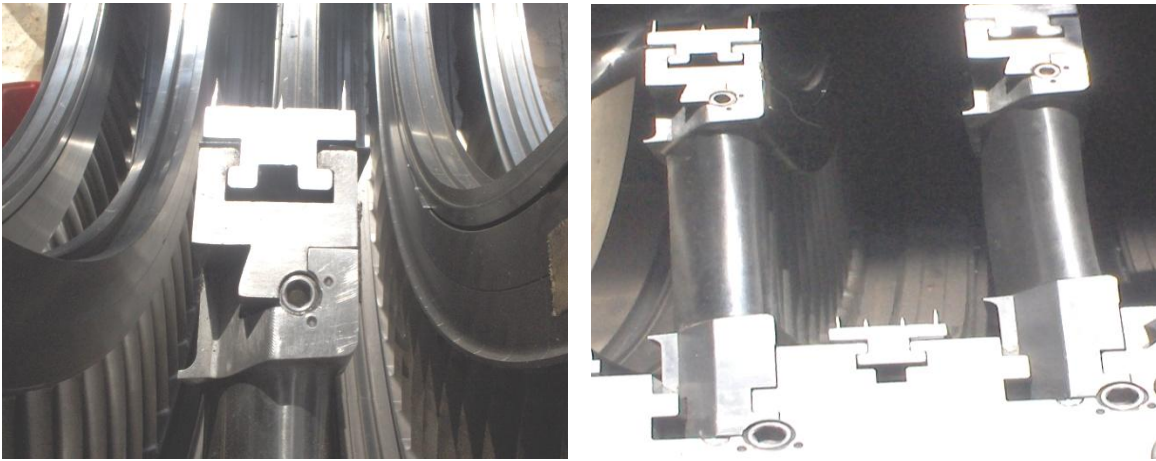
**Tabla 2.8 No. De alabes de TIP1**

Paso 1 inferior	70 álabes
Paso 2 inferior	72 álabes
Paso 3 inferior	74 álabes
Paso 4 inferior	76 álabes
Paso 5 inferior	78 álabes

La sección superior de TIP1, tiene la misma cantidad de álabes por paso. El anillo de álabes de TIP1, tiene cinco anillos de segmentos de sellos de vapor “C” y “R”, los cuales realizan un sellado radial y axial con respecto al cuerpo y álabes móviles del rotor en la etapa de presión intermedia. En el alojamiento de la corona de cada paso se tienen instalados los segmentos de sellos de vapor “C” los cuales forman una circunferencia completa. Los segmentos de sellos de vapor “R” se encuentran instalados en alojamientos independientes los cuales también forman una circunferencia completa. Cada hilera o anillo de segmentos de sellos de vapor “C” tiene cuatro segmentos, en la primera hilera los segmentos de sellos de vapor “C” tienen cinco cintillas y de la segunda a la quinta hilera los segmentos de sellos de vapor “C” tienen tres cintillas.

Cada anillo de segmentos de sello de vapor “R” tiene cuatro segmentos. En la quinta hilera los segmentos de sellos de vapor “R” tienen 3 cintillas, de la primera a la cuarta hilera los segmentos de sellos de vapor “R” tienen 4 cintillas.

Los cinco anillos de álabes de la sección superior e inferior de la TIP1, tienen instalado una guía de alojamiento de los segmentos de sellos independiente desmontable, la cual va candadeados con opresores allen y estos a su vez van calafateados en su junta horizontal. Los álabes de reacción de los pasos de presión intermedia son desmontables para cambio independiente en caso de daño, estos van instalados en una guía de alojamiento y son candadeados por opresor allen y este va calafateado en su junta horizontal. (Figura 2.45.)



**Figura 2.45. Guía de alojamiento de los segmento de sellos**

Los segmentos de sellos de vapor “C” y “R” en la sección superior e inferior van instalados en su guía de alojamiento con raíz “T” y son insertados por la junta horizontal. En la sección superior los segmentos de sellos de vapor “C” y “R” en los extremos van candadeados con opresor allen y este va calafateado.

#### **2.2.24 ANILLO DE ÁLABES DE TIP2:**

El anillo de álabes esta formado por dos secciones las cuales van unidas en su junta horizontal por medio de pernos, mismos que van fijos en la mitad inferior, en su interior aloja los cuatro pasos de álabes de reacción de presión intermedia 2. El anillo de álabes tiene una guía radial exterior en la cual se realizan los ajustes axiales y es maquinada a terminación espejo, en ambas mitades en la parte central exterior tienen maquinado un alojamiento en el cual se realiza el centrado radial de la pieza. (Figura 2.46.)



**Figura 2.46. Anillo de alabes TIP2**

El anillo de álabes de TIP2, va soportado por medio de dos tacones en la carcasa exterior inferior de TAP, dichos tacones son desmontables para facilitar su mantenimiento y/o cambio.

Cada paso de reacción de TIP2 tiene un determinado número de álabes los cuales sirven para direccionar el vapor hacia las ruedas móviles del rotor. Los álabes son diseñados del tipo F3D (libremente tres dimensiones) con un perfil curvado y torcido.

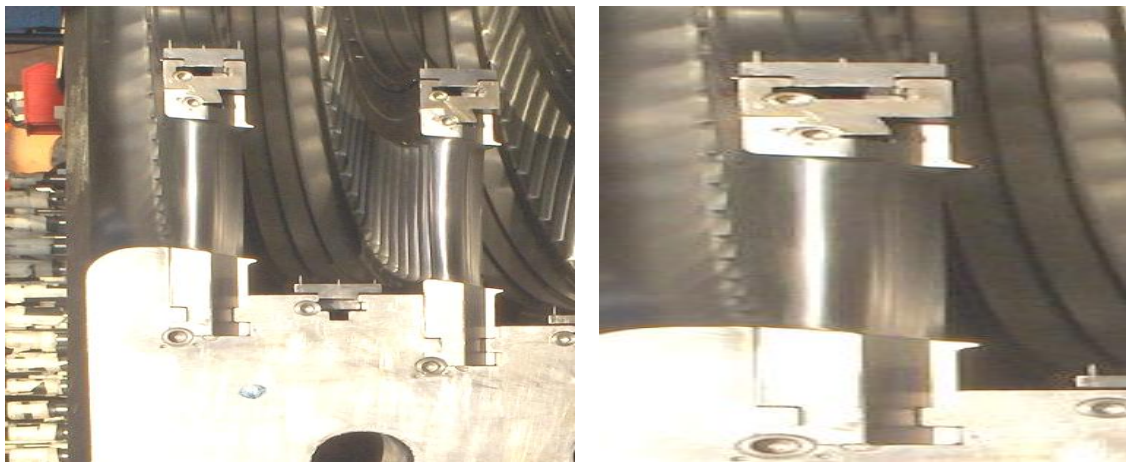
**Tabla 2.9 No. De alabes de el anillo TIP2**

Paso 6 inferior	80 álabes
Paso 7 inferior	84 álabes
Paso 8 inferior	76 álabes
Paso 9 inferior	70 álabes

La sección superior de TIP2, tiene la misma cantidad de álabes por paso. El anillo de álabes de TIP2, tiene cuatro hileras de segmentos de sellos de vapor “C” y “R”, los cuales realizan un sellado radial y axial con respecto al cuerpo y álabes móviles del rotor en la etapa de presión intermedia dos. En el alojamiento de la corona de cada paso se tienen instalados los segmentos de sellos de vapor “C” los cuales forman una circunferencia completa. Los segmentos de sellos de vapor “R” se encuentran instalados en alojamientos independientes los cuales también forman una circunferencia completa. Cada hilera de segmento de sello de vapor “C” tiene cuatro segmentos, de la hilera 6 y 7 cada segmento tiene tres cintillas, de la hilera 8 y 9 cada segmento tiene cuatro cintillas.

Cada hilera de segmentos de sellos de vapor “R” tiene cuatro segmentos, cada segmento de la hilera 6 a la 9 tienen tres cintillas.

Las cuatro ruedas de álabes de la sección superior e inferior de TIP2, tienen instalado una guía de alojamiento de los segmentos de sellos independiente desmontable, la cual va candadeados con opresores allen y estos a su vez van calafateados en su junta horizontal. Los álabes de los pasos de reacción del anillo presión intermedia 2, son desmontables para cambio independiente en caso de daño, estos van instalados en una guía de alojamiento y son candadeados por opresor allen y este va calafateado en su junta horizontal. (Figura 2.47.)

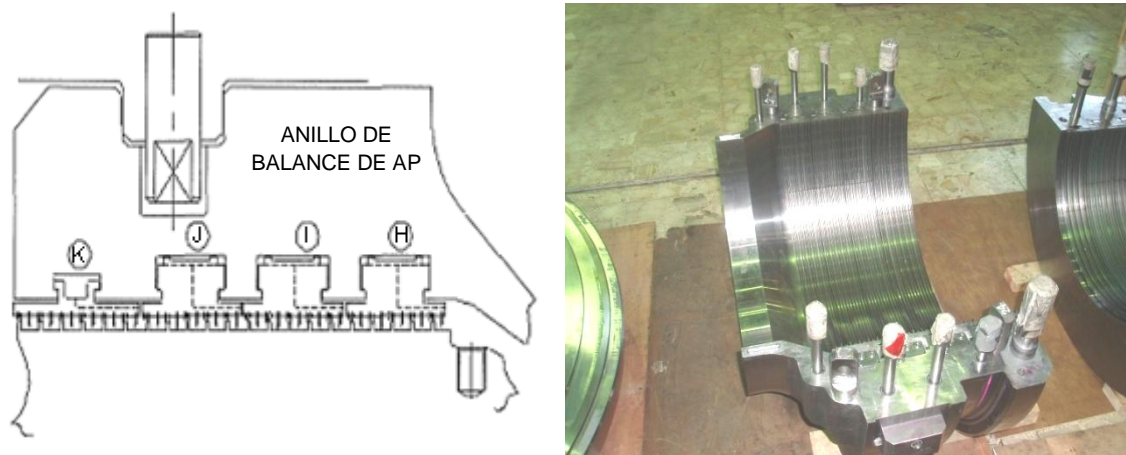


**Figura 2.47. Ruedas de alabes TIP2**

Los segmentos de sellos de vapor “C” y “R” en la sección superior e inferior van instalados en su guía de alojamiento con raíz “T” y son insertados en su junta horizontal, en el diafragma superior los segmentos de sellos de vapor “C” y “R” en los extremos van candadeados con opresor allen y este va calafateado.

### **2.2.25 ANILLO DE BALANCE DE AP.**

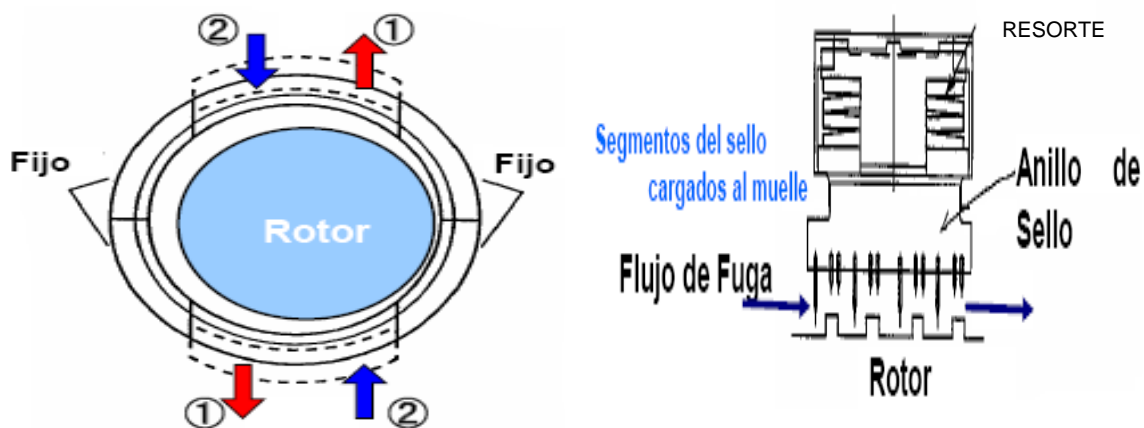
El anillo de balance de AP está formado por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, su función principal es minimizar las fugas de vapor, mantener la eficiencia de la turbina y balancear el flujo de vapor interno. Los segmentos de sellos de vapor “C” son del tipo laberinto, consistiendo de un número determinado de anillos de sellos que minimizan las fugas de vapor radial y axialmente sobre rotor. (Figura 2.48.)



**Figura 2.48. Anillo de balance de AP**

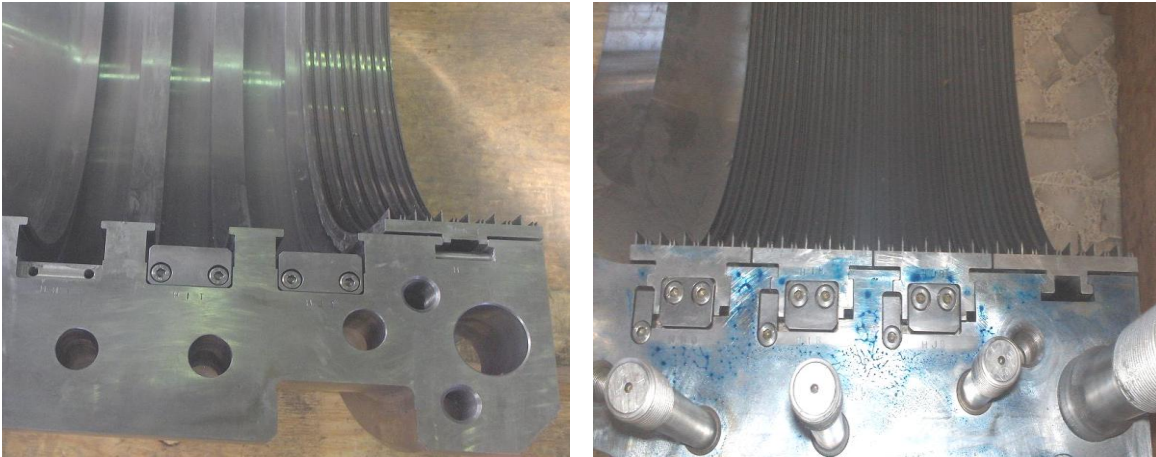
El anillo de balance cuenta con cuatro anillos de segmentos de sellos de vapor “C”, la hilera HHT, HIT Y HJT cuenta con tres segmentos de sellos de vapor “C” en cada sección y cada segmento tiene 15 cintillas, las cuales son desmontables individualmente en caso de daño y/o estar fuera de tolerancia de diseño. La hilera HKT tiene cuatro segmentos de sellos de vapor “C” en cada sección y cada segmento tiene 18 cintillas, las cuales también son desmontables individualmente en caso de daño y/o estar fuera de tolerancia de diseño.

Los segmentos de sellos de vapor “C” de la hilera H, I, J tienen sello avanzado de control de margen activo, el cual por medio de un resorte interno ajusta su posición durante el arranque y operación de la turbina. Los segmentos de vapor aumenta el margen y/o claro al arranque de la maquinas lo cual previene rozamientos con el rotor, el margen y/o claro durante la operación de la maquina disminuye para minimizar las fugas y mantener la eficiencia. El margen de los segmentos de sellos de vapor avanzados es de 0.75 mm izquierda-derecha, de 1.11 a 1.20 mm arriba y de 1.57 a 1.69 mm abajo, con tolerancias de + 0.15, -0.05 mm. Los segmentos de sellos de vapor “C” de la hilera “K” tienen sello convencional los cuales tienen un margen de 0.75 mm izquierda-derecha, de 0.50 mm arriba y de 1.0 mm abajo, con tolerancias de + 0.15, - 0.05 mm. (Figura 2.49)



**Figura 2.49 Segmentos del sello cargados al muelle.**

Los segmentos de vapor avanzados en la mitad superior e inferior van instalados en su alojamiento correspondiente con raíz “T”, con su respectiva lana de muelle y van candadeados en los extremos de la junta horizontal con tacones, los cuales son desmontables para su respectivo mantenimiento. El segmento de vapor convencional va instalado en su alojamiento con raíz “T”, el cual en la mitad superior es candadeado con pasador. (Figura 2.50.)



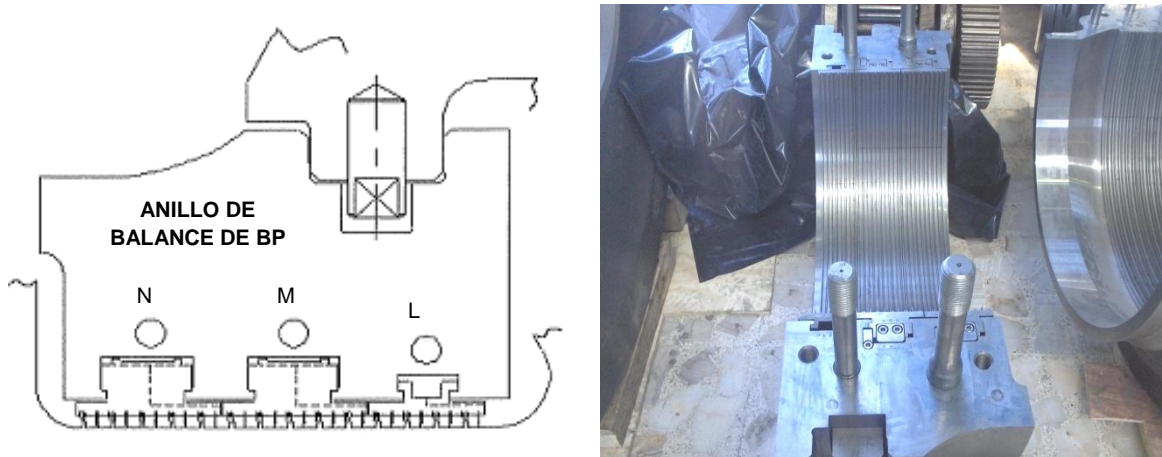
**Figura 2.50. Segmento de vapor**

En la junta horizontal de la mitad inferior se tienen dos guías de sellos las cuales alojan en la mitad superior. Se tiene también una guía radial maquinada a espejo y en la cual se pueden realizar los ajustes axiales. El anillo de balance inferior en los extremos de la parte exterior tiene dos tacones los cuales se soportan en la carcasa interior inferior de TAP, dichos tacones son desmontables para facilitar su mantenimiento y/o cambio.



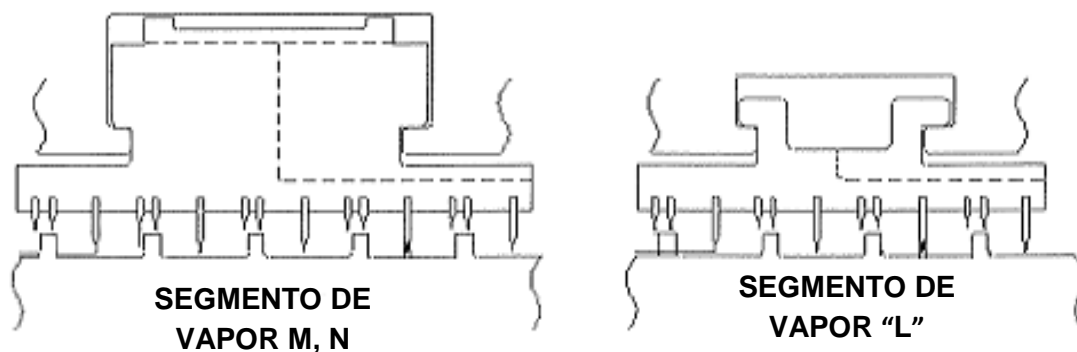
## 2.2.26 ANILLO DE BALANCE DE BP:

El anillo de balance de BP está formado por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, su función principal es minimizar las fugas de vapor, mantener la eficiencia de la turbina y balancear el flujo de vapor interno. Los segmentos de sellos de vapor “C” son del tipo laberinto, consistiendo de un número determinado de anillos de sellos que minimizan las fugas de vapor radial y axialmente sobre rotor. (Figura 2.51.)



**Figura 2.51. Anillo de balance de BP**

El anillo de balance de baja cuenta con tres hileras de segmentos de sellos de vapor “C”, la hilera HMB, HNB en cada mitad cuenta con tres segmentos de sellos de vapor “C” y cada segmento tiene 15 cintillas, las cuales son desmontables individualmente en caso de daño y/o estar fuera de tolerancia de diseño. La hilera HLB en cada mitad tiene cuatro segmentos de sellos de vapor “C” y cada segmento tiene 12 cintillas, las cuales también son desmontables individualmente en caso de daño y/o estar fuera de tolerancia de diseño. (Figura 2.52.)

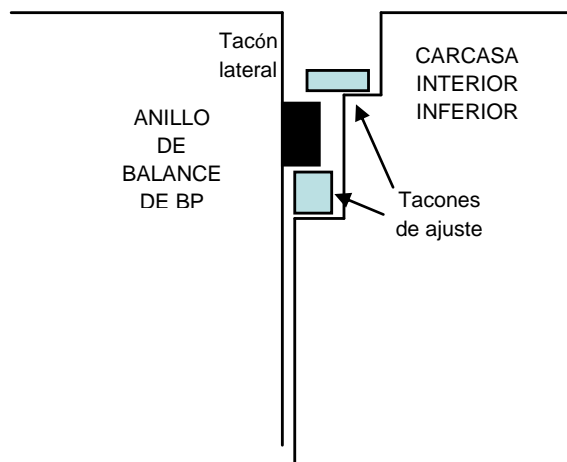


**Figura 2.52. Segmentos de sellos de vapor**

Los segmentos de sellos de vapor “C” de la hilera M, N tienen sellos avanzados de control de margen activo, los cuales por medio de un resorte interno ajustan su posición durante el arranque y operación de la turbina. Los segmentos de vapor aumentan el margen y/o claro al arranque de la máquina lo cual previene rozamientos con el rotor, el margen y/o claro durante la operación de la máquina disminuye para minimizar las fugas y mantener la eficiencia. El margen de los segmentos de sellos de vapor avanzados es de 0.75 mm izquierda-derecha, de 1.20 mm arriba y de 1.68 mm abajo, con tolerancias de + 0.15, -0.05 mm. Los segmentos de sellos de vapor “C” de la hilera “L” tienen sello convencional los cuales tienen un margen de 0.75 mm izquierda-derecha, de 0.53 mm arriba y de 0.97 mm abajo, con tolerancias de + 0.15, -0.05 mm.

Los segmentos de vapor avanzados en la mitad superior e inferior van instalados en su alojamiento correspondiente con raíz “T”, con su respectiva lana de muelleo y van candadeados en los extremos de la junta horizontal con tacones, los cuales son desmontables para su respectivo mantenimiento. El segmento de vapor convencional va instalado en su alojamiento con raíz “T”, el cual en la mitad superior es candadeado con pasador.

Se tiene también una guía radial maquinada a espejo y en la cual se pueden realizar los ajustes axiales. El anillo de balance inferior en los extremos de la parte exterior se tiene dos tacones los cuales se soportan en la carcasa interior inferior de TAP, dichos tacones son desmontables para facilitar su mantenimiento y/o cambio. (Figura 2.53.)

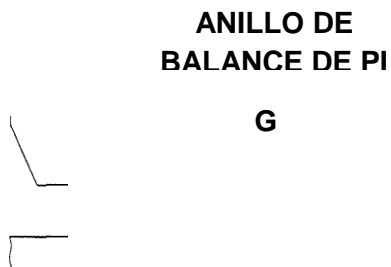


**Figura 2.53. Tacones que se soportan en carcasa interior inferior de TAP**



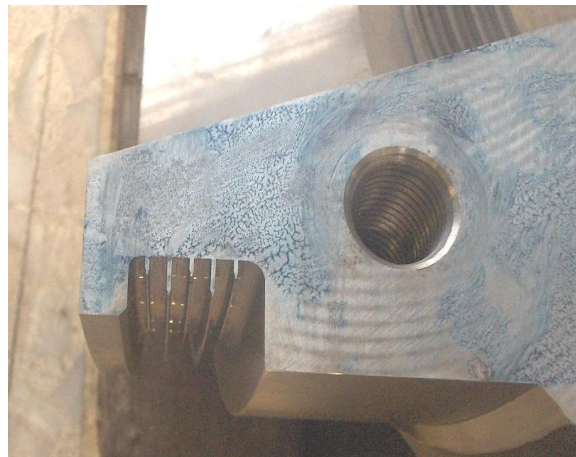
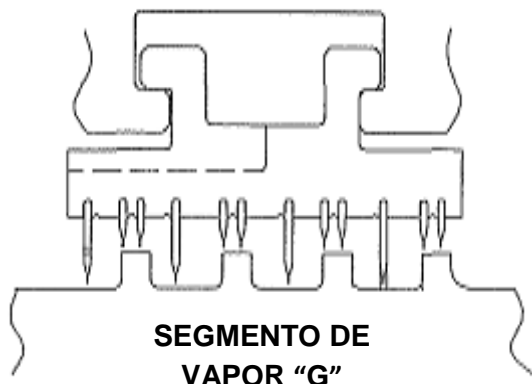
### 2.2.27 ANILLO DE BALANCE DE PI:

El anillo de balance de PI está formado por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, su función principal es minimizar las fugas de vapor, mantener la eficiencia de la turbina y balancear el flujo de vapor interno. Los segmentos de sellos de vapor “C” son del tipo laberinto, consistiendo de un número determinado de anillos de sellos que minimizan las fugas de vapor radial y axialmente sobre rotor. (Figura 2.54.)



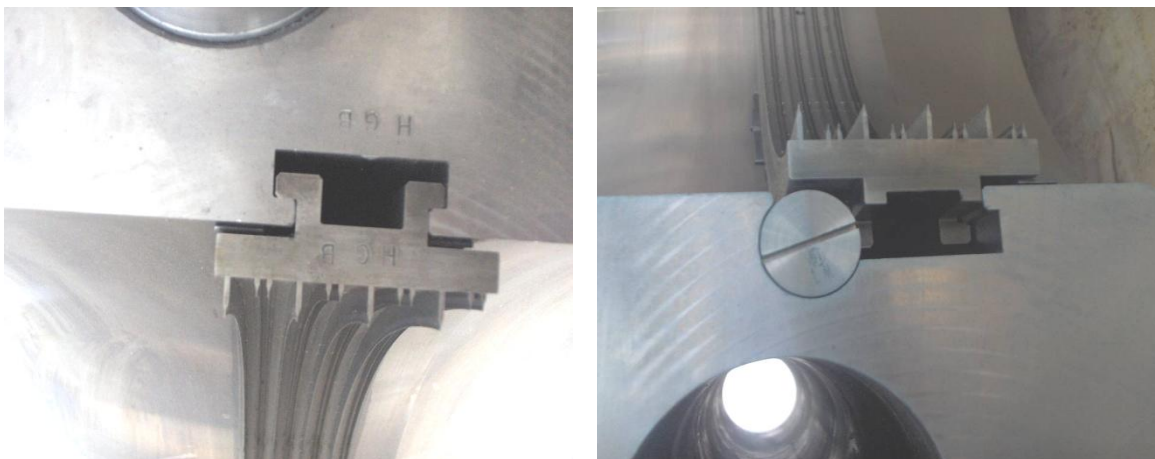
**Figura 2.54. Mitad de anillo de balance de PI**

El anillo de balance de intermedia cuenta con una hilera de segmentos de sellos de vapor “C”, la hilera HGB en cada mitad cuenta con cuatro segmentos de sellos de vapor “C” y cada segmento tiene 12 cintillas, las cuales son desmontables individualmente en caso de daño y/o estar fuera de tolerancia de diseño. En la parte exterior del anillo de balance tiene una hilera de cinco cintillas desmontables, las cuales realizan el sellado con la carcasa interior. (Figura 2.55.)



**Figura 2.55. Hilera de segmento de sellos de vapor**

Los segmentos de sellos de vapor "C" tienen sello convencional los cuales tienen un margen de 0.75 mm izquierda-derecha, de 0.68 mm arriba y de 0.82 mm abajo, con tolerancias de + 0.15, -0.05 mm. Los segmentos de vapor en la mitad superior van instalados en su alojamiento con raíz "T" y lana de muelle, el segmento es candadeado en los extremos de la junta horizontal con tornillo. En la mitad inferior van instalados en su alojamiento correspondiente con raíz "T" y con su respectiva lana de muelle. (Figura 2.56.)



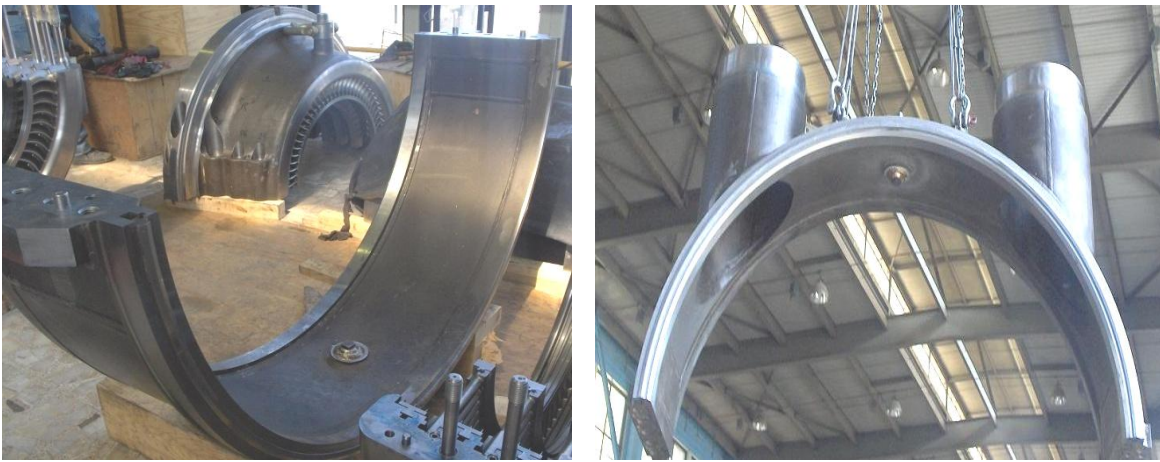
**Figura 2.56. Alojamiento con raíz T de los segmentos de sellos de vapor**

Se tiene también una guía radial maquinada a espejo y en la cual se pueden realizar los ajustes axiales. El anillo de balance de intermedia inferior en los extremos de la parte exterior se tiene dos tacones los cuales se soportan en la carcasa interior inferior de TAP, dichos tacones son desmontables para facilitar su mantenimiento y/o cambio.

### **2.2.28 CAJA TERMICA:**

La caja térmica está formada por dos mitades las cuales van unidas en su junta horizontal por tornillería, esta soportada en la carcasa interior de la TAP y se ubica entre el anillo de balance de PI y anillo de álabes de TIP1. Su función principal es reducir la diferencial de temperatura entre la salida de vapor principal y la entrada de vapor recalentado.

La caja térmica lleva dos pernos (pines) de centrado uno en la mitad superior y otro en la mitad inferior. La mitad inferior tiene cuatro guías en su junta horizontal. En la mitad superior tiene dos conductos de admisión y distribución de vapor, a los cuales les llega vapor recalentado de las válvulas de paro-interceptoras y dirige el vapor al primer paso de la primera sección de la TIP1. (Figura 2.57.)



***Figura 2.57. Parte inferior y superior de caja termica***

## **CAPÍTULO 3**

### **MANTENIMIENTO**

#### **3.1. REQUISITOS DE SEGURIDAD Y AMBIENTAL DURANTE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.**

- Verificar unidad fuera de servicio (revisando indicadores de presión y temperatura).
- Obtener libranza de turbina de alta presión de acuerdo a procedimiento de libranzas N-2000-HC01.
- Verificar tornaflecha fuera de servicio cuando la temperatura en el rotor de primer paso sea menor de 170°.
- Verificar que exista libranza con departamento de operación del turbogruppo por parte del supervisor mecánico y jefe de turno.
- Revisar guía de pre uso de grúa viajera de casa de maquinas.
- Revisar condiciones inseguras en área a trabajar, en caso de existir dar solución con apoyo del departamento. Seguridad, supervisor mecánico y jefe de turno.
- Verificar que exista licencia especial de las actividades que lo requieran.
- Realizar la reunión de inicio de jornada diariamente.
- Usar equipo de protección personal requerido (ropa de trabajo, casco de seguridad, guantes de trabajo, lentes de seguridad, tapones auditivos, botas de trabajo y mascarilla de polvo en caso de requerirse), cuando se realicen trabajos en altura usar arnés de seguridad y cable de vida.
- Realizar revisión previa de la herramienta a utilizar durante los trabajos de mantenimiento. de acuerdo a guías de inspección pre uso antes y después de cada jornada.
- No utilizar plumas, marcadores, lápices, u objetos (llaveros, relojes, anillos, celulares, collares, gafetes, etc.) en bolsas de overol y camisolas durante los trabajos de mantenimiento para evitar que caigan dentro de las partes internas de la turbina las cuales pueden provocar daño al equipo.
- Durante los trabajos de izaje de piezas nunca colocarse en la parte inferior de la carga.
- Tener cuidado y evitar durante las maniobras de montaje y desmontaje de piezas de turbina, el rozamiento de estrobos y eslingas con partes metálicas y/o filosas.
- Realizar limpieza del área después de terminados los trabajos de cada jornada.

- En caso de producir residuos peligrosos trasladarlos al área correspondiente determinada por el departamento ambiental.
- Al término de cada jornada realizar la desconexión eléctrica o neumática de todos los equipos empleados durante los trabajos.
- Mantener libre de obstáculos las aéreas determinadas para el libre tránsito del personal.
- En caso de trabajar en alturas instalar andamio o colocar escalera en buenas condiciones sujetándola en alguna parte fija.

### **3.2. PLANEACION**

Para asegurar un orden de la marcha satisfactoria en el mantenimiento de la turbina, el responsable del mantenimiento y su personal en el campo, deben cumplir con las normas de trabajo para ejercer un mantenimiento práctico de la unidad de acuerdo al siguiente planteamiento:

- a) Revisar y seleccionar toda la información concerniente al mantenimiento de la turbina de alta presión para determinar si la información es completa, de manera tal, que se eliminen retrasos posibles por este concepto.
- b) Coordinar y supervisar la ejecución de las actividades a su cargo, para lo cual, elaborara programas generales y detallados, procedimientos, informes y secuencia de actividades.
- c) Tener cuidado para que en cada una de las maniobras que se ejecuten, se tengan accesorios y/o equipos con un factor de seguridad preferiblemente mayor de tres.
- d) Es necesario, desde el inicio del mantenimiento, contar con personal capacitado para hacer cada uno de los trabajos en el menor tiempo posible, ayudando así, a minimizar el costo de horas-hombre.
- e) Requisar el material y herramienta necesarios a un tiempo determinado antes de usarlo para que este material llegue justo a tiempo, evitando con esto posibles retrasos al programa.
- f) Todos los componentes para ensamblar siempre estarán guardados y limpios, libres de cualquier materia extraña y/o rebaba en la superficie que sea capaz de causar la distorsión, fugas, fallas de operación, o cualquier otra dificultad en alguna parte de la unidad.
- g) Solucionar problemas concernientes al seguimiento de labores, cambio y/o depósito de materiales, facilidad de almacenamiento, métodos de montaje, etc., durante los trabajos de mantenimiento.

- h)** Durante la etapa del ajuste del sistema de control, así como de pruebas y puesta en servicio de la unidad, el responsable de mantenimiento proporcionara apoyo para realizar instalaciones provisionales, vigilancia, mantenimiento y/o reparaciones, etc.
- i)** Llevar un control del personal que labore en el área para cuidar que el costo no exceda respecto al total de horas-hombre programadas para el mantenimiento de la unidad.
- j)** Hacer la solicitud de servicios externos para efectuarlos en el momento requerido durante el mantenimiento.
- k)** Contar con tapas provisionales que eviten la introducción de objetos extraños a secciones descubiertas del sistema.
- l)** Antes de la salida de unidad tomar lecturas de posición rotor, expansión carcasa, expansión diferencial, vibraciones en chumaceras, temperatura de aceite lubricante, temperatura de metales de chumaceras, presión primer paso turbina de alta presión, temperatura y presión en extracciones de turbina, temperatura y presión vapor principal, flujo de vapor principal, temperatura y presión vapor recalentado caliente y frío en turbina, temperatura y presión en tubería de transferencia. Durante las etapas de descenso de generación al 100%, 75%, 50% y 25%. Ya en tornaflecha verificar excentricidad. Vaciar datos en formato correspondiente.
- m)** Preparar previo al mantenimiento anaqueles para el adecuado almacenamiento y control de piezas de los componentes de la turbina.
- n)** Planear anticipadamente la distribución correcta de las partes en el área, cuidando la seguridad y que permita el libre paso, su inspección y mantenimiento.

### 3.3 MANTENIMIENTO DE PARTES DE TURBINA DE ALTA PRESION.

#### 3.3.1 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CARCASA EXTERIOR INFERIOR:

NOTA: Durante la limpieza de partes identificar correctamente la posición de cada pieza para evitar cambios que puedan provocar errores en el ensamble final.

1.- Realizar inspección visual a detalle para detectar anomalías en junta horizontal de carcasa, limpie y pula a espejo junta horizontal utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico. Después de la limpieza verificar la planicidad de la junta horizontal con buril para eliminar algún borde existente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, réplicas, etc (por personal de LAPEM, compañía externa o personal de la central capacitada). (Figura 3.1)



**Figura 3.1. Inspeccion visual de la carcasa**

2.- Realizar limpieza a metal blanco en guías radiales internas utilizando piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico, eliminar cualquier irregularidad de la superficie. Efectuar pruebas no destructivas.

3.- Limpiar a metal blanco los pernos guías centrales de carcasa interior inferior y anillo de álabes TIP2 inferior, con piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico. Eliminar cualquier irregularidad en la superficie. Registrar datos.

4.- Aflojar anillos de pistón de tubería de salida de vapor recalentado frío, golpeando con mazo de hule y/o barra de bronce, aplicando líquido aflojatodo, retirar los anillos con desensambler y martillo. Limpiar con rueda flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Tomar lecturas de dimensiones de diámetro exterior de anillo con micrómetro de exteriores, a 90° y 180°, registrar

datos. Efectuar pruebas no destructivas. Limpiar alojamientos con piedra montada y de asentar. Tomar lecturas de alojamientos a 90° y 180°, registrar datos. Aplicar antiaferrante en alojamiento y anillos. Volver a colocar y tomar lectura de desplazamiento axial de los anillos con indicador de base magnética. Registrar datos.

**5.-** Limpiar las cuatro tuberías de entrada de vapor principal a metal blanco, utilizando rueda flap, lija fina, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Medir diámetros exteriores de las tuberías en área de sellado a 90° y 180° en 3 puntos con micrómetro de exteriores. Registrar datos. Efectuar inspección visual y verificar que la superficie de los tubos sea uniforme en su área de sellado. Efectuar pruebas no destructivas.

**6.-** Retirar los tacones soportes del anillo de álabes de TIP2 y de carcasa interior inferior para efectuar su limpieza, limpiarlos a metal blanco con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en superficie. Tomar lecturas de dimensiones de tacón y registrar datos. Efectuar pruebas no destructivas. Aplicar azul de prusia en junta horizontal, instalar tacones con su tornillería y verificar contacto del 100%. En caso de ser necesario ajustar área de los tacones hasta lograr contacto del 100%. Rectificar rosca de barrenos de tornillos de tacones con machuelo. Aplicar antiaferrante en junta horizontal y tacón, montar tacones y apretar tornillería, proteger tacones con polietileno y cinta masking.

**7.-** Realizar limpieza de barrenos de pernos utilizando ruedas flap, rectificador con piedra montada y lija. Tapar con cinta masking los barrenos.

**8.-** Retirar los pernos del 1 al 8, y colóquelos sobre soportes de madera horizontalmente, limpiar las roscas de barrenos de la junta horizontal con cepillo y rectificar con machuelo de 2" x 8 hilos, limpiar con aire a presión los barrenos y aplicarles antiaferrante. Limpiar cuerpo de pernos con piedra de asentar y flap, Limpiar las roscas de los pernos con cepillo y rueda flap, en caso de haber algún daño en las roscas rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril y/o enviar a torno para su rectificado, limpiar roscas de tuercas utilizando el mismo método y probarlas en su perno correspondiente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido. Aplicar antiaferrante a rosca y realizar montaje de pernos verificando que queden bien apretados.

**9.-** Retirar los pernos del 49 al 53, y colóquelos sobre soportes de madera horizontalmente, limpiar las roscas de barrenos de la junta horizontal con cepillo y rectificar con machuelo de 3" x 8 hilos, limpiar con aire a presión los barrenos y aplicarles antiaferrante. Limpiar cuerpo de pernos con piedra de asentar y flap, Limpiar las roscas de los pernos con cepillo y rueda flap, en caso de haber algún daño en las roscas rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril y/o enviar a torno para su rectificado, limpiar roscas de tuercas utilizando el mismo método y probarlas en su perno correspondiente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes,



partículas magnéticas y ultrasonido. Aplicar antiaferrante a rosca y realizar montaje de pernos verificando que queden bien apretados.

Limpiar e inspeccionar cuñas de orejas o cuernos soporte de carcasa exterior inferior, realizar montaje de 2 indicadores de base magnética, uno palpando verticalmente y el otro radialmente sobre carcasa exterior.

**11.-** Aplicar aflojatodo y realizar retiro de perno de centrado entre carcasa exterior y pedestal con llave mixta de 46 mm.

Colocar cilindro hidráulico de 100 ton en parte inferior de carcasa y accionar hasta que se libere cuña de ajuste.

Retirar cuñas y proceder a realizar limpieza de alojamiento con lija. Limpiar cuñas, lanas y realizar ajustes de acuerdo a lecturas tomadas. Volver a colocar cuñas, centrando el barreno de cuña con barreno en parte superior de carcasa. Bajar lentamente carcasa y realizar montaje y apriete de perno de centrado.

NOTA: Realizar la misma maniobra en los siguientes cuernos de carcasa exterior.

Retirar maniobras y guardar en bodega de herramienta.

### **3.3.2. INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CARCASA INTERIOR INFERIOR:**

**1.-** Realizar inspección visual a detalle para detectar anomalías en la junta horizontal de la carcasa, limpie y pula a espejo la junta horizontal utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico, después de la limpieza verificar la planicidad de la junta horizontal con buril para eliminar algún borde existente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas. (Figura. 3.2.)



**Figura 3.2. Pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas**

**2.-** Retirar los tacones de ajuste y soportes de anillos de álabes de TAP, TIP1, anillos de balance de AP, BP, PI y caja térmica. Limpiar a metal blanco con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en superficie, tomar lecturas de dimensiones de tacones y registrar datos. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Rectificar rosca de barrenos de tornillos de tacones con machuelo, aplicar azul de Prusia en alojamientos, instalar tacones con su tornillería y verificar contacto del 100%. En caso de ser necesario ajustar área de los tacones hasta lograr contacto del 100%. Aplicar antiferrante en alojamientos y tacones, montar tacones y apretar tornillería, proteger los tacones con polietileno y cinta masking.

**3.-** Aflojar y retirar tornillería de tacones soportes superiores, limpiar a metal blanco con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en superficie, tomar lecturas de dimensiones de tacones y registrar datos. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Rectificar rosca de barrenos de tornillos de tacones con machuelo, aplicar azul de Prusia en alojamientos, instalar tacones con su tornillería y verificar contacto del 100%. En caso de ser necesario ajustar área de los tacones hasta lograr contacto del 100%. Aplicar antiferrante en alojamientos y tacones, montar tacones y apretar tornillería, proteger los tacones con polietileno y cinta masking.

**4.-** Limpiar cuerpo de pernos con piedra de asentar, flap y carda con mini pulidora, realizar limpieza de rosca de pernos con cepillo y rueda flap, en caso de haber algún daño en rosca rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril, limpiar roscas de tuercas utilizando el mismo método y probarlas en su perno correspondiente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, ultrasonido y partículas magnéticas. Cubrir con empaques de neopreno o cartón rosca de pernos.

**5.-** Rectificar rosca de barrenos para maniobra en junta horizontal, con machuelo y manteca vegetal. Cubrir barrenos con cinta masking.

**6.-** Rectificar rosca de barrenos de tornillos gato para maniobra, en junta horizontal con machuelo y manteca vegetal. Tapar barrenos con cinta masking.

**7.-** Limpiar boquillas de salida de vapor recalentado frío con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Medir con micrómetro de interiores diámetros de las boquillas a 90° y 180°, registrar datos.

**8.-** Aplicar aflojatodo a tornillería de guías laterales externas, aflojar y retirar tornillería, quitar guías desmontables con cuidado e identificarlas. Realizar limpieza con piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico, guías y alojamientos. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos

penetrantes. Medir guías y alojamientos, registrar datos. Aplicar antiaferrante en alojamientos y guías, montar guías y apretar tornillería.

**9.-** Aplicar aflojatodo a tornillos de brida de sujeción de anillos de pistón de boquillas de vapor principal, aflojar y retirar brida. Realizar aflojamiento de anillos de pistón de entrada de boquilla de vapor principal, aplicando solvente dieléctrico y golpeando con mazo de hule y/o barra de bronce. Retirar anillos identificándolos, realiza limpieza con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Tomar lecturas de dimensiones interiores de anillos y verificar huelgos de acuerdo a fabricante, registrar datos. Aplicar antiaferrante en anillo, alojamiento y realizar montaje. Colocar bridas y tornillería dando torque de 530 Nm, candadear cada tornillo con punto de golpe y tapar cada tubería con madera provisional.

**10.-** Realizar limpieza a metal blanco de guías radiales, pernos de centrado de anillos de álabes TAP, TIP1, anillos de balance de AP, BP, PI y caja térmica utilizando rueda flap, piedra de asentar, solvente dieléctrico y lija. Eliminar cualquier irregularidad en la superficie. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

### **3.3.3 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CARCASA INTERIOR SUPERIOR**

**1.-** Realizar inspección visual a detalle para detectar anomalías en la junta horizontal de la carcasa, limpie y pula a espejo la junta horizontal utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico, después de la limpieza verificar la planicidad de la junta horizontal con buril para detectar algún borde existente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas. (Figura 3.3.)



***Figura 3.3. Pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas***

**2.-** Realizar limpieza de barrenos de pernos utilizando ruedas flap, rectificador con punta montada y lija. Cubrir con cinta masking barrenos.

**3.-** Realizar inspección visual a detalle para detectar anomalías en parte superior de junta horizontal de carcasa donde hacen contacto las tuercas, limpie a metal blanco este lado de la junta horizontal utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico. Después de la limpieza verificar la planicidad de la parte superior de la junta horizontal con un buril para detectar algún borde existente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas.

**4.-** Aplicar aflojatodo a tornillos de brida de sujeción de anillos de pistón de boquillas de vapor principal, aflojar y retirar brida. Realizar aflojamiento de anillos de pistón de entrada de boquilla de vapor principal, aplicando solvente dieléctrico y golpeando con mazo de hule y/o barra de bronce. Retirar anillos identificándolos, realiza limpieza con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Tomar lecturas de dimensiones de anillos y verificar huelgos de acuerdo a fabricante, registrar datos. Aplicar antiaferrante en anillo, alojamiento y realizar montaje. Colocar bridas y tornillería dando torque de 530 Nm, candadear cada tornillo con punto de golpe y tapar cada tubería con madera provisional.

**5.-** Realizar limpieza a metal blanco de guías radiales internas y externas, pernos de centrado de anillos de álabes TAP, TIP1, anillos de balance de AP, BP, PI y caja térmica usando rueda flap, piedra de asentar, solvente dieléctrico y lija. Eliminar cualquier irregularidad en la superficie. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

**6.-** Aplicar aflojatodo a tornillería de guías laterales externas, aflojar y retirar tornillería, quitar guías desmontables con cuidado e identificarlas. Realizar limpieza con piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico, guías y alojamientos. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Medir guías y alojamientos, registrar datos. Aplicar antiaferrante en alojamientos y guías, montar guías y apretar tornillería.

**7.-** Limpiar boquillas de entrada de vapor recalentado caliente con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes medir con micrómetro de interiores diámetros de las boquillas a 90° y 180°, registrar datos.

### 3.3.4 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CARCASA EXTERIOR SUPERIOR:

1.- Realizar inspección visual a detalle para detectar anomalías en junta horizontal de carcasa, limpie y pula a espejo junta horizontal utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico. Después de la limpieza verificar la planicidad de la junta horizontal con buril para eliminar algún borde existente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas. (Figura 3.4.).



**Figura 3.4 Inspeccion visual carcasa exterior superior.**

2.- Limpiar a metal blanco los asientos de las tuercas de pernos en parte superior de junta horizontal, utilizando: lija, piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

3.- Realizar limpieza a metal blanco de juntas verticales de cajas de vapor externas lado gobernador y generador, utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, rectificar rosca de los barrenos de las juntas verticales utilizando machuelo. Tapar barrenos con cinta masking después de realizada la limpieza.

4.- Limpiar a metal blanco las guías radiales internas utilizando piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico, eliminar cualquier irregularidad de la superficie. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

5.- Retirar los pernos del 9 al 16, colocarlos sobre soportes de madera horizontalmente, limpiar las roscas de barrenos de la junta horizontal con cepillo y rectificar con machuelo de 2 1/2" x 8 hilos, limpiar con aire a presión los barrenos y lubricarlos con antiaferrante. Limpiar cuerpo de pernos con piedra de asentar y flap. Limpiar las roscas de los pernos con cepillo y rueda flap, en

caso de haber algún daño en las roscas rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril y/o enviar a torno para su rectificado, limpiar las roscas de las tuercas utilizando el mismo método y probarlas en su perno correspondiente. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y ultrasonido. Aplicar antiaferrante a rosca y realizar montaje de pernos verificando que queden bien apretados.

**6.-** Retirar empaques metálicos usados en bridas de tubería vapor principal. Realizar limpieza a metal blanco en bridas de tubería de vapor principal, utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

**7.-** Realizar limpieza a metal blanco a bridas de válvulas de interceptoras, donde conectan con las válvulas de paro recalentado, utilizar piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Tapar bridas con polietileno y cinta masking.

**8.-** Realizar limpieza a metal blanco de pernos guías superiores, con piedra de asentar, rueda flap y solvente dieléctrico. Eliminar cualquier irregularidad en la superficie. Medir guías y registrar datos.

**9.-** Aflojar anillos de pistón de salida de válvulas interceptoras de vapor recalentado caliente, golpeando con mazo de hule y/o barra de bronce, lubricando con líquido aflojatodo, retirar los anillos con desensambler y martillo. Limpiar con rueda flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Tomar dimensiones de diámetro exterior de anillo con micrómetro de exteriores, a 90° y 180°, registrar datos. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Limpiar alojamientos con punta montada y piedra de asentar. Tomar lecturas de alojamientos a 90° y 180°, registrar datos. Aplicar antiaferrante en alojamiento y anillos. Volver a colocar y tomar lectura de desplazamiento axial de los anillos con indicador de base magnética. Registrar datos.

**10.-** Realizar limpieza a metal blanco caras y barrenos de bridas de tubería de transferencia con piedra de asentar, ruedas flap y solvente dieléctrico. Rectificar rosca de barrenos con machuelo. Tapar barrenos con cinta masking. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Colocar tapas de madera en ambas bridas.

**11.-** Aplicar aflojatodo en tornillos de los cuatro separadores de ajuste en carcasa externa, retirarlos y limpiar a metal blanco con ruedas flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en la superficie. Tomar dimensiones de separadores y registrar datos. Aplicar azul de prusia en alojamientos y verificar contacto con separadores al 100%. En caso de haber alguna irregularidad corregir. Rectificar rosca de barrenos de tornillos

de separadores con machuelo. Aplicar antiferrante en alojamientos y separadores, realizar montaje dando apriete requerido a la tornillería.

**12.-** Aplicar aflojatodo en tornillos de registros de balanceo. Retirar tornillos y quitar registros. Realizar limpieza a metal blanco con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes. Fabricar empaques de acero inoxidable de 1/32", realizar limpieza de tornillería con cepillo y rectificar rosca de barrenos con machuelo. Aplicar barniz mordente en junta y realizar montaje de tapas de registros de balanceo, apretar tornillería con llave allen de 14 mm.

**13.-** Limpiar las cuatro tuberías de entrada de vapor principal, utilizando trapo y solvente dieléctrico. Medir diámetros exteriores de las tuberías en área de sellado a 90° y 180° en 3 puntos con micrómetro de exteriores. Registrar datos. Efectuar inspección visual y verificar que la superficie de los tubos sea uniforme en su área de sellado. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

### **3.3.5 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ANILLOS DE ÁLABES DE TAP, TIP1, TIP2, INFERIORES Y SUPERIORES.**

- 1.- Verificar que se encuentran desensamblados los segmentos de sellos de vapor "C" y "R".
- 2.- Realizar inspección visual a detalle y elaborar reporte del estado actual que guarda cada uno de los álabes fijos de los anillos, antes de que estos sean enviados al área de limpieza (sand blast).
- 3.- Proteger pernos de partes inferiores con cinta masking y empaque de neopreno para evitar daños en roscas.
- 4.- Trasladar anillos de álabes en grúa móvil al área de limpieza (sand blast). Colocar anillos de álabes con junta horizontal hacia arriba y asegurar con maderas.
- 5.- Verificar la correcta limpieza de anillos de álabes, con chorro de oxido de aluminio de grano 220.
- 6.- Verificar que la limpieza del cuerpo de álabes se realice en sentido del flujo de vapor, para evitar daños en los bordes de salida de los álabes.
- 7.- Trasladar los anillos de álabes en grúa móvil de la zona de sand blast al área de trabajo.
- 8.- Realizar inspección visual y elaborar levantamiento del estado en que regresan los anillos de álabes. Cualquier daño o dobladura de álabes debe ser reparada de acuerdo a procedimientos específicos de CFE y el fabricante.

- 9.-** Realizar limpieza a espejo de la junta horizontal de los anillos de álabes. Con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Recuerde que estas piezas ensamblan metal a metal, por lo cual se deben de extremar los cuidados.
- 10.-** Rectificar con machuelo roscas de barrenos de junta horizontal de secciones inferiores y superiores de cada anillo de álabes, taparlos con cinta masking.
- 11.-** Realizar limpieza de cuerpo y roscas de pernos, tuercas de anillos de álabes utilizando piedra de asentar, lija fina, carda, rueda flap y solvente dieléctrico. En caso de existir algún daño en pernos y tuercas rectificar roscas con lima de joyero, machuelo, pasta de esmeril gruesa y fina.
- 12.-** Realizar limpieza y pulido de guías y alojamientos de guías parte superior e inferior de anillos de álabes.
- 13.-** Realizar limpieza y pulido de alojamientos de segmentos de sellos de vapor “C” y “R” de anillos de álabes.
- 14.-** Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, y partículas magnéticas a todas las partes de anillo de álabes como son alojamientos, junta horizontal, álabes, pernos y tuercas.
- 15.-** Realizar todas las reparaciones de anillos de álabes requeridas utilizando los procedimientos y materiales recomendados por el fabricante.
- 16.-** Pulir áreas de contacto axial de cada anillo de álabes, utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 17.-** Pulir tacones de apoyo de cada anillo de álabes con piedra de asentar.
- 18.-** Tapar con plástico a junta horizontal, álabes, alojamientos, tacones y pernos para evitar oxidación.
- 19.-** Aflojar y retirar tornillos de tacones laterales de anillos de álabes de TAP, TIP1 y TIP2 realizar retiro de tacones y limpiar a metal blanco con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en superficie. Tomar lecturas de dimensiones de tacón y registrar datos. Aplicar azul de prusia en alojamientos y verificar contacto con tacones al 100%. En caso de haber alguna irregularidad corregir. Rectificar rosca de barrenos de tornillos de tacones con machuelo. Aplicar antiaferrante en alojamiento y tacón y realizar montaje dando apriete requerido a tornillería.



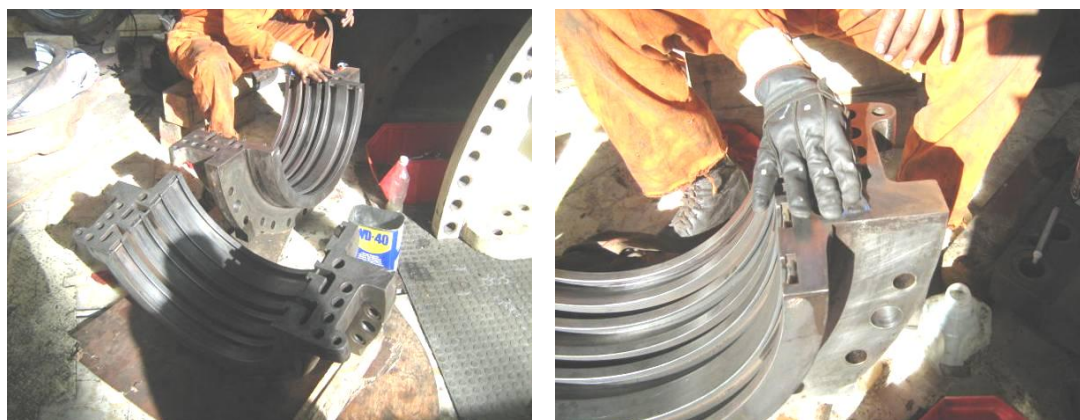
### **3.3.6 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ANILLOS DE BALANCE DE ALTA, INTERMEDIA Y BAJA PRESION Y CAJA TERMICA INFERIORES Y SUPERIORES.**

- 1.- Confirmar que se hayan retirado los segmentos de sellos de vapor “C”.
- 2.- Realizar inspección visual a detalle y elaborar levantamiento del estado actual que guarda cada uno de los anillos de balance y caja térmica, antes de que estos sean enviados al área de limpieza (sand blast).
- 3.- Proteger pernos de partes inferiores con cinta masking y empaque de neopreno para evitar daños en roscas.
- 4.- Trasladar piezas en grúa móvil al área de limpieza. Colocar con junta horizontal hacia arriba y asegurar con maderas.
- 5.- Verificar la correcta limpieza de piezas, con chorro de oxido de aluminio, tamaño de malla 220.
- 6.- Trasladar piezas en grúa móvil de zona de limpieza al área de trabajo.
- 7.- Realizar inspección visual y elaborar reporte del estado en que regresan los anillos de balance y caja térmica. Cualquier daño debe ser reparado de acuerdo a procedimientos específicos de CFE y el fabricante.
- 8.- Realizar limpieza a espejo de la junta horizontal de los anillos de balance y caja térmica. Con piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 9.- Rectificar rosca de barrenos con machuelo de cada anillo de balance y caja térmica. Tapar con cinta masking.
- 10.- Realizar limpieza de cuerpo y roscas de pernos, tuercas de anillos de balance y caja térmica utilizando piedra de asentar, lija fina, carda y solvente dieléctrico. En caso de existir algún daño en pernos y tuercas rectificar roscas con lima de joyero, machuelo, pasta de esmeril gruesa y fina.
- 11.- Realizar limpieza y pulido de guías y alojamientos de guías de parte superior e inferior de anillos de balance y caja térmica.
- 12.- Realizar limpieza y pulido de alojamientos de segmentos de sellos de vapor “C” de anillos de balance.
- 13.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas a todas las partes de anillo de balance como son alojamientos, junta horizontal, pernos y tuercas.
- 14.- Pulir áreas de las caras de contacto axial de cada anillo de balance y caja térmica, utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 15.- Aflojar y retirar tonillos de tacones laterales de anillos de balance de alta, baja, intermedia presión y caja térmica, realizar retiro y limpiar a metal blanco con piedra de asentar y solvente dieléctrico. Verificar que no existan irregularidades en superficie. Tomar lecturas de dimensiones de tacón y registrar datos. Aplicar azul de prusia en alojamientos y verificar

contacto con tacones al 100%. En caso de haber alguna irregularidad corregir. Rectificar rosca de barrenos de tornillos de tacones con machuelo. Aplicar antiferrante en alojamiento y tacón y realizar montaje dando apriete requerido a tornillería.

### **3.3.7 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CAJAS DE SELLOS DE VAPOR INTERIORES Y EXTERIORES.**

- 1.- Confirmar que se hayan retirado segmentos de sellos de vapor “C”.
- 2.- Realizar inspección visual a detalle y elaborar reporte del estado actual que guarda cada una de las cajas de vapor antes de que estos sean enviados al área de limpieza.
- 3.- Proteger pernos de partes inferiores con cinta masking y empaque de neopreno para evitar daños en roscas.
- 4.- Trasladar piezas en grúa móvil al área de limpieza. Colocar con la junta horizontal hacia arriba y asegurar con maderas.
- 5.- Verificar la correcta limpieza de piezas, con chorro de oxido de aluminio malla 220.
- 6.- Trasladar piezas en grúa móvil de zona de sand blast al área de trabajo.
- 7.- Realizar inspección visual y elaborar reporte del estado en que regresan las cajas de vapor. Cualquier daño debe ser reparado de acuerdo a procedimientos específicos de CFE y el fabricante.
- 8.- Realizar limpieza a espejo de la junta horizontal de las cajas de vapor, con piedra de asentar y solvente dieléctrico.



**Figura 3.5. Junta horizontal de las cajas de vapor**

- 9.- Rectificar rosca de barrenos con machuelo de cada caja de vapor. Tapar con cinta masking.
- 10.- Limpiar cuerpo y roscas de pernos, tuercas de cajas de sellos de vapor utilizando piedra de asentar, lija fina, carda y solvente dieléctrico. En caso de existir algún daño en pernos y tuercas rectificar roscas con lima de joyero, machuelo, pasta de esmeril gruesa y fina.
- 11.- Limpiar y pulir guías y alojamientos de guías y partes superiores e inferiores de cajas de sellos de vapor.
- 12.- Realizar limpieza y pulido de alojamientos de segmentos de sellos de vapor "C" de cajas de sellos de vapor.
- 13.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y partículas magnéticas a todas las partes de cajas de sellos de vapor como son alojamientos, junta horizontal, junta vertical, pernos y tuercas.
- 14.- Pulir áreas de las caras de contacto axial de cada caja de sellos de vapor, utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 15.- Tapar con plástico junta horizontal, vertical, alojamientos y pernos para evitar oxidación.

### **3.3.8 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE SEGMENTOS DE SELLOS DE VAPOR DE ANILLOS DE ÁLABES, ANILLOS DE BALANCE Y CAJAS DE SELLOS DE VAPOR.**

- 1.- Retirar tapa de resorte con llave allen de 5 mm, de los segmentos de sellos de vapor "C" de los anillos de balance de AP Y BP. (Figura 3.6.)



***Figura 3.6. Resorte de los segmentos de sellos de vapor***

- 2.- Limpiar a metal blanco los segmentos de sellos de vapor "C" y "R", alojamientos, cintillas, guías y junta horizontal, utilizando piedra de asentar, rueda flap, cepillo de alambre, lija y solvente dieléctrico.
- 3.- Limpiar a metal blanco muelles, laines y resortes.
- 4.- Enderezar puntas de cintillas utilizando pinzas.

- 5.- Realizar medición de altura de cintillas de todos los segmentos de sellos de vapor “C” y “R”, registrar datos.
- 6.- Dictaminar cuales segmentos de sellos de vapor “C” y “R” requieren ser cambiados por estar fuera de tolerancia y/o por daño, en base a los registros de holguras y dimensiones de cintillas.
- 7.- Cuando se requiera cambiar algún segmento de sello de vapor, verificar que las dimensiones del cuerpo del nuevo segmento correspondan con las dimensiones del segmento dañado, en caso de ser necesario maquinar el segmento nuevo de acuerdo a las dimensiones de segmento dañado, con las dimensiones requeridas.
- 8.- Etiquetar todos los segmentos de sellos de vapor y guardarlos.
- 9.- En los segmentos de sellos de vapor, de las cajas de sellos de vapor externas, internas y anillos de balance, se puede realizar el cambio individual de cintillas retirando por maquinado o con pinzas las cintillas y limpiando sus alojamientos a detalle. Colocar las cintillas nuevas y calafatearlas. Ajustar por maquinado la altura de las cintillas de acuerdo a las holguras de diseño.

### **3.3.9 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE PERNOS DE BRIDA DE TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL (TUBOS ESPAGUETIS).**

- 1.- Limpiar arandelas a metal blanco utilizando mini pulidora con carda, solvente dieléctrico y piedra de asentar.
- 2.- Limpiar las roscas de las tuercas con cepillo de alambre y solvente dieléctrico. En caso de existir daño rectificar las roscas con lima de joyero o pasta de esmeril.
- 3.- Limpiar a metal blanco área de contacto de tuerca con arandela utilizando rueda flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 4.- Limpiar rosca de tornillos con cepillo de alambre y rueda flap, en caso de haber algún daño en la rosca rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril y probar con la tuerca. Limpiar cuerpo de perno con piedra de asentar, flap y carda con mini pulidora. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y ultrasonido, tapar con empaques de neopreno o cartón rosca de pernos. (figura 3.7.)



**Figura 3.7. Limpieza de pernos de brida de tubos espaguetis**

### **3.3.10 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE PERNOS DE BRIDA DE VALVULAS DE PARO DE RECALENTADO -INTERCEPTORAS**

- 1.- Limpiar arandelas a metal blanco utilizando mini pulidora con carda, solvente dieléctrico y piedra de asentar.
- 2.- Limpiar rosca de las tuercas con cepillo de alambre, carda y solvente dieléctrico. En caso de existir daño rectificar rosca con lima de joyero o pasta de esmeril. (Figura 3.8.)



**Figura 3.8. Limpieza de pernos de brida de válvulas de paro.**

3.- Limpiar a metal blanco el área de contacto de la tuerca con arandela, utilizando rueda flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico.

4.- Limpiar rosca de pernos con cepillo de alambre y rueda flap, en caso de haber algún daño en rosca rectificar con lima de joyero o pasta de esmeril y probar con tuerca. Limpiar cuerpo de perno con piedra de asentar, flap y carda con mini pulidora. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido, tapar con empaques de neopreno o cartón rosca de pernos.

### **3.3.11 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE PERNOS DE APRIETE DE LA CARCASA EXTERIOR Y GUIAS**

- Colocar tuercas superiores a pernos para poder realizar desmontaje.
- Colocar maniobra en gancho auxiliar de grúa con un diferencial de 1 ton y estrobo de 5/8" x 3 m. Realizar centrado de grúa en perno, colocar cáncamo en tuerca de 24 mm y grillete de 3/4", levantar perno con diferencial e ir cuidando que no exista rozamiento. Ir verificando que el separador y arandelas queden en su lugar. Colocar perno en mesa de trabajo correspondiente sobre soportes "v" de madera en posición horizontal para su mantenimiento. Realizar retiro de todos los pernos de la misma manera.
- Retirar separadores y arandelas bien identificadas de carcasa y colocarlas sobre mesas de trabajo para su mantenimiento.
- Retirar tuerca de ajuste de cada perno. Limpiar rosca con cepillo de alambre y rueda flap. Verificar después de limpieza que se encuentre sin daños. En caso de existir algún detalle corregir con lima de joyero para rectificar rosca y utilizar pasta de esmeril gruesa y fina, probando sobre perno para ajuste final. Limpiar rosca después de realizar

rectificado. Efectuar pruebas no destructivas, partículas magnéticas, líquidos penetrantes.

- Limpiar roscas superiores e inferiores de los pernos con cepillo de alambre y después con rueda flap. Verificar después de la limpieza que los pernos se encuentren sin daños. En caso de existir algún detalle corregir con lima de joyero, utilizar pasta de esmeril gruesa y fina con sus respectivas tuercas para ajuste final. Limpiar roscas después de realizar rectificado.
- Limpiar cuerpo del perno con rueda flap, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, partículas magnéticas, ultrasonido y líquidos penetrantes.
- Limpiar rosca de las tuercas con cepillo de alambre y rueda flap. En caso de encontrarse algún daño, realizar rectificado con lima de joyero y pasta de esmeril gruesa y fina, limpiar rosca después de rectificado. Limpiar junta horizontal de tuerca con piedra de asentar.
- Limpiar arandelas con lija y rueda flap.
- Limpiar junta horizontal de separadores de pernos de apriete con piedra de asentar a metal blanco y cuerpo de separadores con rueda flap.
- Colocar separador y arandelas con antiaferrante en juntas horizontales sobre carcasa exterior superior de cada perno.
- Montar tuerca de ajuste de cada perno de apriete.
- Colocar tuercas superiores a pernos de apriete para poder realizar montaje.
- Colocar maniobra en gancho auxiliar de grúa con un diferencial de 1 ton y estrobo de 5/8" x 3 m, realizar centrado de grúa en perno de apriete, colocar cáncamo en tuerca de 24 mm y grillete de 3/4", levantar perno con diferencial. Ya en posición vertical el perno continuar levante con grúa y centrar perno en barreno correspondiente de carcasa exterior superior. Iniciar montaje de perno de apriete cuidando que no existan rozamientos. Retirar maniobra y continuar montaje de pernos de la misma forma.



### 3.3.12 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE PERNOS DE ACOPLAMIENTO TAP-

#### TBP

- 1.- Revisar y realizar limpieza de los pernos de acoplamiento utilizando fibra, piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 2.- Corregir irregularidades en la superficie de pernos, utilizando piedra de asentar.
- 3.- Tomar dimensiones de diámetros a 90° y 180° en los 2 extremos, con micrómetro de exteriores, de cada perno de acoplamiento y registrar datos.
- 4.- Revisar y realizar limpieza de rosca de pernos y tuercas, con cepillo de alambre y solvente.
- 5.- Rectificar rosca de pernos y tuercas con lima de joyero y grasa de esmeril gruesa y fina. Probando tuerca y perno para ajuste final.
- 6.- Limpiar caras de asiento de tuercas con piedra de asentar.
- 7.- Efectuar pruebas no destructivas, ultrasonido y líquidos penetrantes.
- 8.- Limpiar bujes de ajuste de pernos interna y externamente con lija fina. Tomar lecturas de diámetros exteriores a 90° y 180°. Registrar datos.
- 9.- Proteger los componentes con aceite de turbina, ensamblar conjunto de acuerdo a su numeración y envolverlos en polietileno. Colocar en anaquel correspondiente.

### 3.3.13 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE TUBERIA DE TRANSFERENCIA

- 1.- Limpiar a metal blanco las bridas de la tubería de transferencia con piedra de asentar y rectificador con rueda flan. (Figura 3.9.)



**Figura 3.9. Limpieza de bridas**

- 2.- Limpiar barrenos de bridas de la tubería de transferencia con rueda flap.
- 3.- Limpiar a metal blanco las juntas de expansión con cepillo de alambre.

- 4.- Efectuar pruebas no destructivas, partículas magnéticas y líquidos penetrantes a junta de expansión, soldadura de mamparas, bridas de tubería y soldaduras interiores y exteriores. Corregir cualquier anomalía con el procedimiento que aplique.
- 5.- Limpiar tornillería y arandelas a metal blanco con mini pulidora con carda y piedra de asentar.
- 6.- Limpiar rosca de tornillería y tuercas con cepillo de alambre.
- 7.- Revisar tapa y brida de inspección, cambiar empaque.

#### **3.3.14 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CUBIERTAS DE CHUMACERA 2 Y 3.**

- 1.- Limpiar y pulir a espejo junta horizontal y vertical de cubiertas utilizando piedra de asentar.
- 2.- Limpiar barrenos de la tornillería de cubierta superior con lija.
- 3.- Limpiar rosca a tornillería con cepillo de alambre.
- 4.- Limpiar guías con lija y solvente dieléctrico.
- 5.- Rectificar rosca de barrenos de junta horizontal de cubiertas con machuelo. Tapar con cinta masking.
- 6.- Rectificar rosca de barrenos de maniobra en parte superior de cubiertas. Tapar con cinta masking.
- 7.- Limpiar y pulir a espejo junta de contacto en parte interior de cubierta con parte superior de chumacera 2. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

### 3.3.15 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE PEDESTAL FRONTAL DEL GOBERNADOR.

1.- Limpiar y pulir a espejo junta horizontal y vertical de cubierta de pedestal frontal superior e inferior utilizando piedra de asentar. (Figura 3.10.)



**Figura 3.10. Limpiar y pulir junta horizontal y vertical**

2.- Limpiar barrenos de tornillería de cubierta superior de pedestal frontal con lija.

3.- Limpiar rosca de los tornillos con cepillo de alambre.

4.- Rectificar rosca de los barrenos de junta horizontal y vertical de cubierta de pedestal frontal inferior con machuelo. Tapar con cinta masking.

5.- Rectificar rosca de barrenos de junta vertical de cubierta de pedestal frontal superior con machuelo. Tapar con cinta masking.

6.- Rectificar rosca de barrenos de maniobra de cubierta de pedestal frontal superior. Tapar con cinta masking.

7.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a junta horizontal superior e inferior. (Figura 3.11.)



**Figura 3.11. Pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a junta horizontal**

- 8.- Limpiar a metal blanco junta horizontal y tornillería de la carcasa inferior de bomba principal de lubricación.
- 9.- Inspeccionar mangueras flexibles de lubricación de chumacera 1, chumacera de empuje y dispositivos de control. En caso de encontrarse con anomalías, remplazarlas.

### **3.3.16 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE BRIDAS DE TUBERIA DE TRANSFERENCIA DE CARCASA EXTERIOR TBP.**

- 1.- Limpiar a metal blanco área de las bridas de tubería de transferencia con piedra de asentar, ruedas flap y solvente dieléctrico.
- 2.- Rectificar rosca de los barrenos con machuelo y tapar con cinta masking.
- 3.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a junta horizontal y tapar la junta con madera.

### **3.3.17 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE GUARDACOPLE.**

- 1.- Limpiar y pulir junta horizontal y vertical de guarda cople superior e inferior utilizando piedra de asentar.
- 2.- Rectificar barrenos con machuelo de la junta horizontal.
- 3.- Limpiar con aire a presión de cuerpo interno y externo del guardacople.
- 4.- Limpiar de la tornillería de guarda cople utilizando cepillo de alambre y esmeril.
- 5.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.
- 6.- Verificar a detalle el estado en que se encuentran las cintillas de los deflectores de aceite, limpiar y enderezar. En caso de estar muy dañadas cambiar. Utilizar lija y pinzas.
- 7.- Limpiar y pulir lanas de ajuste de guarda cople.

### **3.3.18 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DEL ROTOR**

- 1.- Verificar que se encuentre instalada caseta de sand blast con su respectivo extractor.
- 2.- Realizar inspección visual a detalle y elaborar reporte del estado actual que guarda el rotor antes de que este sea mandado al área de limpieza (sand blast).
- 3.- Proteger extremos de rotor cuyas partes no se limpian con oxido de aluminio con empaque de neopreno, tela y cinta masking (muñones de chumacera 1, 2, y chumacera de empuje, cople, área de deflectores de aceite, bomba principal de lubricación y flecha de extensión).

- 4.- Trasladar rotor a caseta de sand blast y colocarlo sobre soporte. Realizando el apoyo sobre el área de sellos vapor externas.
- 5.- Vigilar continuamente el proceso de limpieza para evitar daños al rotor. Verificar la correcta limpieza de rotor con chorro de oxido de aluminio de malla 220.
- 6.- Verificar que la limpieza de cuerpo de álabes de rotor se realiza en sentido del flujo de vapor, para evitar daños en perfil de salida del álabe.
- 7.- Usar boquillas adecuadas a fin de que se realice una correcta limpieza de rotor con chorro de oxido de aluminio.
- 8.- Terminada la limpieza del rotor con chorro de oxido de aluminio, efectuar limpieza del área y limpieza final del rotor con aire a presión.
- 9.- Realizar inspección visual y elaborar levantamiento del estado en que regresa rotor.
- 10.- Retirar protecciones de extremos del rotor para su mantenimiento.
- 11.- Realizar inspección visual a detalle de área de muñones de chumacera 1, 2, collar de empuje y cople.
- 12.- Realizar limpieza y pulido de muñones de chumacera 1, 2 y de empuje utilizando lija de banda con la cara posterior, fibra y solvente dieléctrico.
- 13.- Medir diámetros de muñones de chumaceras 1 y 2 a 0° y 90°, medir espesor de collar de empuje, con micrómetro de exteriores. Registrar datos.
- 14.- Limpiar y pulir cara de cople y barrenos de cople eliminando cualquier irregularidad en la superficie utilizando, piedra de asentar, lija de agua No. 600, fibra y solvente dieléctrico. Tomar lecturas de dimensiones de barrenos de cople a 0° y 90° con micrómetro telescópico o de interiores. Registrar datos.
- 15.- Limpiar y pulir área de deflectores de aceite de chumacera 1 y 2, eliminando cualquier irregularidad en la superficie utilizando lija de agua No. 600, fibra y solvente dieléctrico. Tomar lecturas de dimensiones a 0° y 90° con micrómetro de exteriores. Registrar datos.
- 16.- Limpiar y pulir área de bomba principal de lubricación, disparo de sobrevelocidad, collar de chumacera de empuje, disco de posición rotor utilizando lija fina, fibra, piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 17.- Rectificar con machuelo rosca de barrenos de planos de balanceo 1, 2 y central. Tapar con cinta masking.
- 18.- Limpiar y pulir área de sellos de cajas de vapor y eliminar cualquier irregularidad en la superficie.
- 19.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido:

- Cople y barrenos.- líquidos penetrantes
- Muñones de chumaceras, cambio de secciones del rotor, bomba de lubricación, flecha de extensión, collar de empuje, plato posición rotor, área de mecanismo de sobre velocidad.- líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido
- Ruedas de álabes, amortiguadores, bandas.- partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ensayos de dureza y réplicas metalográficas.

### **3.3.19 INSPECCION Y MANTENIMIENTO A DEFLECTORES DE ACEITE 1 Y 2**

- 1.- Limpiar y pulir junta horizontal y vertical de deflectores de aceite superior e inferior utilizando piedra de asentar y solvente dieléctrico.
- 2.- Limpiar a detalle área de drenaje de deflectores de aceite.
- 3.- Inspeccionar cada uno de los anillos que componen el deflector de aceite, tratando de localizar dobladuras, rozamientos y/o golpes de los anillos.
- 4.- Reparar cuidadosamente a detalle las imperfecciones o fallas encontradas en los anillos y/o cuerpo de deflectores.
- 5.- Limpiar barrenos de tornillería de junta horizontal y vertical con lija.
- 6.- Rectificar rosca de barrenos con machuelo de junta horizontal y tapar con cinta masking.
- 7.- Realizar limpieza de tornillería y guías con cepillo de alambre, solvente dieléctrico, carda y lija.
- 8.- Ensamblar provisionalmente los deflectores de aceite con tornillería y guías, verificando el cierre en junta horizontal.
- 9.- Medir los anillos de cada deflector, si se encuentra la dimensión fuera de diseño, cambiarlos. Registrar datos.



**figura 3.12. Medir anillos de deflector**

**10.-** Dimensionar deflectores, fabricar empaques laminados de 1/16” espesor, realizar desensamble de deflectores y colocar todas sus piezas en lugar protegido, con el fin de evitar daños y/o pérdidas de partes.

### **3.3.20 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CHUMACERA DE EMPUJE**

**1.-** Realizar limpieza y pulido de las juntas horizontal y vertical, guías y cuerpo de caja superior e inferior de chumacera de empuje. Utilizando piedra de asentar, fibra, lija de agua No. 600, rueda 89lan y solvente dieléctrico.

**2.-** Rectificar con machuelo rosca de barrenos de junta horizontal de caja inferior de chumacera de empuje. Tapar con cinta masking.

**3.-** Limpiar barrenos de tornillos de junta horizontal de caja superior de chumacera de empuje utilizando lija y rectificar rosca con machuelo de barrenos de maniobra.

**4.-** Realizar limpieza de cuerpo y rosca de 89lan89llería utilizando carda, rueda 89lan, cepillo de alambre y solvente dieléctrico. En caso de encontrar algún detalle en rosca rectificar con lima de joyero o reemplazar tornillos.

**5.-** Limpiar alojamiento inferior de chumacera de empuje, charola de recepción de aceite, soportes laterales de caja inferior, soportes de yugos laterales utilizando fibra, rueda 89lan, piedra de asentar y solvente dieléctrico. Rectificar con machuelo rosca de barrenos de tornillos de sujeción de yugos laterales. Tapar con cinta masking.

**6.-** Limpiar tacones soportes de caja inferior de chumacera de empuje utilizando piedra de asentar, fibra, rueda 89lan y solvente dieléctrico.

**7.-** Aflojar contratuerca y realizar retiro de tornillo de cuña de yugo lateral. Realizar limpieza a cuñas, laines “L”, junta horizontal y vertical de yugos utilizando fibra, piedra de asentar, rueda 89lan y solvente dieléctrico.

**8.-** Rectificar con machuelo rosca de barrenos de partes superior de yugos y de cuñas.

**9.-** Limpiar cuerpo y rosca de tornillos utilizando carda, cepillo de alambre y solvente dieléctrico. En caso de encontrar algún daño rectificar rosca con lima de joyero o reemplazar tornillos.

**10.-** Revisar a detalle laines de ajuste, limpiar y pulir utilizando fibra y solvente dieléctrico. En caso de encontrar alguna imperfección en superficie corregir. Dimensionar con micrómetro y registrar datos.

**11.-** Retirar tornillo de seguridad el cual sujeta las almohadillas de muelle superiores e inferiores en anillo de retención. Sacar almohadillas de muelle verificando la posición en que se encuentran, para realizar el correcto montaje. Realizar limpieza a detalle utilizando rueda 89lan, fibra y solvente dieléctrico.

**12.-** Revisar a detalle el anillo de retención de segmentos, limpiar utilizando fibra, rueda 89lan y solvente dieléctrico. En caso de encontrar alguna imperfección en superficie corregir. Rectificar



con machuelo rosca de barrenos de tornillos de sujeción de segmentos de almohadillas y tapar con cinta masking.



**3.13. Anillo de detención de segmentos**

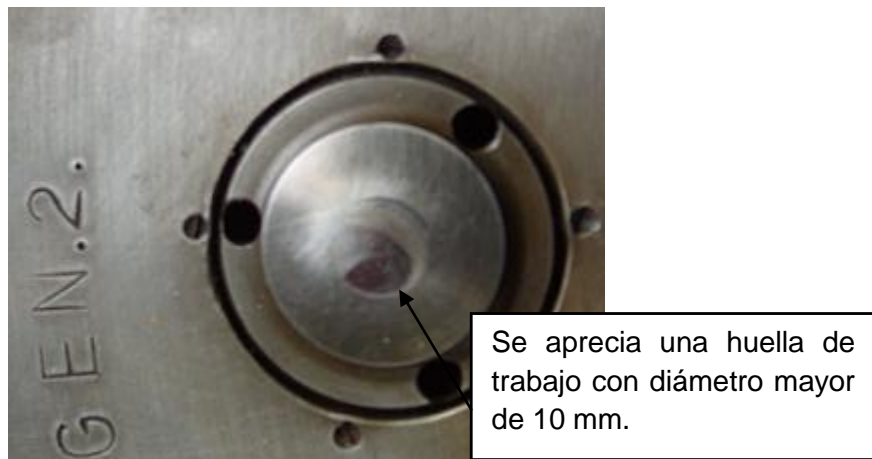
**13.-** Realizar montaje de almohadillas pivote y colocar su respectivo tornillo de seguridad.

**14.-** Realizar limpieza de rosca con cepillo de alambre a tornillería de sujeción de segmentos de almohadillas. Rectificar rosca con lima de joyero en caso de encontrar algún daño.

**15.-** Inspeccionar estado en que se encuentran los segmentos de almohadillas. Realizar limpieza y acondicionamiento de metal babbitt de segmentos de almohadillas utilizando para esto fibra y/o escrepa.

**16.-** Limpiar soporte pivote de segmentos de almohadillas utilizando solvente dieléctrico.

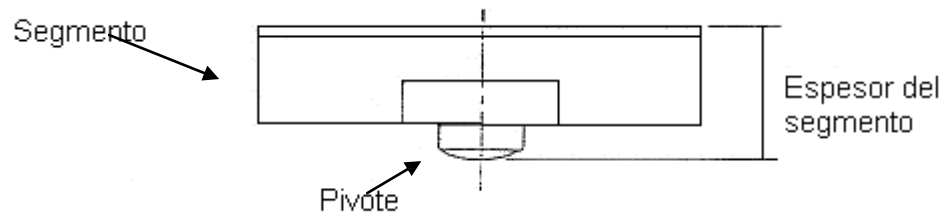
**17.-** Verificar cara del pivote, utilizando indicador de base magnética el cual debe palpar en parte superior de soporte pivote y comprobar que no exista planicidad, en caso de que en un área máxima de 10 mm no se mueva el indicador, proceder a realizar cambio, debido a que existe mucha área de planicidad y no va a realizar su trabajo de pivoteo.



**Figura 3.14. Huella de trabajo con diámetro mayor de 10mm.**



18.- Medir espesor de almohadillas pivote en cuatro puntos. Registrar datos. 🔍



19.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a lajas de ajuste y segmentos de almohadillas. 🔍

20.- Lubricar todas las piezas y tapparlas.

21.- Solicitar al departamento de instrumentación que realice revisión y mantenimiento de termopares de almohadillas.

### 3.3.21 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CHUMACERA 1

1.- Verificar huella de contacto de cada segmento basculante durante el desmontaje.

2.- Retirar conexiones de lubricación de cada uno de los segmentos basculantes.

3.- Rectificar con machuelo rosca de barreno de las conexiones de lubricación.

4.- Realizar limpieza de cada uno de los segmentos basculantes utilizando fibra y solvente dieléctrico. (Babbitt, alojamiento de lajas, orificios de lubricación).

5.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y ultrasonido a cada segmento basculante.



**Figura 3.15. Pruebas de líquidos penetrantes**

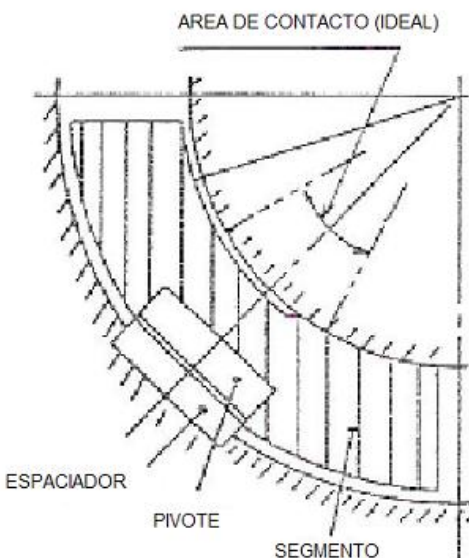
- 6.- Realizar limpieza de laines de ajuste utilizando fibra y solvente dieléctrico.
- 7.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a laines de ajuste. En caso de encontrar fisura, rectificar y/o cambiar. En caso de realizar algún cambio de lana, tomar dimensiones de lana dañada y maquinar lana nueva a dimensiones requeridas.
- 8.- Medir espesores de laines de ajuste y marcar. Registrar datos.



**Figura 3.16. Medir espesores de laines de ajuste y marcar. Registrar datos.**

- 9.- Realizar prueba a lana pivote de ajuste central, utilizando indicador de base magnética el cual debe palpar en parte superior de lana pivote de ajuste central y verificar que no exista planicidad, en caso de que en un área de 20 mm máximo el indicador no se mueve proceder a realizar su cambio, debido a que existe mucha área de planicidad y no va realizar su trabajo de pivoteo.
- 10.- Preparar mandril para verificar área de contacto de segmentos basculantes. El cual debe tener la misma medida que el muñón del rotor. Limpiar con fibra, rueda flap y solvente dieléctrico.  
Aplique al mandril una ligera capa de azul de Prusia con un área mayor que la del segmento, coloque y deslice éste sobre la capa de azul, al desmontarlo deberá observarse una huella a todo lo largo del segmento con un ancho de aproximado de 30° del arco del segmento como se indica en la siguiente figura. En caso de que no sea así se tienen dos métodos para ajustar: si es relativamente poco lo que marca de más se utilizará nuevamente la escrepa para remover los puntos todavía altos y se repetirá la prueba.

Si el caso es que se marca mucho más de 30° (tal vez debido a muchos años de servicio) se tendrá que enmetalalar y maquinar para recuperar la curvatura de diseño.



**12.-** Ajustar área de contacto de los segmentos basculantes, utilizando escrepa y fibra, hasta obtener un porcentaje de contacto de 30°. Verificar contra el mandril.

**13.-** Verificar contacto de lana de ajuste con respecto al alojamiento de segmento basculante, verificar contacto de la lana de ajuste con respecto al alojamiento del anillo inferior y contra la cara plana de la lana pivote, estos contactos deben de ser del 100%, tener cuidado que la lana pivote central se encuentre en su posición correcta. Utilizando azul de prusia.

**14.-** Realizar limpieza del anillo superior e inferior utilizando rueda flap, fibra y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.



**Figura 3.17. Limpieza del anillo superior e inferior utilizando rueda flap**

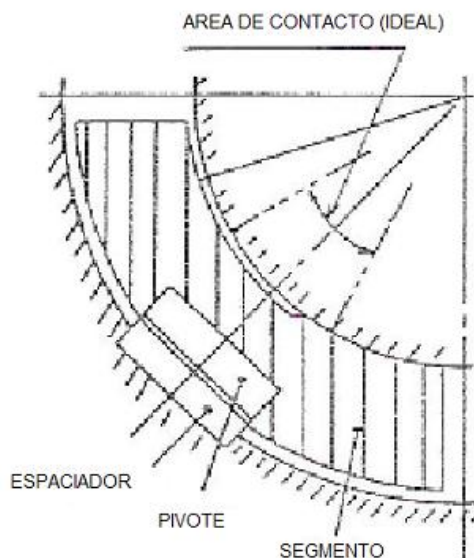
- 15.-** Limpiar guías de anillos inferiores y rectificar con machuelo barreno de maniobra de anillo superior. Tapar con cinta masking.
- 16.-** Limpiar juntas horizontales y partes internas de yugo superior. Utilizando rueda flap, fibra y solvente dieléctrico. Rectificar con machuelo rosca de barrenos de tornillos de apriete y tornillos gato. Tapar con cinta masking.
- 17.-** Realizar limpieza de cuerpo y rosca de tornillos de apriete de yugo utilizando rueda flap, cepillo de alambre y solvente dieléctrico.
- 18.-** Colocar conexiones de lubricación de segmentos basculantes.
- 19.-** Aplicar aceite a piezas y tapar.
- 20.-** Verificar contacto de anillo inferior de chumacera 1 con pedestal. Aplicando azul de Prusia en parte inferior de anillo y realizar montaje en pedestal, mover radialmente anillo inferior y realizar retiro para verificar huella de contacto. La cual debe ser 100%. En caso de no dar el contacto corregir.

### **3.3.22 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE CHUMACERA 2**

- 1.- Verificar huella de contacto de cada segmento basculante durante el desmontaje.
- 2.- Realizar limpieza de cada uno de los segmentos basculantes utilizando fibra y solvente dieléctrico. (Babbitt, alojamiento de laines, orificios de lubricación).
- 3.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes y ultrasonido a cada segmento basculante.
- 4.- Realizar limpieza de laines de ajuste utilizando fibra y solvente dieléctrico.
- 5.- Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes a laines de ajuste. En caso de encontrar fisura, rectificar y/o cambiar. En caso de realizar algún cambio de laina, tomar dimensiones de laina dañada y maquinar laina nueva a dimensiones requeridas.
- 6.- Tomar lecturas de dimensiones de laines de ajuste y marcar. Registrar datos.
- 7.- Realizar prueba a laina pivote de ajuste central 2, utilizando indicador de base magnética el cual debe palpar en parte superior de laina de ajuste central y verificar que no exista planicidad, en caso de que en un área de 20 mm máximo el indicador no se mueve proceder a realizar cambio, debido a que existe mucha área de planicidad y no va realizar su trabajo de pivoteo.
- 8.- Preparar mandril para asentamiento de segmentos basculantes. El cual debe tener la misma medida que el muñón del rotor. Limpiar con fibra, rueda flap y solvente dieléctrico.

Aplique al mandril una ligera capa de azul de Prusia con un área mayor que la del segmento y coloque éste sobre la capa de azul, al desmontarlo deberá observarse una huella a todo lo largo del segmento con un ancho de aproximado de 30° del arco del segmento como se indica en la siguiente figura. En caso de que no sea así se tienen dos métodos para ajustar: si es relativamente poco lo que marca de más se utilizará nuevamente la escrepa para remover los puntos todavía altos y se repetirá la prueba.

Si el caso es que se marca mucho más de 30° (tal vez debido a muchos años de servicio) se tendrá que enmetalalar y maquinar para recuperar la curvatura de diseño.



- 10.-** Ajustar área de contacto de los segmentos basculantes, utilizando escrepa y fibra, hasta obtener un porcentaje de contacto de 30°. Verificar contra el mandril.
- 11.-** Verificar contacto de lana de ajuste con respecto al alojamiento de segmento basculante utilizando azul de prusia. Verificar que el contacto sea del 100%.
- 12.-** Retirar tacones de ajuste laterales y centrales de anillo inferior y superior con llave allen de 14 mm.
- 13.-** Retirar deflectores de aceite internos cuidando de no dañar termopar. Limpiar a metal blanco utilizando rueda flap, fibra y solvente dieléctrico.
- 14.-** Realizar limpieza y eliminar cualquier imperfección en superficie de tacones de ajuste, lanas, alojamiento, anillo inferior y superior utilizando rueda flap, lija, fibra, piedra de asentar, rectificador con piedra montada y solvente dieléctrico. En caso de encontrar alguna lana dañada realizar cambio, la cual debe tener las mismas dimensiones.
- 15.-** Realizar limpieza de tornillos de ajuste de deflectores de aceite internos y rectificar rosca de barrenos con machuelo.
- 16.-** Verificar lecturas de dimensiones de lanas por tacón de anillo inferior y superior con micrómetro y registrar datos. Marcar en lana el espesor que tienen con tinta permanente.
- 17.-** Realizar limpieza de anillo superior e inferior utilizando rueda flap, fibra y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.
- 18.-** Realizar limpieza de tornillos de apriete de tacones de ajuste de anillos inferior y superior.

**19.-** Aplicar aceite a laines y tacones de ajuste, colocar en anillos y dar apriete a tornillos a tope.

**20.-** Limpiar pedestal de chumacera 2, eliminando cualquier imperfección en superficie utilizando piedra de asentar, rueda flap, lija, fibra y solvente dieléctrico. Efectuar pruebas no destructivas, líquidos penetrantes.

**21.-** Verificar contacto de laines de ajuste y alojamientos de segmentos y anillo inferior utilizando azul de prusia.

**22.-** Realizar ajuste de contacto de tacones de ajuste lateral y central de anillo inferior con respecto a pedestal. Aplicar azul de prusia en pedestal, realizar maniobra de montaje en gancho auxiliar de grúa utilizando 2 diferenciales de 1 ton y 2 estrobos de 3/8" x 3 m, centrar grúa en anillo inferior. El cual debe tener solamente colocados los 2 tacones de ajuste laterales. Estrobar maniobra colocando 2 cáncamos de 20 mm en junta horizontal de anillo inferior y proceder a nivelar.

**23.-** Centrar grúa en pedestal de chumacera 2 e iniciar montaje lentamente con grúa.



**Figura 3.18. Montaje de chumacera**

**24.-** Mover radialmente anillo inferior y volver a realizar desmontaje. Verificar que el contacto en tacones de ajuste sea mayor del 80%. En caso de no dar el porcentaje ajustar rebajando las partes altas (azul de prusia) utilizando disco de desbaste y pulir con piedra de asentar. Realizar la maniobra las veces necesarias hasta obtener el contacto requerido.

**25.-** Instalar tacón central con sus respectivas laines en el anillo inferior, realizar montaje de anillo en pedestal y verificar holgura del tacon central utilizando lainómetro, de ser necesario ajustar a holgura de diseño que es de 0.00 a 0.10 mm, utilizando laines en tacon central.



**26.-** Realizar montaje de lanas de ajuste en alojamientos de anillo inferior y colocar segmentos basculantes, tener cuidado que la lana pivote central se encuentre en su posición correcta. Tapar chumacera inferior.

**27.-** Realizar ajuste de contacto de tacones de ajuste laterales de anillo superior con respecto cubierta superior de la misma forma que anillo inferior.



**Figura 3.19.** *Centrar grúa en pedestal de chumacera 2 e iniciar montaje lentamente con grúa*

**28.-** Guardar herramienta de maniobras en bodega.

**29.-** Limpiar los tornillos de apriete del anillo inferior y superior. Efectuar pruebas no destructivas, partículas magnéticas. 🔍

### **3.3.23.- BALANCEO EN BANCOS DE ROTOR TAP**

#### **CONDICIONES PREVIAS**

- Verificar que el rotor se encuentre liberado de las pruebas no destructivas.
- Verificar que se cuente con la instrumentación y equipo necesario para realizar el análisis de comportamiento de rotor y balanceo (rodillos de balanceo, analizador de vibraciones, sensores, transmisión hidráulica, bancos de balanceo).

#### **HERRAMIENTA A UTILIZAR:**

- bancos de balanceo
- rodillos de balanceo
- analizador de vibraciones CSI 2120
- transmisión hidráulica
- sensores de desplazamiento



- tacómetro
- balanza portátil
- 2 estrobos de 2" x 1 m
- 2 tensores de 1 3/4"
- estrobo de 1 1/8" x 6 m
- 2 grilletes de 3 1/2"
- 2 grilletes de 2"
- nivel de precisión

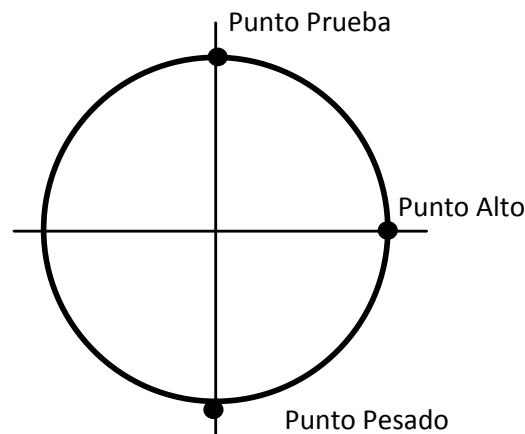
1.- Este método de balanceo en bancos a baja velocidad, se basa en el hecho de que en la velocidad crítica el punto pesado se puede identificar con suficiente claridad. Un rotor girando en una velocidad crítica (frecuencia natural), se excita en un solo modo de vibración correspondiente a esa frecuencia resonante, con amplificación de dicha vibración suficientemente grande, de manera que el efecto medido corresponde solamente al desbalance de ese modo en particular.

Los modos de vibración que interesan excitar para balancear por este método, son el primero y segundo no flexionante. Para lograr esto a bajas velocidades, se monta el rotor sobre rodillos de balanceo (los cuales simulan las chumaceras) apoyadas estas sobre bancos de balanceo metálicos, separadas de los bancos por un material elástico (normalmente se usan bloques de hule duro). Dependiendo de la elasticidad del material será la rigidez del sistema, mientras más suave sea este material, más flexible será el conjunto y se lograran excitar los modos de vibración deseados a más bajas velocidades de rotación. La rigidez del sistema debe ser tal, que se excite su segundo modo como máximo a 255 rpm y por consiguiente, la frecuencia natural o velocidad crítica del primero quedara en 150 rpm aproximadamente. Una característica del rotor en bancos, es que al estar girando, describe un movimiento principalmente horizontal. Por tener menor rigidez en este sentido que en el vertical, deformando al corte los hules de los bancos de trabajo.

Al excitarse en le primer modo de vibración, el rotor describe en fase un movimiento horizontal. Al estar excitado en el segundo modo, el rotor describe un movimiento en X, donde un extremo de este se encuentra defasado 180° con respecto al otro extremo, teniendo a ser nulo el movimiento al centro del rotor, a estas velocidades el rotor no se deforma de manera flexionante, absorbiendo esta deformación los hules de los bancos. El valor de velocidad crítica

se determina cuando la amplitud de vibración es máxima, en ese momento el punto pesado se encuentra  $90^\circ$  adelante del punto alto.

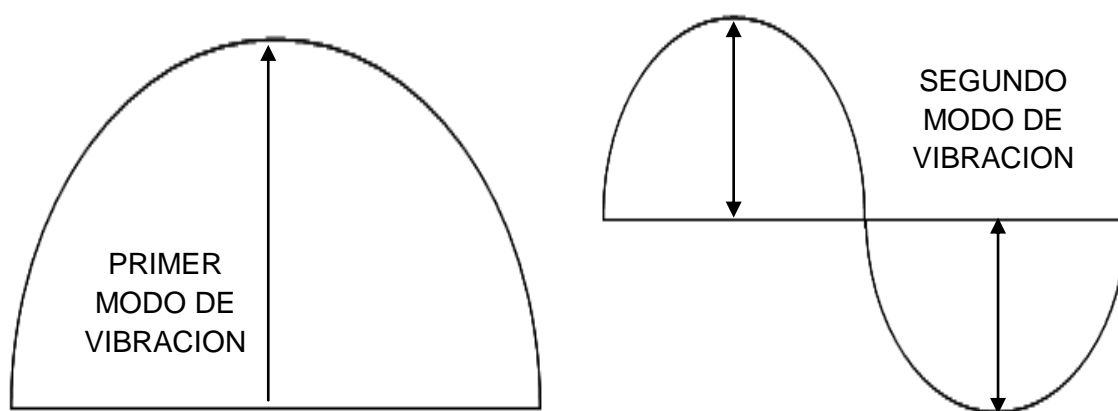
Cuando tenemos identificado el ángulo en el que se encuentra el punto alto podemos identificar el punto pesado el cual se encuentra  $90^\circ$  atrasado y así podemos determinar el ángulo en el que colocaremos el peso de prueba. (Figura 3.20.)



**Figura 3.20. El punto prueba siempre se pone  $90^\circ$  al punto alto**

En el plano central es el lugar donde se corrige la primera crítica y/o 1er. Modo de vibración, el cual arroja lecturas a las 150 rpm.

En el plano 1 chumacera uno y plano 2 chumacera 2 es el lugar donde se corrige la segunda crítica y/o 2do. Modo de vibración, el cual arroja lecturas a las 255 rpm. (Figura 3.21.)



**Figura 3.21. Tomar en cuenta que durante el balanceo en bancos, al momento de llegar el rotor a la máxima velocidad 360 rpm y el rotor se suelta e inicia a bajar velocidad, primero se presenta el segundo modo y a continuación el primer modo.**

- 2.- Trasladar bancos, rodillos de balanceo y transmisión hidráulica al área de maniobras de casa de maquinas por medio de una grúa móvil.
- 3.- Limpiar bancos de balanceo eliminando la suciedad y corrosión en la junta horizontal donde soporta los rodillos, verificar funcionamiento de tornillo de ajuste de las patas y de las palometas laterales las cuales sujetan los rodillos de balanceo.



### **3.22. Bancos de balanceo de rotor**

- 4.- Limpiar y eliminar cualquier corrosión en rodillos de balanceo, utilizando fibra, solvente dieléctrico y lija fina.
- 5.- Colocar bancos de balanceo a distancia de 5360 mm de centro a centro, de acuerdo a la distancia existente entre centros de chumaceras 1 y 2 del rotor. Utilizando la grúa viajera con el gancho auxiliar para facilitar las maniobras.
- 6.- Colocar en cada banco de trabajo cuatro hules de 25 shores en forma lineal y distribuirlos proporcionalmente en toda la superficie horizontal. Estos deberán cubrir el 80% del área de apoyo.
- 7.- Colocar los rodillos de balanceo sobre los hules de los bancos, realizar el alineamiento de los rodillos, verificando distancia entre centros, así como la perfecta perpendicularidad y paralelismo.
- 8.- Nivelar perfectamente la altura de los rodillos de balanceo, calzar correctamente con placas metálicas de diferentes medidas cada uno de los apoyos de los bancos de balanceo, fijando firmemente tornillos de ajuste.



**Figura 3.23. Se nivela perfectamente la altura de los rodillos de balanceo**

**9.-** Preparar maniobra en gancho principal de grúa 90 ton con apoyo de balancín, colocar los 2 estrobos de 2" x 1 m de balancín en gancho y levantar balancín, aflojar soportes verticales y acomodar a 2670 mm de centro de balancín hacia lado gobernador y 2130 mm hacia lado generador, apretar soportes con llave allen. Colocar los 2 tensores de 1 3/4" con estrobo de 1 1/8" x 6 m a los 2 grilletes de 3 1/2" de balancín. Unir estrobos a tensores por medio de 2 grilletes de 2". Amarrar sogas en punta de balancín lado gobernador para cambio de posición de balancín.

**10.-** Deslizar grúa con balancín hasta colocar en parte superior de rotor de TAP y realizar centrado. Bajar balancín lentamente hasta retirar estrobos de tensores y proceder a pasar por área de deflectores de aceite, volver a colocar estrobos en tensores e iniciar tensado de maniobra.

**11.-** Izar rotor hasta despegar de bancos soportes y suspender rotor. Colocar nivel de precisión en muñón de chumacera 2 y proceder a nivelar con diferencial de 1 ton el cual va del lado del cople.

**12.-** Trasladar rotor a bancos de balanceo, centrar y realizar montaje final. Retirar maniobra y guardar herramienta en bodega.

**13.-** Colocar nivel de precisión en muñones de chumacera 1 y 2 y realizar ajustes en caso necesario para quedar perfectamente nivelado el rotor.

**14.-** Inspeccionar y acondicionar los topes axiales para posicionar rotor axialmente durante el balanceo. Tener cuidado de tapar perfectamente muñones y rodillos y usar cable de tierra de la maquina soldadora al momento de fijar los topes en el banco de balanceo para evitar algún daño. Los topes deben ir por la parte exterior de los bancos de balanceo.

**15.-** Registrar en una hoja polar los pesos de balanceo colocados en los planos de balance 1 (lado chumacera 1), plano de balance 2 (lado chumacera 2) y plano central, lo cual servirá al momento de realizar los ajustes de balanceo.

**16.-** Solicitar a departamento eléctrico la conexión de la transmisión hidráulica y realizar prueba en vacío para verificar comportamiento.

**17.-** Montar la transmisión hidráulica, alineándola con el cople de manera que pueda girar en el sentido de rotación, utilizar banda tipo VE300, fijar transmisión utilizando ángulos y/o tubos a columna vertical de casa de máquinas. Colocar diferencial de 1 ton entre soporte y cuerpo de la transmisión hidráulica el cual servirá para tensionar banda durante las maniobras de balanceo.

**18.-** Colocar cinta reflejante paralela al pozo 24 del plano de balanceo 2 y tomar esta referencia para señal del tacómetro.

**19.-** Marcar pozos de balanceo con tinta permanente en planos de balanceo 1, 2 y central, para tener una mejor identificación.

**20.-** Seleccionar los puntos de medición de vibraciones. Los sensores a utilizar son del tipo desplazamiento y los puntos recomendados para la instalación son las cajas de los rodillos de balanceo y van colocados de manera horizontal, apuntando a una placa maquinada y soldada previamente a la caja del rodillo, con el gap requerido para obtener una buena señal.



**Figura 3.24. Cajas de los rodillos de balanceo donde van puestos los sensores para medir las vibraciones**

**21.-** Instalar y conectar sensores de desplazamiento, tacómetro y analizador de vibración, con su respectivo cableado.



**Figura 3.25. Instalacion de sensores de desplazamiento, tacometro y analizador de vibracion**

**22.-** Aplicar manualmente aditivo bardahl 2 en muñones de chumacera 1 y 2, ajustar palometas laterales en rodillos de balanceo.

**23.-** Girar rotor a 100 rpm en un lapso de 4 hrs. Realizar calibración y ajustes de la instrumentación y del equipo.

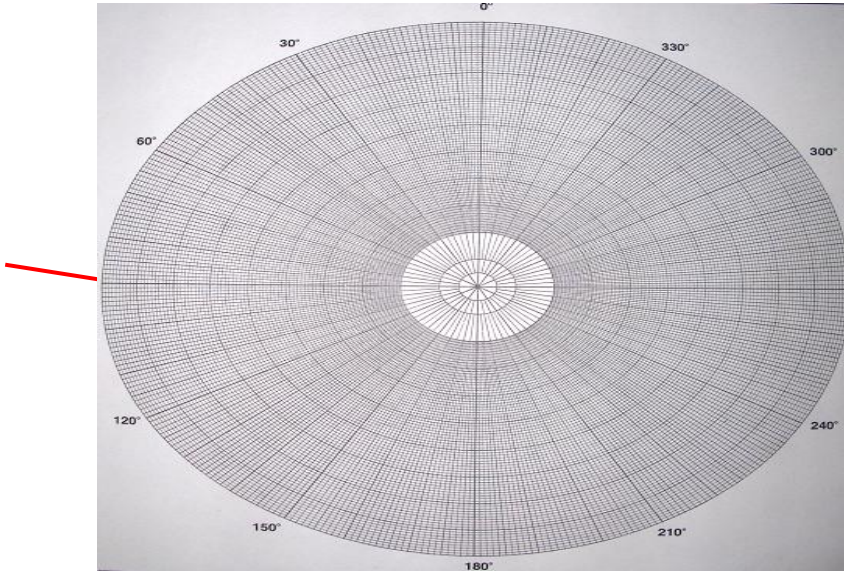
NOTA: Lubricar banda de rotación durante todo el tiempo de rodado del rotor.

**24.-** Preparar suficientes pesos de balanceo de diferentes masas para colocación en planos de balanceo.

**25.-** Poner especial cuidado en no permitir el paro completo del rotor, así como de tomar las lecturas de vibración siempre en el mismo punto de velocidad correspondiente.

NOTA: En el plano central corregiremos el modo 1 y en caso necesario, colocar pesos en plano 1 y plano 2 siempre y cuando se coloquen en la misma línea o ángulo de fase. Una forma de verificar que los datos estén correctos es que el ángulo de fase del modo 1 en ambos planos debe dar muy similar. Para el modo 2 se corregirá colocando pesos tanto en el plano 1 como en el plano 2, para verificar que los datos estén correctos el ángulo de fase en el modo 2 se encuentra defasado  $180^\circ$  entre plano 1 y 2.





**26.-** Después de 4 hrs se inicia la corrida inicial 0 a 360 rpm de velocidad máxima, en la cual serán nuestras condiciones iniciales. Al llegar a las 360 rpm soltar la banda de la transmisión motriz del cople con ayuda de una madera y aflojar al mismo tiempo las cuatro palometas, para dejar en libertad total los rodillos de balanceo. Iniciar a grabar datos con analizador de vibraciones, tomando amplitudes de vibración y ángulos de fase para el primer y segundo modo de las chumaceras 1 y 2. Registrar datos.

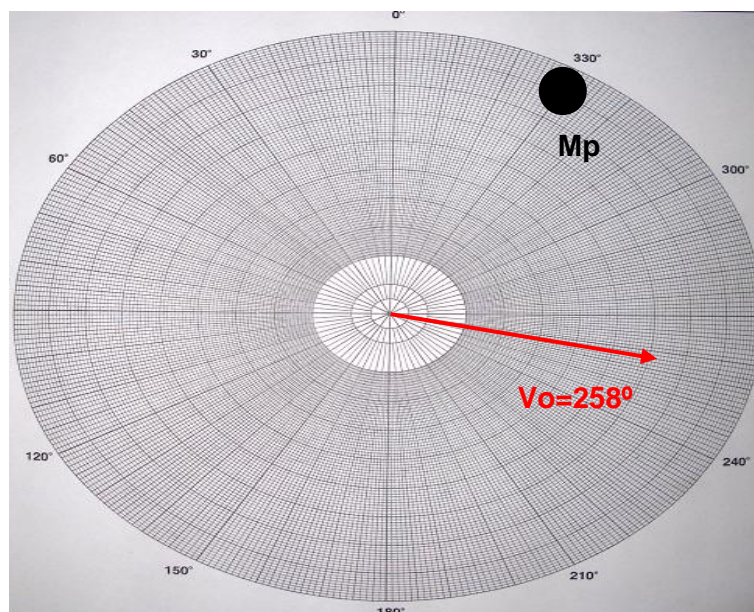
**Tabla. 3.1 registrando datos de la primer corrida del rotor con duracion de 4horas.**

	PLANO 1 CHUMACERA UNO		PLANO 2 CHUMACERA DOS	
	MODO 1	MODO 2	MODO 1	MODO 2
RPM	150	255	150	255
CORRIDA 0	ANGULO/MAGNITUD	ANGULO/MAGNITUD	ANGULO/MAGNITUD	ANGULO/MAGNITUD

**27.-** Después de obtener las lecturas de vibración de los dos modos, volver a colocar banda de la transmisión motriz y tensar. Apretar las cuatro palometas para fijar rodillos de balanceo e incrementar velocidad a 360 rpm, volver a realizar corrida 0, para comprobar datos, graficar en diagrama polar con su vector inicial  $V_0$  con magnitud y sentido, y vector  $-V_0$  con sentido contrario.

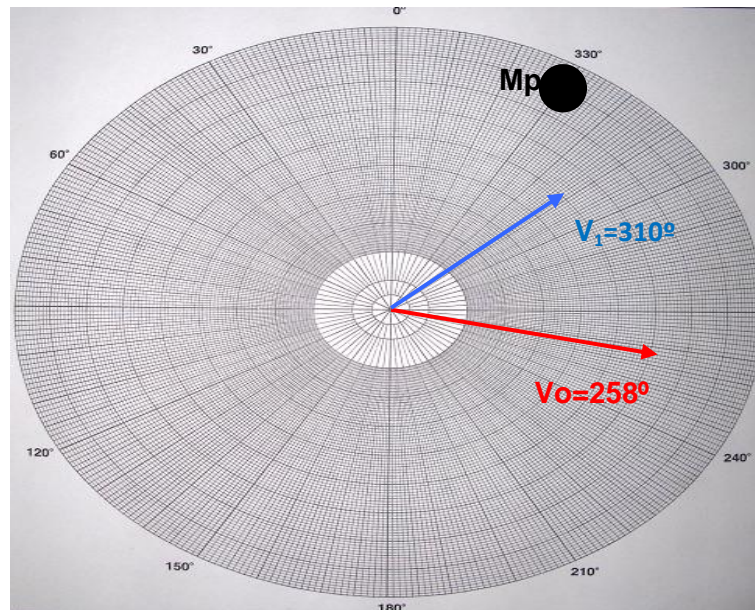
**28.-** Proceder a colocar pesos de prueba y/o masa de prueba ( $M_p$ ) de balance. Después de los valores obtenidos en las dos corridas 0, para corregir el punto alto y el punto pesado, el cual debe ir en el barreno correspondiente. Durante la instalación del peso de prueba no dejar que el

rotor se pare por completo y que el peso quede apretado para evitar que se salga en el rodado y cause algún daño. La masa de prueba debe localizarse a  $90^\circ$  del punto alto en el sentido de giro. Iniciar el balanceo en el modo que mas domine o tenga las amplitudes mayores. Normalmente a la hora de efectuar las correcciones mediante balanceo de los rotores, nos vemos en la necesidad de indicar la cantidad de peso que debemos de ponerle para esta finalidad y tener una respuesta que sea lo suficientemente buena para realizar la práctica de balanceo, en la mayoría de los casos las indicaciones que damos del peso a instalar es en base a la experiencia y familiaridad que se tenga con trabajos realizados anteriormente en estos rotores. 🔍

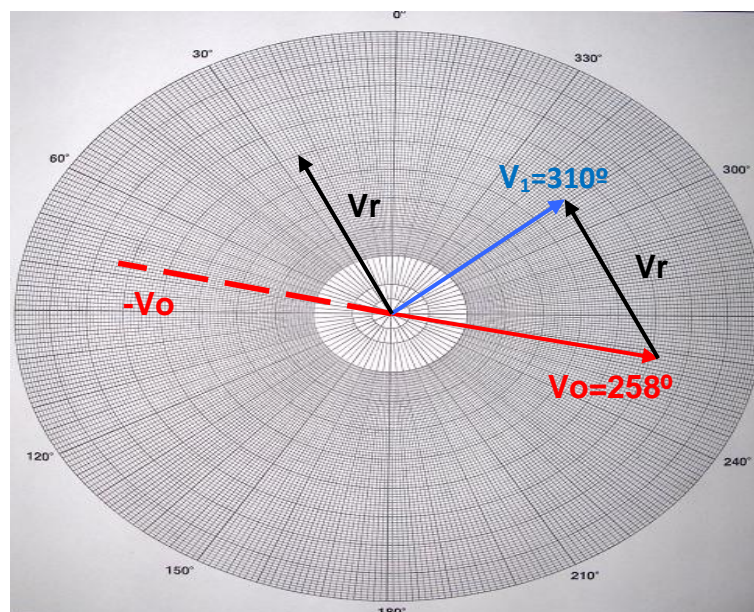


**29.-** Verificar colocación de peso de prueba, volver a colocar banda de la transmisión motriz y tensar, apretar las cuatro palometas para fijar rodillos de balanceo e incrementar velocidad a 360 rpm, realizar corrida 1. Al llegar a las 360 rpm soltar la banda de la transmisión motriz del cople con ayuda de una madera y aflojar al mismo tiempo las cuatro palometas, para dejar en libertad total los rodillos de balanceo. Iniciar a grabar datos con analizador de vibraciones, tomando amplitudes de vibración y ángulos de fase para el primer y segundo modo de las chumaceras 1 y 2. Registrar lecturas. Graficar en diagrama polar su vector V1 con magnitud y sentido.

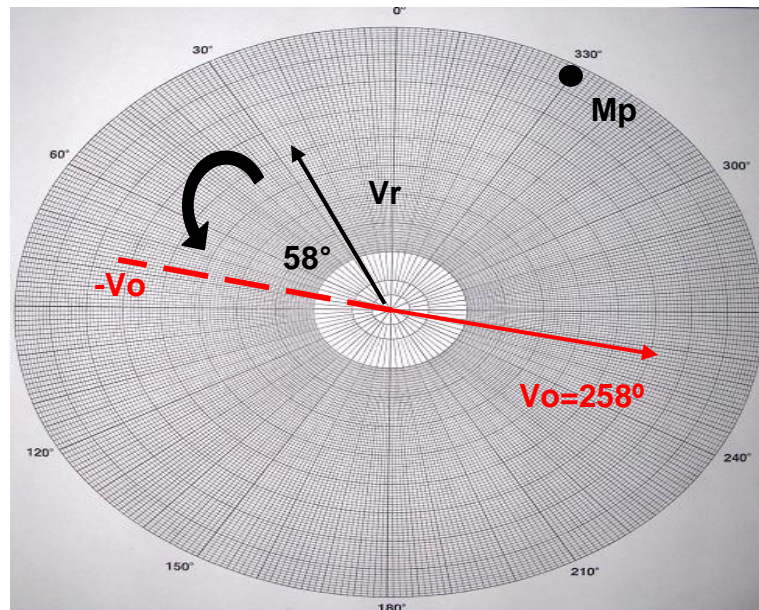




**30.-** Trazar con  $V_o$  y  $V_1$  un vector resultante  $V_r$  de  $V_o$  a  $V_1$ , para eliminar la vibración se deberá obtener un vector resultante de aproximadamente igual magnitud a  $V_o$  aunque se tomara como aceptable magnitudes por debajo de los 0.050 mm, para verificar esto trace un vector de la misma magnitud pero a  $180^\circ$  del  $V_o$  al que llamaremos  $V_o'$  y compárelo con el vector resultante trasladando este hacia el origen.



Verificar que el vector  $V_r$  está retrasado  $58^\circ$  respecto al vector  $V_o$  por lo que habrá que modificar la posición del peso en estos mismos grados quedando situado a  $30^\circ$  y la magnitud del nuevo peso se determinará por la siguiente fórmula:



$$M_c = \frac{M_p \times V_o}{V_r}$$

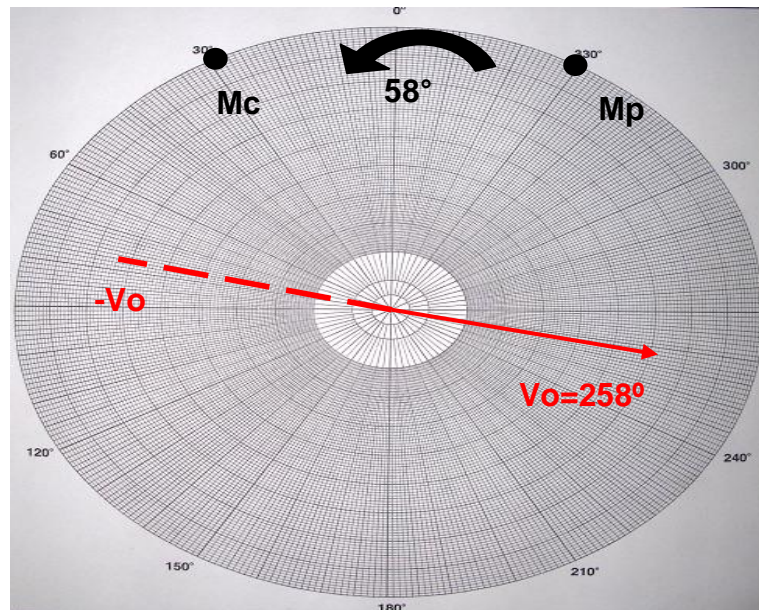
Donde:

$M_c$  = Masa de corrección.

$M_p$  = Masa de prueba.

$V_o$  = Vector inicial.

$V_r$  = Vector resultante.



**32.-** Realizar retiro de peso de prueba y colocar peso de corrección de acuerdo a masa y ángulo calculado en el plano central, lubricar muñones y rodillos de balanceo con aceite bardahl 2.

**33.-** Verificar colocación de peso de corrección de balanceo, volver a colocar banda de la transmisión motriz y tensar, apretar las cuatro palometas para fijar rodillos de balanceo e incrementar velocidad a 360 rpm, realizar corrida 2. Al llegar a las 360 rpm soltar la banda de la transmisión motriz del cople con ayuda de una madera y aflojar al mismo tiempo las cuatro palometas, para dejar en libertad total los rodillos de balanceo. Iniciar a grabar datos con analizador de vibraciones, tomando amplitudes de vibración y ángulos de fase para el primer y segundo modo de las chumaceras 1 y 2. Registrar lecturas en formato. Graficar en diagrama polar su vector V2 con magnitud y sentido. Verificar que el valor este dentro de los rangos aceptables < 40 micras (desbalance residual). En caso de estar más alta repetir los puntos del 30 al 33 hasta entrar en rangos aceptables.

**34.-** Realizar el mismo procedimiento para el modo 2 de vibracion en las cuales se balancea en el plano 1 y 2.

**35.-** Repetir la ultima corrida 2 veces para confirmar lecturas finales en los dos modos de vibración y dejar el desbalance residual mínimo.

**36.-** Retirar y desconectar instrumentación y equipo de balanceo, guardando en bodega de herramienta.

**37.-** Solicitar a departamento eléctrico la desconexión de transmisión motriz y guardar en bodega.

38.- Remachar pesos de balanceo en los tres planos y realizar reporte en hoja de diagrama polar, para utilizar como historial.

39.- Con apoyo de gancho principal de 90 ton y balancin, trasladar rotor a soporte base provisional, proteger área de muñones de chumacera 1 y 2, flecha de extension.

40.- guardar bancos y rodillos de balanceo en bodega de herramienta.

41.- Limpiar area de trabajo.

42.- Configuración de CSI 2120 para balanceo de rotores en bancos a baja velocidad.

- **ON/OFF**
- **PROGRAM SELECT**
- **OFF ROUTE PROGRAM**
- **DEFINE OFF ROUTE PNT**
- **MCHN ID:** Nombre del rotor
- **DESC 1:** Descripción del apoyo 1 (rodillo/chumacera)
- **DESC 2:** Descripción del apoyo 2 (rodillo/chumacera)
- **POINT ID:** 1
- **DUAL PNT :** YES **SD ID:** 2
- **VAR RPM:** YES **LOAD:** NO
- **ANLS SET:** lo asigna automáticamente
- **Page Up**
- **SENSR TYPE:** DISPLC
- **CONVERT TO:** DISPLC
- **SENSITIVITY:** 0.00787
- **UNITS:** STANDRD
- **SENSR PWR:** OFF
- **Page Up**
- **REFERENCE RPM:** 500
- **REFERENCE LOAD:** 100
- **SEVA SPECTRA:** YES
- **SAVE WAVEFORM:** YES
- **DISPL IN ORDER:** NO
- **FS DISPL RANGE:** 0.00
- **Page Up**
- **DEMODULATE:** NO
- **PEAKVUE:** NO

- **PREFILTER: OFF**
- **Page Up**
- **FREQUENCY: 500**
- **LOW CUTOFF: 0.00**
- **WINDOW: Hanning**
- **AVERAGES: 1**
- **SST: NO**
- **ENTER**
- **ENTER OFFRT MODE**
- **ANALYZE**
- **MONITOR MODE**
- **MONITOR PEAK/PHAS**
- **ORDER (XRPM): 1**
- **BANDWIDTH (XRPM): 0.20**
- **AVERAGE ENABLD: NO**
- **MINIMUM RPM: 0**
- **TACHMTR TIMEOUT: YES**
- **FS RANGE: 0.00**
- **ACVTIVE CHN: DUAL**
- **ENTER**

En este momento al recibir el pulso del tacómetro comenzará a grabar en memoria temporal todos los datos de amplitud y fase de ambos canales.

Antes de soltar la banda (por ejemplo 350 rpm), se deberá presionar CLEAR, con esto se borrarán todos los datos de la subida de velocidad y solo se grabarán los datos durante la bajada de velocidad.

Al concluir de grabar los datos posteriores de haber registrado el primer modo de vibración (por ejemplo 90 rpm), se deberá presionar ENTER.

- **SAVE DATA**
- **DUAL BODE PLOT**

En este punto presentará los gráficos de bode del Canal A y se deberán registrar los valores de los 2 Modos de vibración junto con su respectivo ángulo de fase utilizando los cursores correspondientes ubicados a la misma velocidad. Es decir en el pico de cada Modo de Vibración.

- **F6** para cambiarse a los gráficos del Canal B y realizar el registro de los valores respectivos de amplitud y ángulo de fase para cada Modo de Vibración.

Para grabar un nuevo rodado (bajada de velocidad) se deberán repetir los pasos a partir de ANALYZE.



## CAPITULO 4

### SUPERVISORIO DE TURBINA

#### 4.1 Vibración.

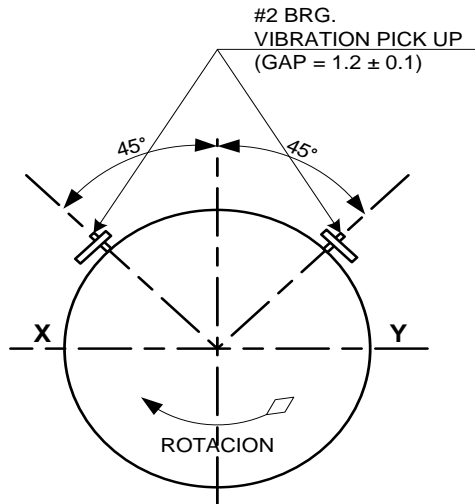
La mayoría de los problemas inherentes de vibración en un turbogenerador son debidos al desalineamiento o flexión del rotor, desbalance de partes rotativas, desgaste o desalineamiento de chumaceras y en algunos casos motivados por un excesivo o desigual calentamiento de sus partes.

Los puntos ideales para medir la vibración se encuentran localizados en las chumaceras o cerca de ellas. En estos puntos se transmiten con mayor fidelidad, la mayor parte de las fuerzas de las partes rotatorias del equipo.

Los sensores montados en cada chumacera están separados  $90^\circ (\pm 0,1^\circ)$ , normalmente los sensores están montados a  $45^\circ (\pm 0,1^\circ)$  de cada lado de la línea vertical del centro. Viendo desde el pedestal del gobernador el sensor "X" (vertical) está al lado izquierdo de la vertical del centro y el sensor "Y" (horizontal) está en el lado derecho de la vertical del centro. En algunas turbinas dependiendo del fabricante los montajes coinciden físicamente con los ejes cartesianos vertical y horizontal. Para el balanceo dinámico se requiere medir el ángulo de fase.

El claro (gap) para ajuste del sensor se establece en el centro del rango lineal del lazo de medición. El área de la superficie a ser observada por medio del sensor debe ser concéntrica con la chumacera y libre de las marcas de cualquier otra discontinuidad tales como: rayados, barreno, ranura, cuña, etc. y apropiadamente desmagnetizada.

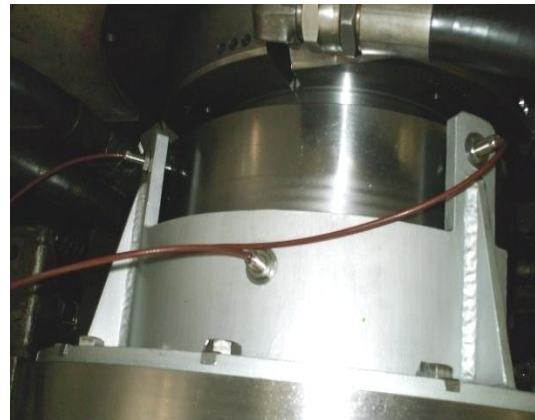
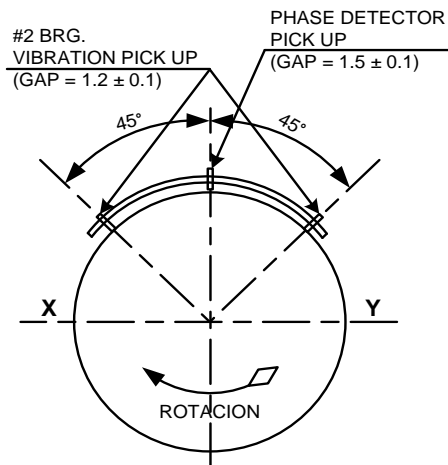
Puede llegar a efectuarse la medición en los tres ejes de cada chumacera. Las lecturas de vibración en una dirección axial son especialmente importantes en desalineamientos de acoplamientos y chumaceras, además que sus eficiencias normalmente altas, requieren de tolerancias pequeñas en los álabes y sellos de la flecha. (Figura 4.1.)



**Figura 4.1 Sensores puestos en la chumacera**

#### 4.1.1 Angulo de fase.

Es la diferencia rotativa que existe entre la ubicación angular de la vibración de una flecha a velocidad de giro con respecto a una marca (muesca, cuña o proyección) de la misma y que normalmente determina la referencia en “cero grados” del rotor. (Figura 4.2.)



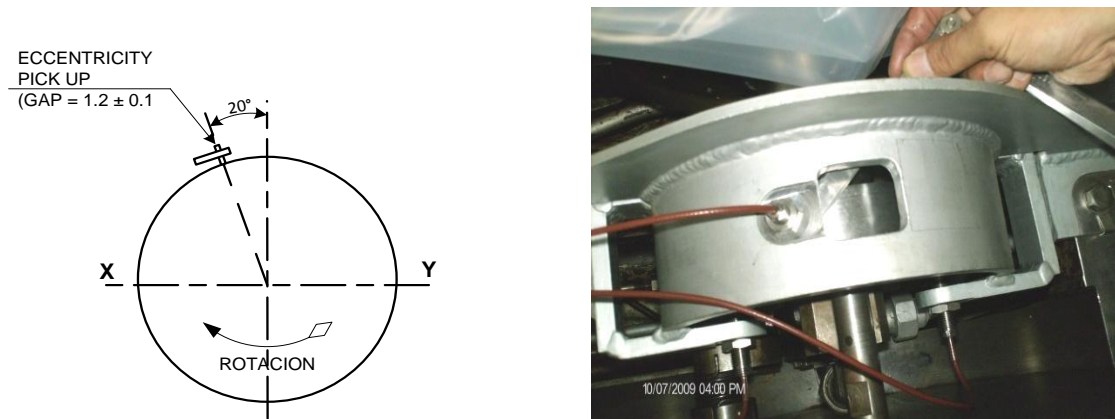
**Figura 4.2. Sensores puestos en flecha**



## 4.2 Excentricidad.

Excentricidad es la distancia existente entre el centro geométrico y el centro de giro de un cuerpo (rotor), en una turbina la excentricidad es el encorvamiento o combadura en el claro que existe entre sus chumaceras.

Cuando la turbina sin girar después de haber estado en condición de rodado, la excentricidad es provocada por una distribución desigual de temperaturas en la flecha, así mismo cuando el rotor permanece por largos periodos sin giro, la excentricidad es provocada por el peso del mismo. (Figura 4.3.)



**Figura 4.3 excentricidad del rotor**

## 4.3 Expansión carcasa.

Conforme se admite el vapor en la turbina se inicia la expansión de sus elementos, la carcasa de la turbina de baja presión está soportada, en su parte media inferior, por medio de guías longitudinales y transversales, las cuales conducen su libre expansión volumétrica.

Como el extremo lado generador de la carcasa de la turbina de alta presión e intermedia esta unido rígidamente a la placa base de la carcasa de la turbina de baja presión, y ésta prácticamente no se expande, la carcasa de alta presión e intermedia se expande en dirección longitudinal a partir de ese punto, es decir, hacia el extremo libre de la turbina, el cual, a su vez, está acoplado rígidamente al pedestal del gobernador, que está diseñado para deslizarse libremente en dirección axial a lo largo de una guía longitudinal lubricada.

Si por alguna razón, el extremo libre de la carcasa de la turbina, al dilatarse no puede deslizarse libremente a lo largo de las guías, se generan sobre esfuerzos mecánicos que pueden ocasionar daños a la turbina, por lo que es necesario vigilar que durante el calentamiento, la carcasa se expanda libre y normalmente en la dirección prevista. En turbinas de 300 MW o más el valor de esta expansión es de alrededor de 26 mm.

#### **4.4 Expansión diferencial.**

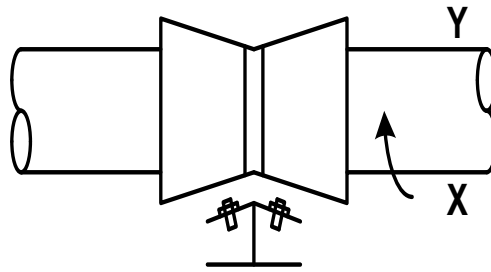
Cuando se admite vapor a la turbina, las partes rotativas y fijas se expanden en diferentes proporciones por razones de geometría, masa y movilidad del rotor. El coeficiente de transmisión de calor del rotor es mayor que el de la carcasa, lo que provoca que el rotor se expanda más rápidamente en los procesos de calentamiento (rodados en frío y aumento de potencia), y se contraiga también con mayor celeridad en los procesos de enfriamiento (rodados en caliente y disminución de potencia).

La medición de la expansión diferencial representa la diferencia de la dilatación entre el rotor y la carcasa respecto al punto medio de la carcasa de la turbina de baja presión, en uno u otro sentido siempre y cuando la chumacera de empuje este instalada al lado de la chumacera No. 1. Ya que existen turbinas en que la chumacera de empuje se sitúa entre las turbinas de alta y baja presión por lo que cuentan con medición de expansión individual para cada turbina.

La carcasa al estar fija en el punto medio de la carcasa de la turbina de baja presión se expande a su extremo libre y el crecimiento del rotor es hacia el lado generador por estar limitado por la chumacera de empuje del lado gobernador.

La expresión “rotor corto o negativo” significa que el rotor se encuentra menos expandido que la carcasa y se contrae hacia al chumacera de empuje. La expresión “rotor largo o positivo” significa que el rotor se encuentra más dilatado que la carcasa y se expande hacia el lado generador.

Es necesario vigilar el valor de expansión o contracción del rotor respecto a la carcasa para evitar daños por rozamiento entre las partes móviles y fijas de la turbina. Los valores permisibles durante los diferentes tipos de rodado por expansión del rotor son por ejemplo para la CT FPR, por rotor corto (baja expansión diferencial) de -4.6 mm (arranque frío o incremento de carga) y por rotor largo (alta expansión diferencial) es de +14.5 mm (arranque caliente o decremento de carga). (Figura 4.4.)



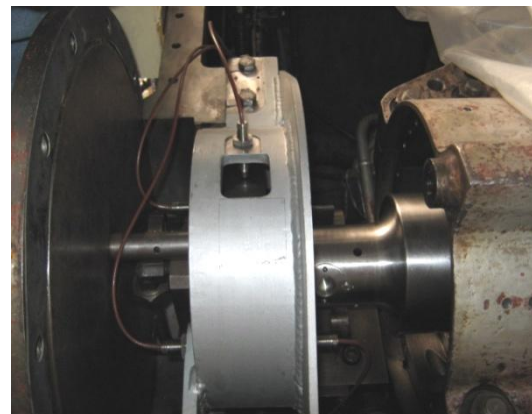
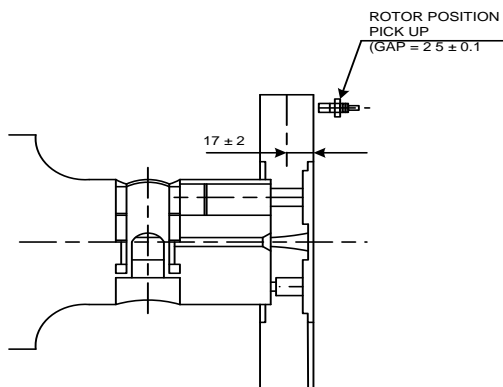
**Figura 4.4** *Expansion diferencial*

#### 4.5 Posición del Rotor.

La medición de la posición del rotor representa el desplazamiento axial del rotor respecto al huelgo de la chumacera de empuje en uno u otro sentido.

En las turbinas de impulso, la presión del vapor en ambas caras de las ruedas de álabes es la misma, al no expansionarse el vapor en los álabes móviles, no hay tendencia de empuje del vapor sobre las ruedas.

Los principales factores que afectan la posición del rotor son: Bajo vacío, baja temperatura o presión de vapor principal, pérdida de viscosidad de aceite de lubricación, cierre y apertura de extracciones, movimientos bruscos de carga, rechazos de carga y disparo de la unidad generadora. (Figura 4.5.)



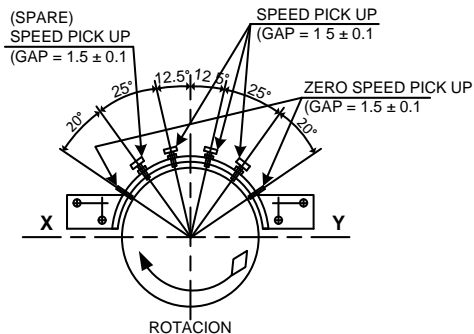
**Figura 4.5.** *Desplazamiento axial del rotor*

#### 4.6 Velocidad.

La velocidad de giro del turbogenerador es controlada durante los escalones e incrementos de velocidad durante el rodado, una vez sincronizada se debe mantener a 3600 rpm. Cuando existen pérdidas de carga, variaciones de frecuencia, o falla en el control de las válvulas, se pueden presentar variaciones de baja o alta velocidad.

Para esta medición se cuenta con sensores montados en un soporte fijo generalmente localizado en la chumacera 1 o la de empuje, los sensores están dispuestos para detectar el paso de una rueda dentada y entreguen una señal de pulsos proporcional a la velocidad de la turbina. El número de dientes depende de diseño del fabricante y generalmente son de 60 u 80 dientes.

La cantidad de sensores es dependiente del diseño del fabricante del control de turbina, generalmente se instalan sensores en cantidad suficiente para implementar lógicas 2 de 3, en arreglos de sensores primarios y de respaldo. En el caso de la CT FPR la lógica implementada es 2 de 3 y uno de reserva. (Figura 4.6.)



**Figura 4.6 Sensores detectores de velocidad**

## **CAPITULO 5**

### **PUESTA EN SERVICIO**

#### **5.1 Restablecimiento y rodado de turbina**

al tener las condiciones requeridas de presión (40 bar) y temperatura (350 °c), para iniciar el rodado de turbina así como el vacío del condensador, bba. Auxiliar en servicio (24 bar), bbas. Hpu en servicio (>118 bar), abrir pantalla de “turbina ehc”.

1. en ventana de restablecimiento, abrir icono, seleccionar “i” y ejecutar, al realizar esta acción cambia la leyenda de “trip” a “latch” (restablecimiento), se debe observar que abran valv. de paro y extracción no 5.
2. en sección de limitaciones de control, abrir icono con numerico ajustar al 100% y ejecutar, con esto abran las valvulas de gobierno al 100%.
3. al terminar de abrir la valvulas de gobierno al 100%, en sección del ehc pasar a manual “ctv”.
4. en sección de control de velocidad, ajustar la velocidad objetivo (400 rpm) y la aceleración correspondiente.
5. en sección de mantener / ejecutar punto de ajuste, seleccionar “go” para iniciar rodado, verificar que aparesca la leyenda “mantener”
6. con esto se iniciara el rodado del turbogruppo hasta la velocidad seleccionada. observar que las valvulas de estrangulamiento empiecen abrir para incrementar la velocidad.
7. al tener las 400 rpm, disparar turbina para chequeo de fricción.
8. al termino de el chequeo de fricción se restablece la turbina y se reinicia el rodado del turbogruppo.
9. en 400 rpm se revisa el supervisorio de turbina y si no se tiene impedimento se continua con el incremento de velocidad en turbogruppo.
10. abrir sección de control de velocidad, abrir icono y seleccionar la velocidad objetivo y la aceleración correspondiente, en sección mantener / ejecutar punto de ajuste, seleccionar “go”, esta acción inicia el incremento de velocidad con la aceleración seleccionada.
11. con 600 rpm verificar que salgan las bombas de levante (gateo) y el endicador de excentricidad cambie a vibración.
12. al llegar 3500 rpm, esperar condiciones de temperatura de metales de turbina y valvulas, esperar el tiempo necesario para cumplir condiciones.

13. con 3500 rpm se procede a realizar el cambio de valvulas o transferencia de valvulas de estrangulamiento a gobierno, de la siguiente manera, en seccion de modo de admisión seleccionar icono de transferencia y con esto se inicia la transferencia de valvulas, observar que las valvulas de gobierno inicien el cierre hasta un porcentaje que mantenga la velocidad actualy las valvulas de estrangulamiento abren al 100%
14. con esta velocidad (3500 rpm), y realizada la transferencia de valvulas y condiciones de temperatura de metales de turbina se procede a incrementar la velocidad hasta las 3600 rpm.
15. en seccion de control de velocidad, abrir icono para seleccionar la velocidad de 3600 rpm, y la aceleración correspondiente y en sección de mantener / ejecutar, seleccionar “go” para iniciar el incremento de velocidad a 3600 rpm.
16. con esta velocidad (3600 rpm) poner fuera de servicio la bomba auxiliar de aceite y dejarla en automatico.

## **5.2 Restablecimiento de turbina (electrohidraulico)**

1. al tener las condiciones requeridas de presión (40 bar) y temperatura (350 °c), para iniciar el rodado de turbina así como el vacío del condensador, bba. auxiliar en servicio (24 bar), bbas. hpu en servicio (>118 bar), abrir pantalla de “turbina ehc.
2. antes de restablecer turbina se tiene flujo del sistema de alta presión, pero no se tiene presión en el sistema, este flujo se drena por cabezal de retorno de hpu (morado), solenoide ly1545, el cabezal del opc también se drena por este cabezal.
3. al restablecer la turbina en la pantalla del ehc, cierra la solenoide de disparo por sobrevelocidad (ly1545) se impide el drenaje del aceite de alta presión (verde), generándose el aceite de disparo (naranja), este aceite alimenta a las válvulas de paro e interceptoras como un permisivo de control para dichas válvulas.
4. al tener el aceite de disparo se cierran las válvulas check y se crea (presuriza) el cabezal del opc que es el que controla la velocidad de la turbina desde el rodado, 3 rpm, hasta el disparo por sobrevelocidad 111% (4014rpm), a través de los detectores magnéticos que censan la velocidad de la turbina, el control de la velocidad de la turbina se realiza a través de las válvulas de estrangulamiento en un inicio de rodado y en las 3500 rpm que se realiza la transferencia de válvulas de estrangulamiento a válvulas de gobierno tomando el control de velocidad de la turbina.
5. ya estando sincronizada la unidad las valvulas de gobierno controlan la carga de la unidad o la presión de caldera o ambos, dependiendo del modo en que se encuentre, ya sea en modo de control de presión, control de carga o modo coordinado. (Figura 5.1.)

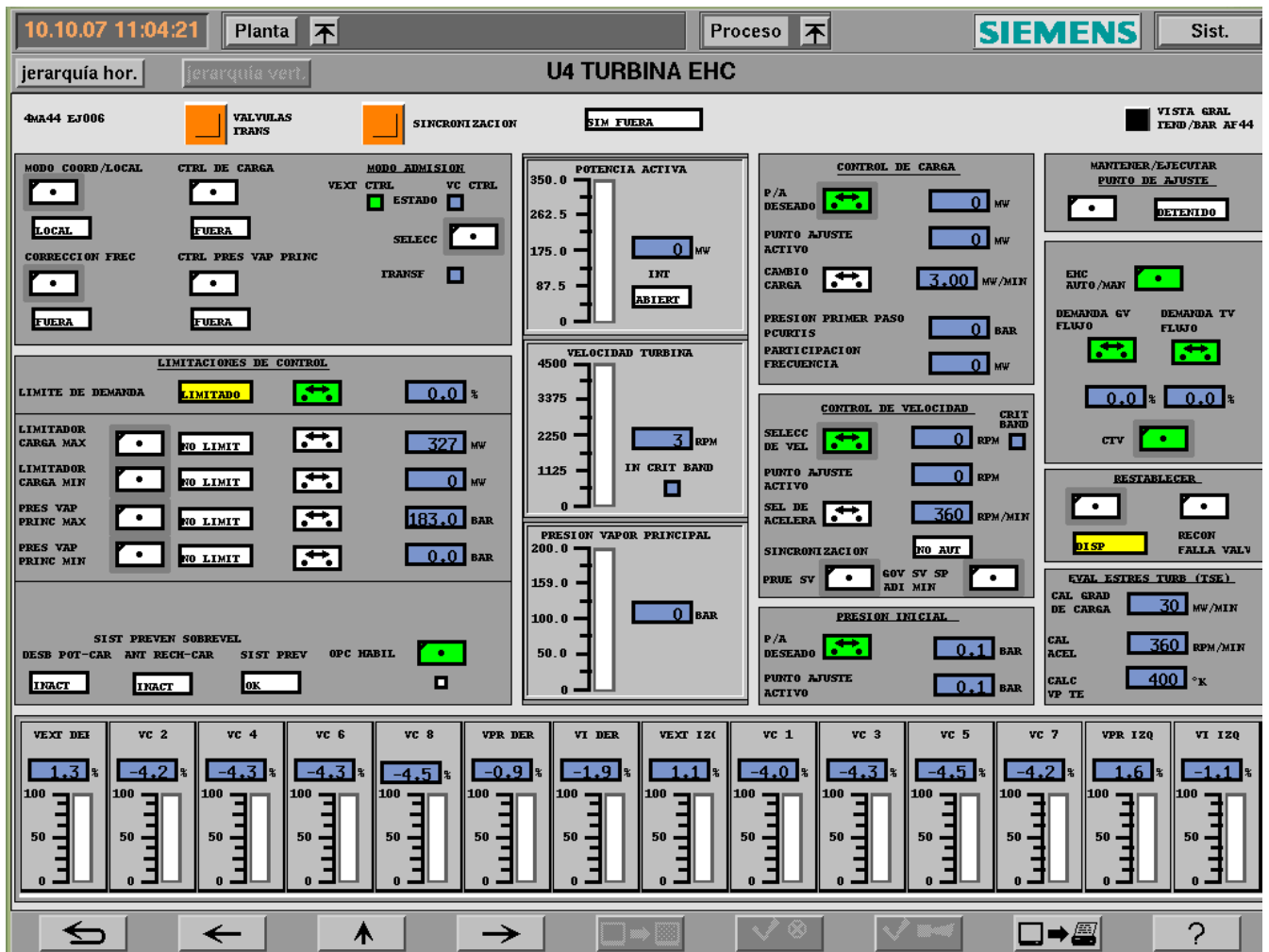


Figura 5.1 tablero de operacion



### 5.3 Diagrama de flujo

No. ACT.	QUE	QUIEN					COMO-DONDE-CUANDO
		SUPERVISOR TECNICO	JEFE DE MANTTO.	TECNICO SUPERIOR	AUXILIAR TECNICO	APOYO OTROS	
1.1	Obtener libranza						De acuerdo al procedimiento de libranzas N-2000-HC01
1.2	Distribución de actividades de acuerdo al programa de trabajo						Según programa de trabajo elaborado por el departamento.
1.3	Retirar cubiertas de vista						De acuerdo a guía de actividades establecidas en formato O-2101-615-R-01
1.4	Retirar tubos de cruzamiento						Al terminar asegure queden tapadas las bridas en lado TIP y TBP
1.5	Desmontar cubiertas de chumaceras						De acuerdo a guía de actividades establecidas en formato O-2101-615-R-03
1.6	Desacoplar rotores TAP-TBP-GEN y verificar alineación						Cuando la temperatura del metal en 1er. paso sea menor a 170°C dejar toma flecha fuera de servicio en forma definitiva.
1.7	Desmontaje de carcasa externa parte superior TBP						Extremar precauciones aplicando las reglas de seguridad durante la maniobra.
1.8	Desmontaje anillo de alabes No.2 parte superior TBP						Vigilar que no caigan objetos extraños a las líneas de extracción y coloque tapas provisionales.
1.9	Desmontaje anillo de alabes No.1 parte superior TBP						Cubrir cavidades de carcasas y anillos antes de efectuar maniobra.
1.10	Desmontaje de anillos de alabes fijos No. 1						Colocar tapas provisionales para evitar entrada de objetos extraños a cavidades.
1.11	Desmontar rotor TBP						Tomar un juego de lecturas de huelgos radiales y axiales antes del retiro.

No. ACT.	QUE	QUIEN					COMO-DONDE-CUANDO
		SUPERVISOR TECNICO	JEFE DE MANTTO.	TECNICO SUPERIOR	AUXILIAR TECNICO	APOYO OTROS	
1.12	Desmontaje de piezas inferiores			1			Dejar bien selladas las tuberías de drenes y extracciones.
1.13	Limpieza de componentes						Las piezas en contacto con vapor limpiar con chorro de oxido de aluminio malla 220
1.14	Inspección de elementos						Pruebas básicas no destructivas de acuerdo a código.
1.15	Rehabilitación y/o cambio de elementos						De acuerdo a recomendaciones del fabricante y/o experiencias del personal técnico.
1.16	Balanceo en bancos de rotor TBP						Dejar el menor desbalance residual posible de acuerdo a gráficas polares.
1.17	Revisión de chumaceras						De acuerdo a guía de actividades establecidas en formato O-2101-615-R-17
1.18	Montaje de pasos fijos L-1 y L-0						Observar de no dejar taponamientos en tuberías de extracciones y drenes.
1.19	Montaje de anillo de alabes No. 1 incluye pasos fijos No.1						Observar de no dejar taponamientos en tuberías de extracciones y drenes.
1.20	Montaje de rotor TBP						Dejar bien nivelado, de acuerdo a guía de actividades establecidas en formato O-2101-615-R-18
1.21	Ajuste de sellos y primera alineación de rotores TAP-TBP-GEN						Dejar la mejor condición como un primer intento de ajustar claros radiales , axiales y alineación.
1.22	Montaje de pasos fijos No.1 y parte superior						De acuerdo a tabla de claros del rotor marcada por el fabricante.
1.23	Montaje de anillo de alabes No. 1 parte superior						Vigile estrictamente no dejar objetos extraños dentro de cavidades de anillos. Apretar tornillos de acuerdo a procedimiento del fabricante.
				2			

No. ACT.	QUE	QUIEN					COMO-DONDE-CUANDO
		SUPERVISOR TECNICO	JEFE DE MANTTO.	TECNICO SUPERIOR	AUXILIAR TECNICO	APOYO OTROS	
1.24	Montaje de anillo de alabes No. 2 parte superior			2			Observe que el rotor gire libremente sin indicación de rozamiento.
1.25	Montaje de carcasa exterior parte superior						Revise extremadamente el equipo de maniobra y efectuarla con sumo cuidado.
1.26	Alineamiento de rotores TAP-TBP						De acuerdo a la carta de alineamiento del fabricante.
1.27	Alineamiento de rotores TBP-GEN						Según carta de alineamiento del fabricante.
1.28	Acoplamiento de rotores TAP-TBP-GEN						De acuerdo a la guía de actividades establecida en formato O-2101-615-R-26 y O-2101-615-R-27.
1.29	Desmontaje, revisión y montaje del conjunto tornaflecha						De acuerdo a la guía de actividades establecida en formato O-2101-615-R-28
1.30	Circulación de aceite						Retire los filtros provisionales en forma definitiva antes de levantar vacío.
1.31	Montaje de tubería de cruzamiento						Asegurarse de no dejar objetos extraños en líneas de extracción e interior del sistema.
1.32	Retirar libranzas del equipo						De acuerdo a procedimiento de libranzas N-2000-HC01.
1.33	Colocar cubiertas de vista						Dejar limpia el área , verificar que instalen instrumentación en tablero frontal
1.34	Pruebas y ajuste de sistemas						Apoyo al departamento de operación durante la etapa de pruebas.
1.35	Rodado de unidad						Apoyo en las maniobras de arranque y toma de lecturas.
1.36	Balanceo en línea de turbogruppo						Corrección de vibraciones hasta dejar desbalance residual dentro de valores aceptables en tabla de severidad.
				Fin			

## CONCLUSIONES

En la presente tesis se hizo una recopilación para tratar de dar una explicación completa y concreta de la turbina con respecto a lo siguiente:

- 1.- Dar a conocer las normas y las responsabilidades de cada una de las personas que laboran en la generación de la electricidad ya que es un trabajo de alto riesgo.
- 2.- Describir cada uno de los componentes principales de una turbina ya que este equipo es muy importante para la generación de la energía eléctrica.
- 3.- El mantenimiento de los componentes principales de la turbina es muy importante ya que a veces por falta de un buen mantenimiento preventivo sale mucho mayor el mantenimiento correctivo.
- 4.- Es de vital importancia medir las vibraciones de la turbina para su mejor eficiencia.

En general la presente tesis está elaborada para dar a conocer los componentes de una turbina de vapor y la reparación de esta misma para lograr satisfacer las necesidades de energía eléctrica de los hogares así como de la industria en general ya que es de vital importancia para el desarrollo del país y del mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

1.- CFE

Manual de mantenimiento  
Turbina alta-intermedia presion

2.- Manual de mantenimiento

Turbina de baja presion, CFE

3.- SIEMENS POWER TURBINA

Formación del personal sobre mantenimiento  
Preventivo  
Septiembre 2006

4.- CFE

Turbina de vapor  
Centro de capacitacion celaya

5.- Guia practica para la tecnología de las turbinas

Heinz P. Bloch  
Mcgraw hill