



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica**

**MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO *CONDENSING***  
***ASEA STAL B - 2340***

**Christian Amado Estrada Juárez**

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Mena Moreira

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO *CONDENSING*  
ASEA STAL B - 2340**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**CHRISTHIAN AMADO ESTRADA JUÁREZ**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL MENA MOREIRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Victor Eduardo Izquierdo Palacios
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi proyecto de graduación titulado:

### **MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO *TIPO CONDENSING* ASEA STAL B – 2340**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 29 de enero de 2010.

Christhian Amado Estrada Juárez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

Guatemala 29 de septiembre de 2010



INGENIERO

Julio César Campos Paiz  
Coordinador de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala


Ingeniero Campos:

Me dirijo a usted con relación al trabajo de graduación presentado por el estudiante universitario CHRISTHIAN AMADO ESTRADA JUÁREZ, titulado: "MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO CONDENSING ASEA STAL B - 2340", para el cual acepté en nombramiento de asesor.

Tengo la satisfacción de informarle que en esta fecha he terminado la asesoría de dicho trabajo de graduación, y después de las revisiones necesarias considero que el mismo está apto para su trámite final, en consecuencia me permito aprobar dicho trabajo de graduación, para los efectos de graduación de su autor.

Sin otro particular, me es grato suscribirme ante usted,

Atentamente,

  
Víctor Manuel Mena Moreira  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 5586

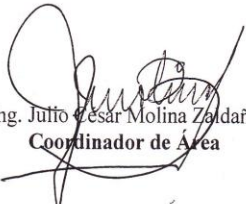
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO CONDENSING ASEA STAL B - 2340, del estudiante Christian Amado Estrada Juárez, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Molina Zaldaña  
Coordinador de Área

Guatemala, octubre, 2010

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Térmica, al Trabajo de Graduación MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO CONDENSING ASEA STAL B - 2340, del estudiante **Christian Amado Estrada Juárez**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, febrero de 2011

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE OPERACIÓN DE UN TURBO TIPO CONDENSIG ASEA STAL B - 2340**, presentado por el estudiante universitario **Christhian Amado Estrada Juárez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, febrero de 2011

/cc  
cc. archivo

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por ser el guía de mi vida.

### **MIS PADRES**

Teresa Vielman Escobar (q d e p)

Sebastián Juárez

Por brindarme su apoyo y amor incondicional, este es el logro de sus esfuerzos.

### **MI TÍO**

Carlos Humberto Juárez Vielman (q d e p), Quien fue un incansable luchador, que Dios lo guarde siempre.

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **MIS FAMILIARES EN GENERAL**

Hermanos, tíos, primos, por su cariño y consejos.

### **MIS AMIGOS**

Que he conocido durante el caminar de mi vida gracias por su apoyo.

### **LA EMPRESA**

Que me permitió efectuar mi trabajo de graduación, en especial al Ing. Luis Cutz.

### **ING. VÍCTOR MENA**

Por el asesoramiento, apoyo y gran colaboración al presente trabajo de graduación.

### **TODO EL PERSONAL DE**

Ingenio Trinidad, por brindarme su amistad y conocimientos en la elaboración de este proyecto en especial al señor Antonio Villalta.

### **UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1 ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes de la empresa	1
1.1.1 Historia	1
1.1.2 Ubicación	2
1.1.3 Misión	2
1.1.4 Visión	3
1.2 Datos técnicos	3
1.2.1 Características técnicas de la turbina	3
1.2.1.1 Sistema de vibración	3
1.2.1.1.1 Sensores de vibración	3
1.2.1.1.2 Sensor de desplazamiento Axial	3
1.2.1.1.3 Sensores sísmicos	4
1.2.1.1.4 Sensor de velocidad alta	4
1.2.1.1.5 Sensor de velocidad baja	4
1.2.1.1.6 Convertidor de señal de Sensores	4
1.2.2 Características técnicas del reductor	5
1.2.3 Sistema de vapor en los casquillos	5
1.2.4 Sistema de lubricación	5
1.2.5 Bombas de aceite	5

1.2.5.1	Bomba principal	5
1.2.5.2	Bomba secundaria	6
1.2.5.3	Bomba de emergencia	6
1.2.6	Enfriadores de aceite	6
1.2.7	Sistema hidráulico	7
1.2.7.1	Bomba	7
1.2.7.2	Separador de aceite	7
1.2.8	Sistema del generador	7
1.2.9	Sistema de condensación y evacuación	9
1.2.9.1	Condensador de sellos de chumaceras	10
1.2.10	Sistema de condensado	10
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA</b>	<b>11</b>
2.1	Turbina	11
2.1.1	Alineación de turbina con generador	19
2.1.2	Sistema de vibración	27
2.2	Reductor	33
2.3	Sistema de toma de vapor	45
2.4	Sistema de vapor del casquillo	51
2.5	Sistema de lubricación	55
2.6	Sistema hidráulico	63
2.7	Sistema auxiliar de vapor	81
2.8	Sistema de condensación y evacuación	83
2.8.1	Condensador de sellos de chumaceras	87
2.9	Sistema de condensado	89
<b>3</b>	<b>INSTRUCCIONES DE MANEJO</b>	<b>91</b>
3.1	Preparación para el arranque normal	91
3.1.1	Tubos de admisión de vapor	91
3.1.2	Energía eléctrica	91
3.1.3	Sistema de lubricación	91



3.1.4	Sistema del generador	91
3.1.5	Sistema de vapor condensado	91
3.1.6	Sistema auxiliar de agua de refrigeración	93
3.1.7	Aire para instrumentos	93
3.1.8	Controlador de la turbina	93
3.2	Arranque	96
3.2.1	Instrucciones de pre inicio de zafra para el Arranque automático	99
3.2.2	Excitación y carga en modo automático	101
3.2.3	Paro de la turbina en modo automático	102
3.3	Sincronización	103
3.4	Carga	103
3.5	Proceso de parada normal	105
3.6	Rearranque después de parada de emergencia	105
<b>4</b>	<b>Programa de mantenimiento preventivo</b>	<b>107</b>
4.1	Atención periódica	107
4.1.1	Bitácora	107
4.1.2	Alarmas	107
4.1.3	Revisiones generales	109
4.1.4	Prueba de sobre velocidad	113
4.2	Sistema de toma de vapor	115
4.3	Sistema de vapor en los casquillos	115
4.4	Sistema de lubricación	115
4.5	Sistema hidráulico	116
4.6	Sistema auxiliar de vapor	117
4.7	Sistema de condensado	117
4.8	Sistema del generador	117

<b>CONCLUSIONES</b>	119
<b>RECOMENDACIONES</b>	121
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	123
<b>ANEXOS</b>	125

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Turbina de baja presión	17
2	Diseño básico de los alabes	18
3	Esquema de medición en la alineación	19
4	Alineamiento Turbina – Generador	20
5	Tolerancias utilizadas para este alineamiento	21
6	Alineamiento Turbina – Reductor	22
7	Alineamiento Turbina – Reductor (AXIAL)	23
8	Alineamiento Turbina – Reductor (RADIAL)	24
9	Datos y ubicación de shims utilizados	25
10	Montaje del sello de aluminio de caja reductora	26
11	Transductor o convertidor	29
12	Sensor de proximidad <i>Bently Nevada</i>	30
13	Diagrama posición cada sensor en el turbo generador	32
14	Engranaje planetario	39
15	Engranaje de estrella	39
16	Engranaje epicíclico	40
17	Acoplamientos	42
18	Válvula de retención	44
19	Sistema de toma de vapor	46
20	Válvula de mariposa	47

21	Conexión con el servomotor	49
22	Tubo toma de vapor con las dos válvulas de mariposa	50
23	Sistema de vapor en los casquillos	53
24	Disposición de la tubería y evacuación	54
25	Sistema de lubricación	62
26	Bomba de carrera regulable	72
27	Unidad de filtro de derivación	73
28	Esquema de la servoválvula electrohidráulica	73
29	Funcionamiento de la servoválvula	75
30	Control de la válvula de regulación	76
31	Función de la válvula de purga rápida	77
32	Sistema hidráulico	78
33	Servomotor de la válvula de cierre de emergencia	79
34	Servomotor de la válvula de control	80
35	Sistema auxiliar de vapor	82
36	Sistema de condensación y evacuación	85
37	Tubería de condensación	86
38	Detalle condensador <i>Selagem</i>	87
39	Vista lateral condensador <i>Selagem</i>	88
40	Sistema de vapor condensado	90
41	Tubería de vapor y condensado	98
42	Curvas de arranque diagrama II – 24037	104
43	Trabajo de llave de seguridad	125
44	Bomba doble tornillo	126
45	Montaje final manguito de seguridad/cubo acople	127
46	Montaje de llave de seguridad	128
47	Acoplamiento reductor/generador	129

## TABLAS

I	Control de temperatura de enfriamiento turbo	110
II	Control temperaturas chumaceras turbo	111
III	Control MWH turbo generador 12 MW	112



## GLOSARIO

<b>Acoplamiento</b>	Forma una conexión semi-permanente entre dos árboles, que estén perfectamente alineados.
<b>Alabe</b>	Elemento móvil de una turbina, que recibe la energía cinética del vapor y la ceden al rotor donde se convierte en energía mecánica.
<b>Bomba centrífuga</b>	Este tipo de bomba es un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o carcasa que imparten energía a un fluido por fuerza centrífuga.
<b>Condensado</b>	Líquido que se produce por un cambio de fase del vapor que transfiere su calor sensible al medio refrigerante.
<b>Cojinete</b>	Dispositivo mecánico que sirve de apoyo y guía a un eje en movimiento.
<b>Chumacera</b>	Soporte de muñón al que se le aplica carga en la dirección radial.
<b>Diafragma</b>	Toberas fijas entre etapas de la turbina.

<b>Disparo eléctrico</b>	Apertura de disyuntores por falla en la línea.
<b>Disparo mecánico</b>	Cierre rápido de una válvula para evitar el paso de un fluido.
<b>Eyector</b>	Consiste esencialmente en una tobera que descarga un chorro de fluido a alta velocidad a través de una cámara de succión conectada a la cámara que se desea evacuar.
<b>Tobera</b>	Sección por donde se inyecta el vapor que sirve para la expansión del mismo, aumentando su velocidad.
<b><i>Feedback</i></b>	Conjunto de reacciones o respuestas que manifiesta un receptor respecto a la actuación del emisor, lo que es tenido en cuenta por este para cambiar o modificar su mensaje.
<b>Generador síncrono</b>	Este se encarga de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, la cual es transportada a los centros de consumo.
<b>Intercambiador de calor</b>	Dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentran en contacto.
<b>Presión negativa</b>	Término que se utiliza para describir una presión inferior a la presión atmosférica normal.



**Charnela**

Mecanismo de metal compuesto por dos piezas unidas por un eje común, que se fijan en dos superficies separadas, una fija y otra móvil, para juntarlas y permitir el giro de una sobre otra.



## RESUMEN

Actualmente, los ingenios azucareros abastecen de azúcar a las naciones, debido a que es un producto que necesita un proceso completamente higiénico, desde la extracción del jugo a la caña, hasta que sale como producto terminado, azúcar blanca. En este proceso surgen subproductos que son reutilizables, como lo son el bagazo, el cual se aprovecha como combustible en las calderas y a través de este equipo se produce vapor, éste se utiliza en los turbos para transformar energía mecánica en energía eléctrica.

El presente trabajo de investigación trata sobre el conjunto de un Turbo tipo *condensing ASEA STAL B – 2340*, el cual está formado por cuatro capítulos:

El capítulo uno incluye una descripción breve de la empresa, objeto de estudio, haciendo mención a su misión, visión e historia; además se establecen en detalle las características técnicas de los equipos críticos en la operación del mismo, con las cuales podremos adquirir un equipo con características idénticas sin necesidad de desmontarlo.

El capítulo dos detalla la alineación de la turbina, reductor y generador por medio de tecnología láser, así como el principio de funcionamiento de la turbina, el reductor y los sistemas de toma de vapor, lubricación, hidráulico, condensación, evacuación y el sistema de vibración.

El capítulo tres describe las verificaciones necesarias en todos los sistemas del turbo, previas al arranque, así como las instrucciones de preinicio de zafra

para el arranque automático, tanto para el ingeniero de planta de cogeneración como para el operador, también se describe el proceso a seguir para detener el equipo de forma segura.

El capítulo cuatro detalla el plan de mantenimiento preventivo, por medio de los períodos de servicio, bitácora y controles de temperatura en las chumaceras, condensadores y aceite de lubricación, se describen las alarmas que se pueden producir por los equipos.

## OBJETIVOS

### General:

Documentar cambios realizados durante el montaje de un Turbo tipo *condensing* ASEA STAL B – 2340 al año 2010.

### Específicos:

- 1 Determinar las características técnicas de los equipos utilizados en el Turbo tipo *condensing* ASEA STAL STAL B - 2340.
- 2 Explicar el funcionamiento de cada equipo del Turbo tipo *condensing* ASEA STAL B - 2340.
- 3 Crear una lista de revisiones periódicas durante la operación.
- 4 Proponer una guía de arranque.



## INTRODUCCIÓN

El conjunto del Turbo tipo *condensing ASEA STAL* tiene una turbina de impulsión, la cual tiene dos propósitos, hacer que el vapor fluya horizontalmente al condensador. El condensador es un intercambiador de calor tubular provisto de un equipo para producir vacío para acortar el tiempo de descarga de la turbina, y al mismo tiempo, transmitir velocidad a un reductor con engrane tipo epicíclico, éste conectado al rotor de la turbina y al generador por medio de acoples flexibles. El generador es una máquina síncrona, es enfriado por aire y el aire de enfriamiento está completamente encerrado, el aire en circulación pasa por intercambiadores de calor tubulares enfriados por agua.

En la parte de la turbina-condensador se realizaron modificaciones físicas, tales como agregar un condensador de sellos de chumaceras que ayudará a aumentar la eficiencia del mismo, se instalaron trece sensores de vibración en la turbina para monitorear las mismas y con ello prevenir daños por vibración, se realizó una alineación con tecnología láser en el conjunto turbina, reductor y generador.





# 1 ANTECEDENTES

## 1.1 Antecedentes de la empresa

### 1.1.1 Historia

La historia de Corporación San Diego se remonta al año 1887, cuando los empresarios Otto Bleuler y Sophus Koch compran la finca San Diego e inician la producción artesanal de azúcar en Pílon y a partir de 1901, la de azúcar centrifugada. En 1943, la familia Vila Betoret adquirió esta finca; en esta época se producía 7,500 quintales de azúcar anualmente.

A partir de 1958, la administración de Ingenio San Diego la asume don Fraternal Vila Betoret, quien incansablemente ha impulsado el crecimiento de la organización. El primer reto que se fijó fue la construcción de un nuevo ingenio más grande y moderno, meta alcanzada en 1965. Ese año, el nuevo ingenio alcanzó una molienda diaria de 800 toneladas de caña, con una producción de 1,500 quintales de azúcar. En la zafra 1965 – 1966 se produjeron 70,936 quintales y un año después, en la temporada 1966 – 1967 se logró una producción de 126,871 quintales de azúcar.

En el año 1974, se incorporó a la administración de Ingenio San Diego una nueva generación de directores, quienes impulsaron con entusiasmo nuevos proyectos. Uno de los más importantes fue la adquisición de Ingenio Trinidad en 1987, con el objeto de aumentar el área de producción de azúcar de caña. La primera zafra de Ingenio Trinidad fue en el año 1988 – 1989, con una producción de apenas 22,086 quintales de azúcar.

Gracias al trabajo honesto y responsable a la dedicación diaria, al cuidado de los recursos, a la estrecha unidad familiar y al empeño de sus colaboradores, se han alcanzado importantes metas en pocos años.

A la fecha ambos ingenios conforman Corporación San Diego y suman una producción promedio de 2.5 millones de quintales de azúcar por año.

De esta forma Corporación San Diego y Trinidad contribuye al desarrollo económico del país, crea fuentes de trabajo e invierte recursos en proyectos sociales de educación, salud y desarrollo de las comunidades cercanas a sus centros de operación.

### **1.1.2 Ubicación**

Las oficinas Administrativas se encuentran situadas en la Ciudad de Guatemala, en la 13 calle 2-60 Zona 10, Edificio Topacio Azul, Nivel 11.

Las oficinas Operativas se encuentran situadas en Km 70.5 antigua carretera Puerto San José, Masagua, Escuintla, Interior Finca Belén, Departamento de Escuintla.

### **1.1.3 Misión**

Somos un grupo empresarial guatemalteco, guiados por principios claros, que transformamos la caña de azúcar en productos energéticos que proporcionan bienestar. Con un equipo profesional, buscamos y desarrollamos oportunidades de crecimiento integral y alta rentabilidad. Generamos un mejor nivel de vida para todos los miembros de la organización y confirmamos nuestro compromiso por un mejor país.

#### 1.1.4 Visión

Ubicarnos dentro de los tres ingenios más eficientes y de más bajos costos de la región centroamericana.

### 1.2 Datos técnicos

#### 1.2.1 Características técnicas de la turbina

Tipo de turbina	VAX LT 22
Potencia nominal, acoplamiento de turbina	12.100 KW
Velocidad nominal	2,974 rpm
Velocidad continua máxima	3,123 rpm
Primera velocidad crítica calculada	2,400 rpm
Segunda velocidad crítica calculada	3,700 rpm
Ajuste del mecanismo de maniobra de sobre-velocidad	3,270 rpm
Presión normal del vapor de entrada	39 PSI
Temperatura normal del vapor de entrada	180 °C
Presión de escape	1.39 PSI

##### 1.2.1.1 Sistema de vibración

###### 1.2.1.1.1 Sensores de vibración

Cantidad instalada: 8

Marca: *Bently Nevada*

Número de serie: 09J01DT2 3300 XL8MM

Número de parte: 330102 – 00 – 65 – 10 – 11 – 00

###### 1.2.1.1.2 Sensor de desplazamiento axial

Cantidad instalada: 1

Marca: *Bently Nevada*

Número de serie: 10C014GD 3300 XL8MM

Número de parte: 330101 – 00 – 33 – 10 – 11 – 00

#### **1.2.1.1.3 Sensores sísmicos**

Cantidad instalada: 2

Marca: *Bently Nevada*

Manufactura: 3536

Número de parte: 330500

#### **1.2.1.1.4 Sensor de velocidad alta**

Cantidad instalada: 1

Marca: Bently Nevada

Número de serie: 09J01H91 3300XLNSV

Número de parte: 330902 – 10 – 75 – 10 – 01 – 00

#### **1.2.1.1.5 Sensor de velocidad baja**

Cantidad instalada: 1

Marca: *Bently Nevada*

Número de serie: 09J01H90 330 XL NSV

Número de parte: 330902 – 10 – 75 – 10 – 01 – 00

#### **1.2.1.1.6 Convertidor de señal en sensores**

Cantidad instalada: 13

Marca: *Bently Nevada*

Número de serie: 3300 XL 5/8 mm sensor de proximidad

Nota: Brecha de ajuste recomendada para la vibración radial

9Vdc [aproximadamente 1,27 mm (50 mils)]

### **1.2.2 Características técnicas del reductor**

Tipo de engrane	80/25 - 4LT
Velocidad de entrada	2,974 rpm
Velocidad de salida	1,200 rpm
Relación de velocidades	2.478

### **1.2.3 Sistema de vapor en los casquillos**

Presión de escape en los casquillos del eje	14.2 PSI
Presión de vapor en el cierre	17.4 PSI

### **1.2.4 Sistema de lubricación**

Capacidad del depósito de aceite	792.5 Galones
Primera llenada	1,056.7 Galones
Grado del aceite	ISO VG 32
Presión del aceite antes de los cojinetes y del engranaje	21.8 PSI
Temperatura del aceite antes de los cojinetes y del engranaje	45 °C
Aumento nominal de temperatura	15 °C
Presión negativa en el depósito de aceite	70 – 100 mm W.C

### **1.2.5 Bombas de aceite**

#### **1.2.5.1 Bomba principal**

Marca: *ALLWEILER AG*

Tipo: NB 40-200/160 A 2-7 5 U3D W1

Capacidad	30 m <sup>3</sup> /h
Potencia	4 KW
Velocidad	2,900 rpm

### 1.2.5.2 Bomba secundaria

Marca: *ALLWEILER AG*

Tipo: NB 40 160/140 A2 – 3 OU3DW1

Capacidad	30 m <sup>3</sup> /h
Potencia	2.5 KW
Velocidad	2,900 rpm

### 1.2.5.3 Bomba de emergencia

Marca: *LEISTRITZ LB6228*

Bomba de Fusos, C.P K80000038

Tipo: LN 62/72

Capacidad	14.04 m <sup>3</sup> /h
Velocidad	2,900 rpm

### 1.2.6 Enfriadores de aceite

Número de enfriadores de aceite	2
Número de enfriadores de aceite en servicio	1

### Características de cada enfriador

Capacidad de cambio de calor	201 KW
Flujo de agua de refrigeración	7893.5 gal/h
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	32 °C
Temperatura de salida del agua de refrigeración	37.8 °C
Caída de presión, lado del tubo	900 mm w.c
Presión nominal, lado del tubo	116 PSI
Presión nominal, lado del casco	116 PSI
Diámetro del tubo, diámetro exterior por espesor	10 x 0.8mm

### **1.2.7 Sistema hidráulico**

Capacidad del depósito de aceite	39.6 galones
Primera llenada	42.3 galones
Grado del aceite	ISO VG 32
Temperatura mínima del aceite al arrancar	15 °C
Temperatura máxima del aceite	60 °C
Filtración absoluta	3 µm
Acumulador volumen normal	3.9 galones
Acumulador presión de carga	580 PSI

#### **1.2.7.1 Bomba**

Capacidad	900 l/h
Presión de descarga	1,015 – 1450 PSI
Consumo de energía	0.5 – 3 KW
Potencia nominal (Motor de C.D)	3 KW
Velocidad	1800 rpm

#### **1.2.7.2 Separador de aceite**

Capacidad de la bomba	350 l/h
Consumo de energía	0.2 KW
Potencia nominal (Motor de C.A)	0.25 KW
Tamaño de mallones del filtro	2 µm

### **1.2.8 Sistema del generador**

Tipo de generador	ASEA GBA 1000 LD
Potencia	14.65 KVA
Factor de potencia (FP)	0.8
Voltaje	13,800
Intensidad de corriente	612 A
Velocidad	1,200 rpm
Frecuencia	60 Hz
Rendimiento del generador con FP = 0.8 (tol. IEC)	

Carga:	
4/4	97.4 %
3/4	97.2 %
2/4	96.6 %
Reactancias:	
Síncrona	129 %
Transitoria	24 %
Subtransitoria	17%
Clase de aislamiento del estator, del rotor y de la excitatriz	"F"
Dispositivos de refrigeración	TEWAC
Temperatura máxima del agua de refrigeración	32 °C
Número de enfriadores de aire	2
Número de enfriadores de aire en servicio	2
Condiciones de cada enfriador:	
Calor cambiado	150 KW
Flujo de agua de refrigeración	11 m <sup>3</sup> /h
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	44 °C
Temperatura de salida del agua de refrigeración	32 °C
Caída de presión	3.81 PSI
Presión nominal lado del tubo	123.3 PSI



## 1.2.9 Sistema de condensación y evacuación

### Condensador principal

Capacidad de cambio de calor	58.2 kw
Flujo del agua de refrigeración	1,302.8 galones/h
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	32 °C
Temperatura de salida del agua de refrigeración	42.2 °C
Caída de presión, lado del tubo	6.1 PSI
Presión nominal, lado del tubo	33.4 PSI
Presión nominal, lado del casco	-14.5 – 14.5 PSI
Diámetro del tubo, Diámetro exterior por espesor	19.05 * 1.24 mm
Capacidad de expulsión por el disco de rotura	96 toneladas/h

### Condensador eyector

Capacidad de cambio de calor	230 kw
Flujo de agua de refrigeración (condensado)	27 litros/s
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	45 °C
Temperatura de salida del agua de refrigeración	47 °C
Caída de presión, lado del tubo	2.9 PSI
Presión nominal, lado del tubo	145 PSI
Presión nominal, lado del casco	-14.5 – 14.5 PSI

### Ventilador del condensador eyector

Capacidad	220 m <sup>3</sup> /h
Carga total	630 mm w.c.
Consumo de energía	0.96 kw
Potencia nominal (motor de C.A)	2.2 Kw
Velocidad	4,930 rpm

### 1.2.9.1 Condensador de sellos de chumaceras

Marca: NG Metalúrgica Ltda.

Tipo: Condensador de vapor *Selagen*

Número de serie: L208305 8521

Agua de enfriamiento: 953 ft<sup>3</sup>/h

Presión de agua de enfriamiento: 43 PSI

Temperatura entrada agua de enfriamiento: 90 °F

Compresor radial modelo CV – 501

Caudal de aire: 177 ft<sup>3</sup>/h

Presión: 43 PSIG

Succión máx. 6.65 inHg abs

### 1.2.10 Sistema de condensado

#### Bomba de vapor condensado

Capacidad	26.7 litros/s
Carga total	81.2 PSI
Consumo de energía	20.6 Kw
Potencia nominal (motor de C.A.)	30 Kw
Velocidad	1,750 rpm

#### Bomba de vacío

Capacidad	0.7 litros/s
Carga total	7.3 PSI
Consumo de energía	0.12 Kw
Potencia nominal (motor de C.A.)	0.35 Kw
Velocidad	1,100 rpm

## 2 DESCRIPCIÓN DETALLADA

### 2.1 Turbina

#### Flujos de vapor

La figura 1 Turbina de baja presión (1020E), al final de esta sección, muestra la turbina que es de impulsión. El vapor entra en la turbina desde abajo, por una toma en el extremo izquierdo. La admisión de vapor es controlada por una válvula de regulación que forma parte del sistema de toma de vapor. Una vez que el vapor ha pasado por los seis escalonamientos de la turbina, se condensa en el condensador principal, que está montado al mismo nivel que la turbina.

El flujo de vapor de escape pasa a ambos lados de un conducto vertical, que sirve de cauce de ventilación para equipos que están en el extremo del rotor. Ese conducto protege, al mismo tiempo, los conductos de aceite y cables eléctricos que van al equipo o vienen de él, incluida la chumacera.

#### Rotor de la turbina

El rotor de la turbina es una pieza maciza, forjada que se ha maquinado con precisión. Los discos, el collarín de empuje y la brida de acoplamiento están integrados con el árbol.

El rotor se ha sometido a pruebas minuciosas para verificar la calidad y estabilidad térmica del material, y además ha sido compensado dinámicamente. El rotor tiene tres planos de equilibrio: la brida de acoplamiento, la primera rueda del rotor y la última rueda del rotor.

## Alabes

La figura 2 alabes de turbina muestra el diseño básico de los álabes. Las partes abultadas encajan por los lados en ranuras correspondientes en la periferia del disco de la turbina. Las partes superiores de los álabes están diseñadas para ajustarse y formar un recubrimiento continuo. En todos los escalonamientos, salvo en los tres últimos, el recubrimiento está protegido contra vibraciones por alambre, a fin de proteger los álabes de los últimos discos contra la erosión por humedad, se han sometido sus bordes de ataque a endurecimiento de superficie.

## Caja de la turbina

La caja de la turbina se compone de dos partes:

La caja principal, de acero fundido y la caja del tubo de escape, de lámina de acero, ambas seccionadas horizontalmente. Las mitades superiores e inferiores están unidas por bridas de acero con pernos.

## Cojinetes

El extremo de toma del rotor de la turbina está apoyado por una chumacera seccionada, revestida de metal blanco, cuyo cuerpo está fijado a la caja de la turbina. El lubricante penetra por un orificio anular y se extrae por un tubo común con el engranaje, el cuerpo del cojinete contiene además el cojinete de empuje, que es del tipo Michell.

El extremo de descarga del rotor está igualmente dotado de una chumacera, el cuerpo del cojinete descansa sobre soportes en la caja del escape, y es accesible desde el condensador quitando la tapa de mantenimiento. Las partes del cojinete pueden sacarse y meterse recurriendo al conducto vertical donde está montado. Ambos rodamientos pueden inspeccionarse o cambiarse sin quitar el rotor de la turbina.

## Diafragmas

Los álabes directores están soldados dentro de los diafragmas, que están seccionados horizontalmente y localizados por ranuras en la caja con soportes a lo largo del eje central. La parte inferior del diafragma está apoyada en pernos ajustables que a su vez descansan sobre soportes en la parte inferior de la caja. En la parte superior de la caja también están montadas unas lengüetas de soporte, de modo que cuando se quiera dismantelar la turbina, las mitades superiores de los diafragmas se levantan junto con la mitad superior de la caja.

## Cierres

Los diafragmas, salvo el del último escalonamiento, y los dos extremos de la caja de la turbina están dotados de cierres contra el rotor de la turbina. Esos cierres consisten en anillos divididos en cuatro secciones y provistos de aletas vueltas en dirección del árbol. El anillo es presionado en cada sección por dos muelles que lo empujan hacia una ranura en el diafragma o en la caja de la turbina. Durante el funcionamiento, la presión del vapor en la periferia exterior de los anillos actúa conjuntamente con las fuerzas de los muelles.

El diseño les permite a las secciones de anillos moverse radialmente hacia afuera, sin que causen daños en caso de topar con el rotor. El casquillo prensaestopas en el extremo de toma del rotor es de laberinto, es decir, que las aletas de los anillos apuntan hacia abajo, en dirección a las ranuras del rotor. El casquillo prensaestopas del extremo de descarga no tiene solapadura, con lo cual impide el contacto con el rotor por causa de la expansión axial por efecto térmico. El cierre del diafragma entre el penúltimo y el último escalonamiento, consiste en rebordes calafateados.

### Disparo de desplazamiento axial

Una guardia de desplazamiento axial, montada cerca de la periferia del collarín de empuje del rotor de la turbina, está conectada al sistema de lubricación.

Del lado izquierdo se puede ver un conducto de lubricación que va del sistema de lubricación a un interruptor automático por caída de presión, y de él a la guardia de desplazamiento axial. La guardia tiene un cabezal de válvula accionado por un resorte, que encaja en una ranura en la periferia del collarín de empuje. Normalmente, la presión del lubricante es capturada por la válvula. Si ocurre un desplazamiento axial del rotor, éste inclina el cabezal de válvula de modo que se extrae aceite del conducto. Una lámina perforada, situada en el conducto delante del interruptor automático por caída de presión, obtura el flujo de lubricante y el interruptor es desactivado. Entonces se produce una parada de emergencia.

### Control mecánico de sobrevelocidad

Es un dispositivo, situado en el extremo del rotor, que comprende un control mecánico de sobrevelocidad, un captador de sobrevelocidad y un captador permanente de velocidad.

El control mecánico de sobrevelocidad comprende una caja rotatoria de sobrevelocidad, fijada por pernos al extremo del rotor de la turbina y una válvula de disparo estacionaria de sobrevelocidad.

En la caja rotatoria de sobrevelocidad está montado un perno de disparo activado por un resorte, frente a la línea de eje del rotor y con su centro de gravedad fuera de ella. Mientras la velocidad es normal, la fuerza del resorte es suficiente para contrarrestar la fuerza centrífuga ejercida sobre el perno. Pero con un exceso de velocidad del 10% el perno es expulsado hacia afuera y golpea un brazo de disparo que pertenece a la válvula de disparo de sobrevelocidad.

La función de la válvula de disparo de sobrevelocidad se da cuando el aceite de disparo, que forma parte del sistema hidráulico, llega a la lumbrera derecha. Hace presión sobre la válvula de carrete a la izquierda, al mismo tiempo que el resorte ejerce fuerza sobre ella. Pero la válvula de carrete se detiene en su posición por acción del brazo de disparo. Cuando éste recibe el impacto del perno en el rotor, la válvula de carrete es liberada y se desplaza hacia la izquierda. Así se abre el paso al conducto de purga en el centro, se produce una caída de presión en el circuito de aceite de disparo y luego una parada de emergencia, tal como se expone más detalladamente en el capítulo sobre el sistema hidráulico.

#### Captador de sobrevelocidad y captador permanente de velocidad

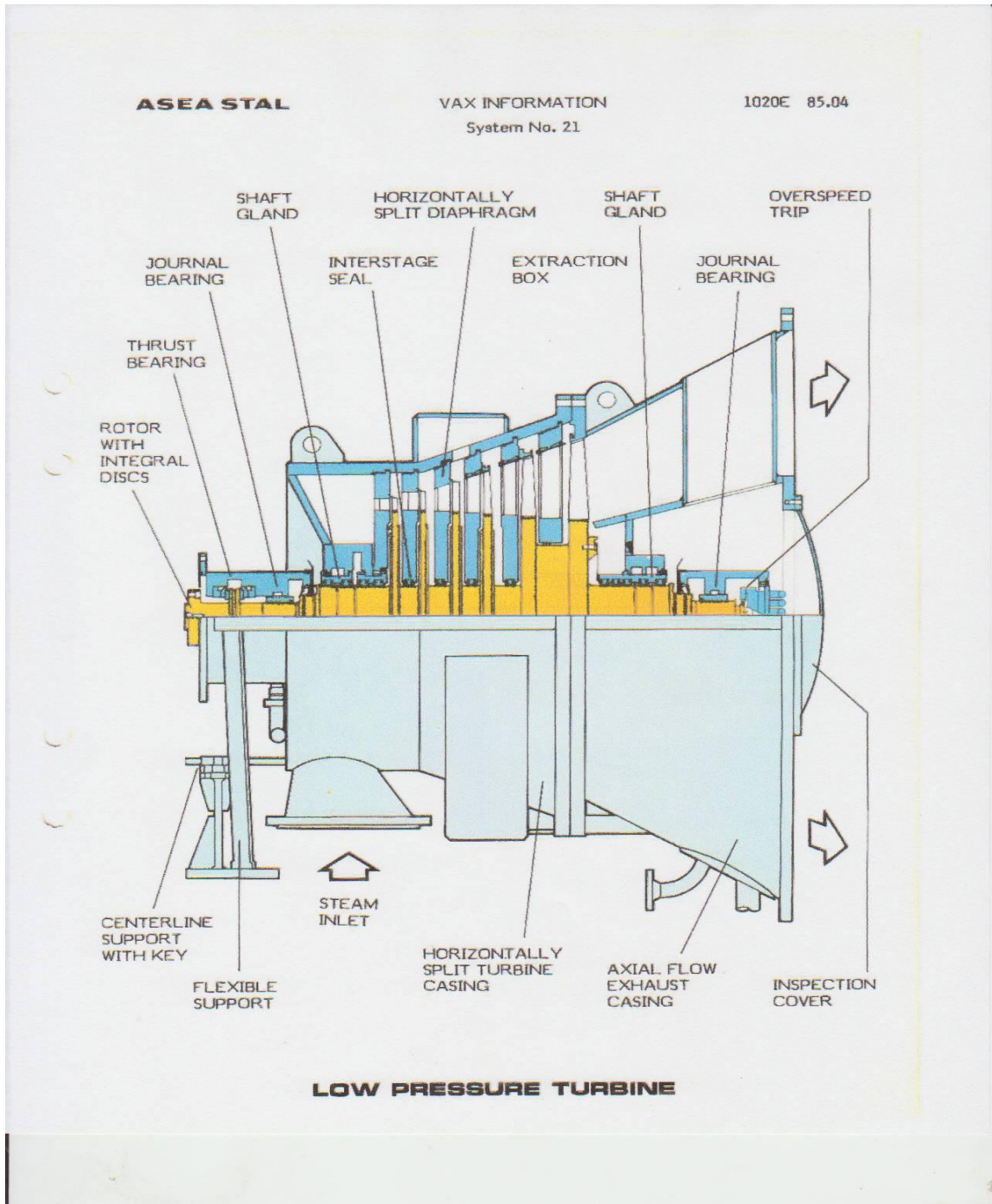
La caja de control de sobrevelocidad en el extremo de descarga del rotor de la turbina, está provista de una rueda dentada y sobre el mismo soporte que la válvula de disparo de sobrevelocidad están montados dos captadores que están conectados al control de la turbina. Uno de los captadores percibe la sobrevelocidad del rotor, dando así una seguridad suplementaria, además de la que garantiza el control mecánico de sobrevelocidad. La función del otro captador es medir la velocidad continuamente como parte del dispositivo de control de velocidad. Por último, los datos medidos por los dos captadores son cotejados permanentemente, y si se registra una diferencia importante se pone en funcionamiento una alarma.

Traducción del texto en la figura 1

<i>Shaft gland</i>	Casquillo prensaestopas del árbol
<i>Horizontally Split diaphragm</i>	Diafragma seccionado horizontalmente
<i>Overspeed trip</i>	Control mecánico de sobrevelocidad
<i>Journal bearing</i>	chumacera
<i>Interstage seal</i>	Cierre entre escalonamientos
<i>Extraction box</i>	Caja de extracción
<i>Thrust bearing</i>	Cojinete de empuje
<i>Rotor with integral discs</i>	Rotor de discos esterizos
<i>Centerline support with key</i>	Soporte de línea de eje con llave
<i>Flexible support</i>	Soporte flexible
<i>Steam inlet</i>	Toma de vapor
<i>Horizontally Split turbine casing</i>	Caja de turbina seccionada horizontalmente
<i>Axial flow exhaust casing</i>	Caja de descarga de flujo axial
<i>Inspection cover</i>	Tapa de acceso para inspecciones
<b>LOW PRESSURE TURBINE</b>	<b>TURBINA DE BAJA PRESIÓN</b>



Figura 1 Turbina de baja presión



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

## Figura 2 Diseño básico de los Alabes

**ASEA STAL**  
PFMI/UEr

DESCRIPCIÓN GENERAL  
Turbina

1985-09 B 2340  
Sección 2

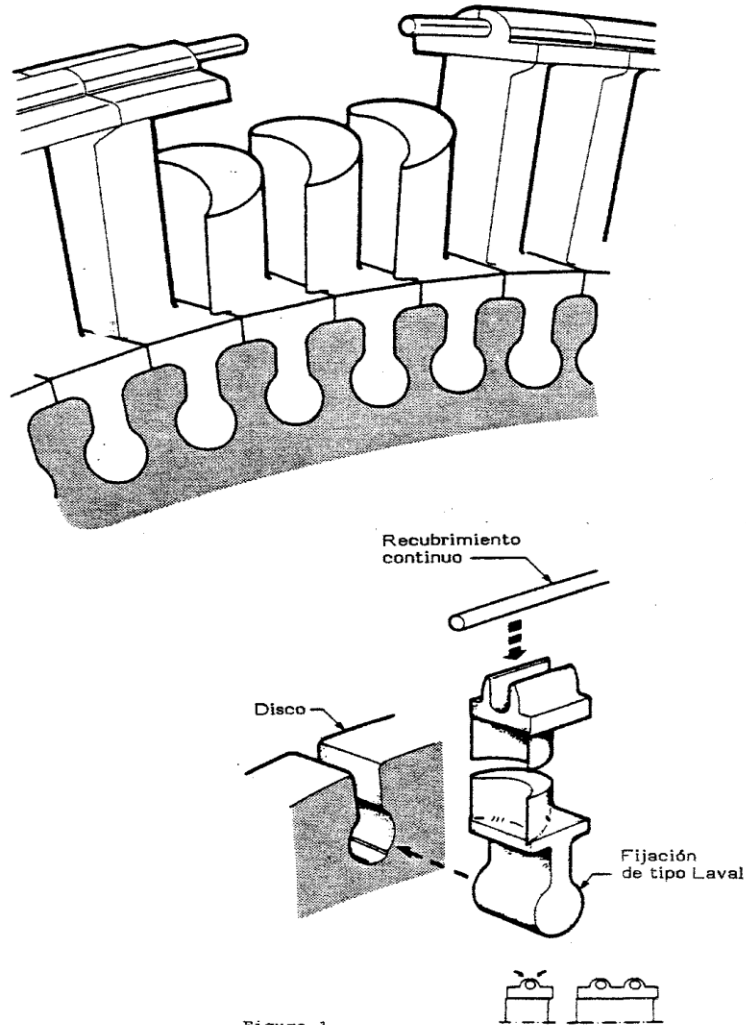


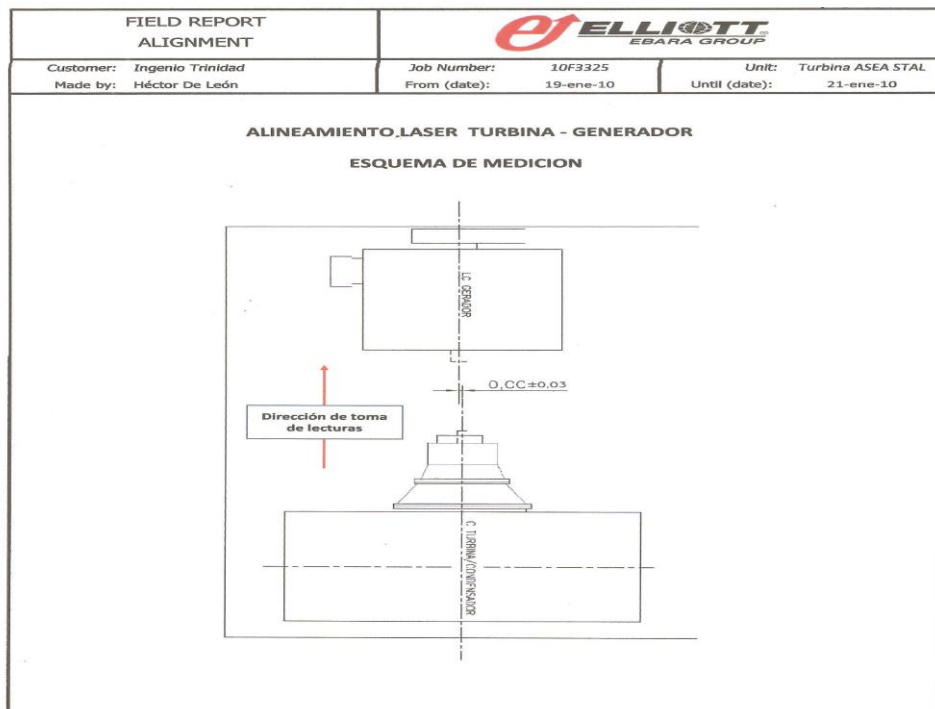
Figura 1  
Alabes

Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

### 2.1.1 Alineación de turbina con generador


Esto quiere decir unir el rotor del generador y el rotor de la turbina por medio de un acoplamiento flexible, el alineamiento se realizo mediante tecnología laser. A continuación encontrara el reporte de los alineamientos realizados en la turbina ASEA STAL, efectuados del 19 al 21 de enero y del 02 al 09 de febrero, en las instalaciones del Ingenio Trinidad. Por la empresa Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.

**Figura 3 Esquema de medición en la alineación**



Fuente: *Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.*

**Figura 4 Alineamiento Turbina – Generador**

FIELD REPORT ALIGNMENT			
Customer: Ingenio Trinidad	Job Number: 10F3325	Unit: Turbina ASEA STAL	Pág
Made by: Héctor De León	From (date): 19-ene-10	Until (date): 21-ene-10	

**ALINEAMIENTO TURBINA - GENERADOR**

Alineación Láser

Este servicio fue realizado los días 19, 20 y 21 de enero.  
Las tolerancias utilizadas para este alineamiento fueron proporcionadas por NG Metalúrgica Ltda. (ver la página No. 5).

**Lectura inicial:**

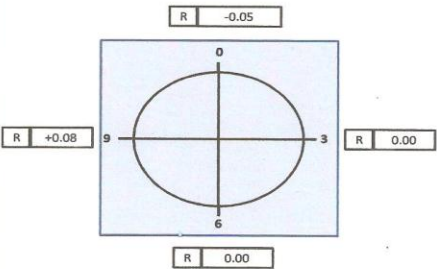
LECTURA INICIAL	
VO (plano vertical)	-0.95
HO (plano horizontal)	1.67
VA (angularidad vertical)	0.02
HA (angularidad horizontal)	0.21

**Lectura final:**

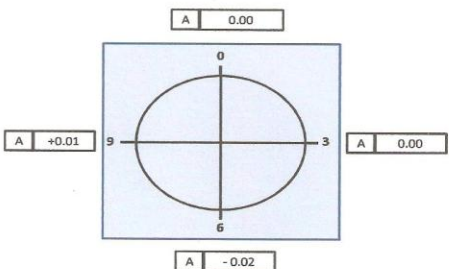
LECTURA FINAL	
VO (plano vertical)	-0.05
HO (plano horizontal)	0.08
VA (angularidad vertical)	-0.02
HA (angularidad horizontal)	0.01

Mediciones realizadas en compañía (y aprobadas) del Ingeniero José Camargo, de NG Service.  
NG Metalúrgica Ltda. está a cargo de la instalación de la turbina ASEA STAL.

**RADIALES**



**AXIALES**

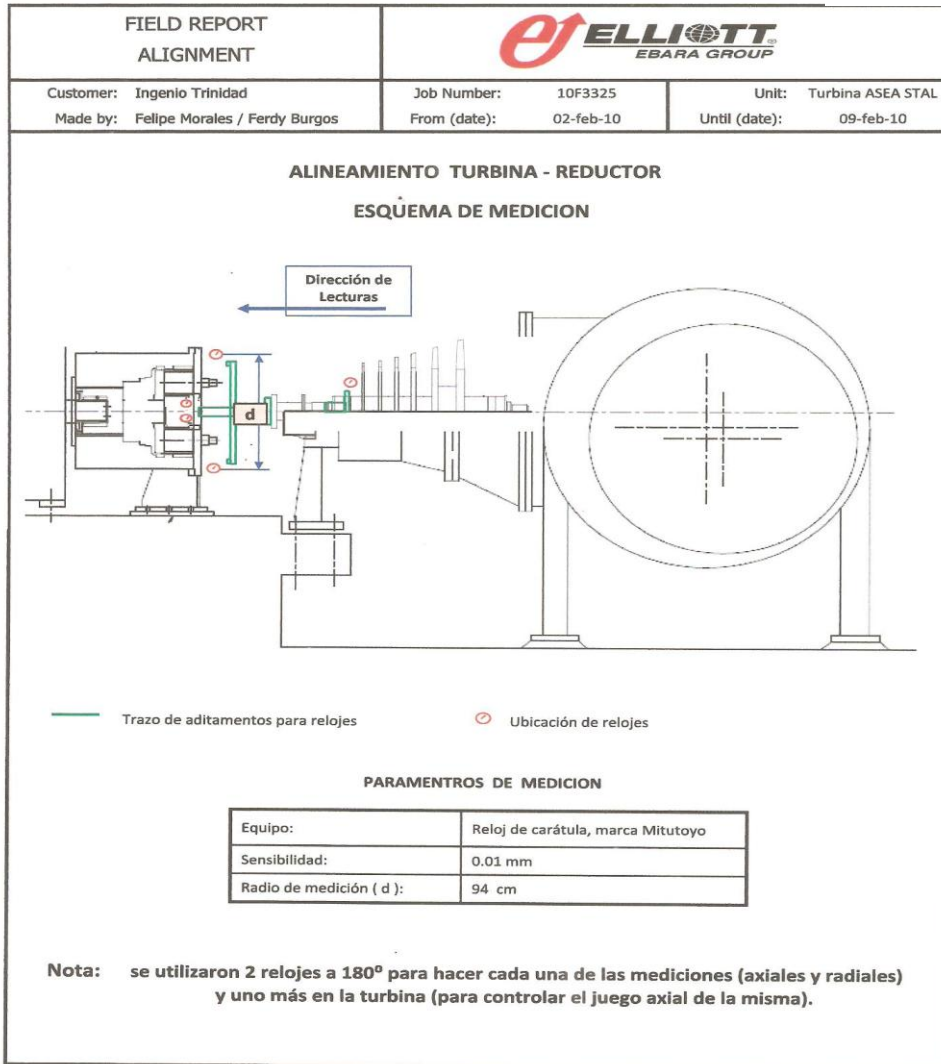


**NOTA:** Las unidades de medición están en milímetros.

Fuente: Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.




**Figura 6 Alineamiento Turbina – Reductor**



Fuente: Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.



**Figura 7 Alineamiento Turbina – Reductor (AXIAL)**

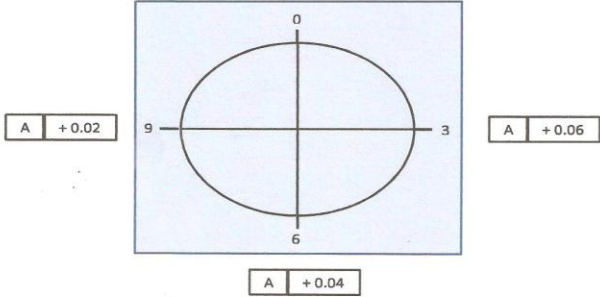
FIELD REPORT ALIGNMENT			
Customer: Ingenio Trinidad	Job Number: 10F3325	Unit: Turbina ASEA STAL	
Made by: Felipe Morales / Ferdy Burgos	From (date): 02-feb-10	Until (date): 09-feb-10	

**ALINEAMIENTO TURBINA - REDUCTOR**

Mediciones realizadas por el personal de Elliott Turbocharger

**Axial**

A	0.00
---	------

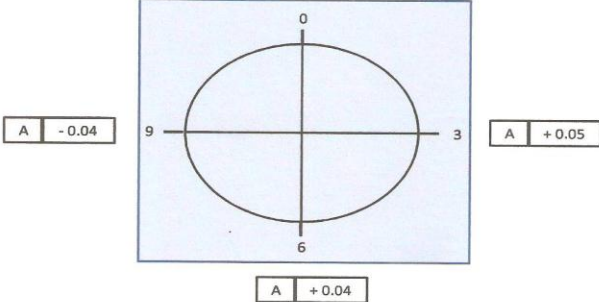


A	+0.04
---	-------

Mediciones realizadas en compañía (y aprobadas) del Ingeniero José Camargo, de NG Service. NG Metalúrgica Ltda. está a cargo de la instalación de la turbina ASEA STAL.

**Axial**

A	-0.01
---	-------

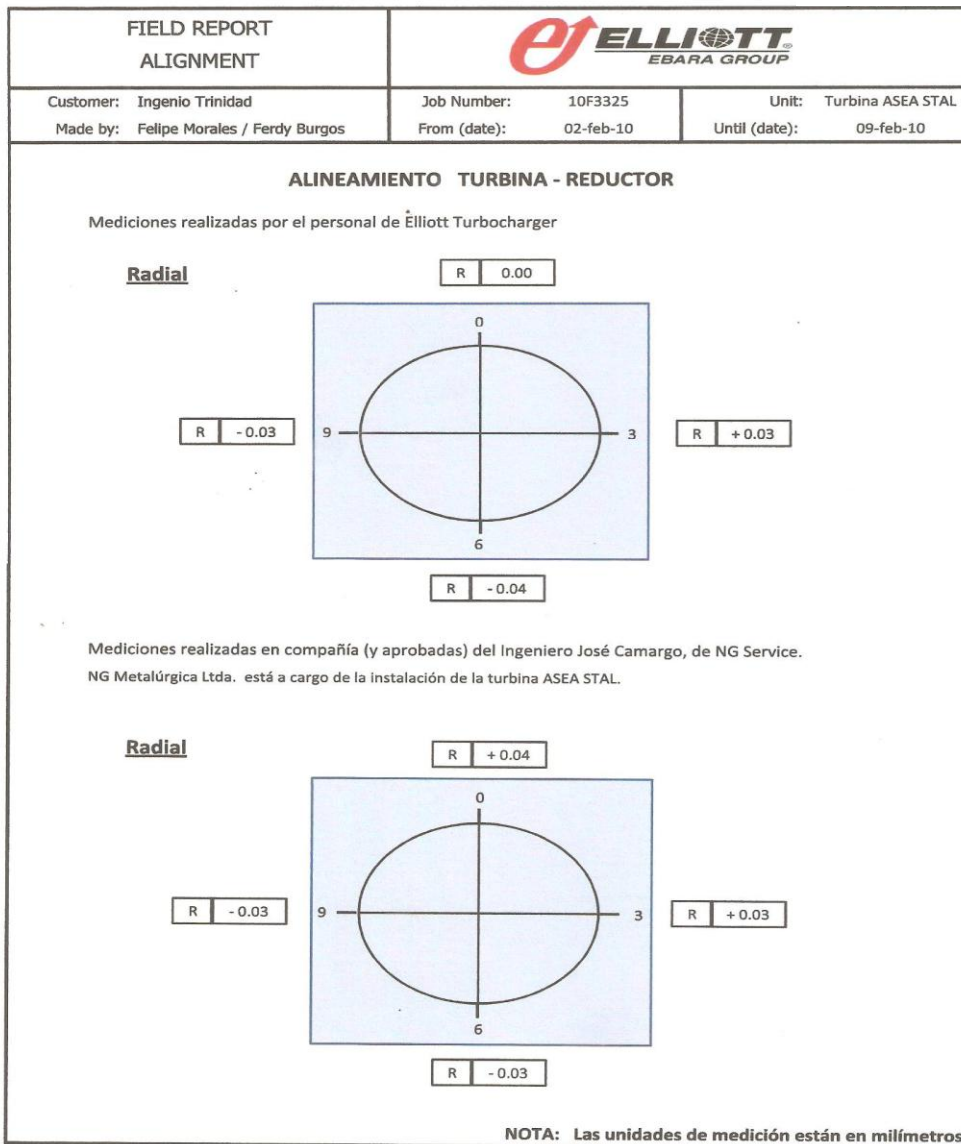


A	+0.04
---	-------

**NOTA:** Las unidades de medición están en milímetros.

Fuente: Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.

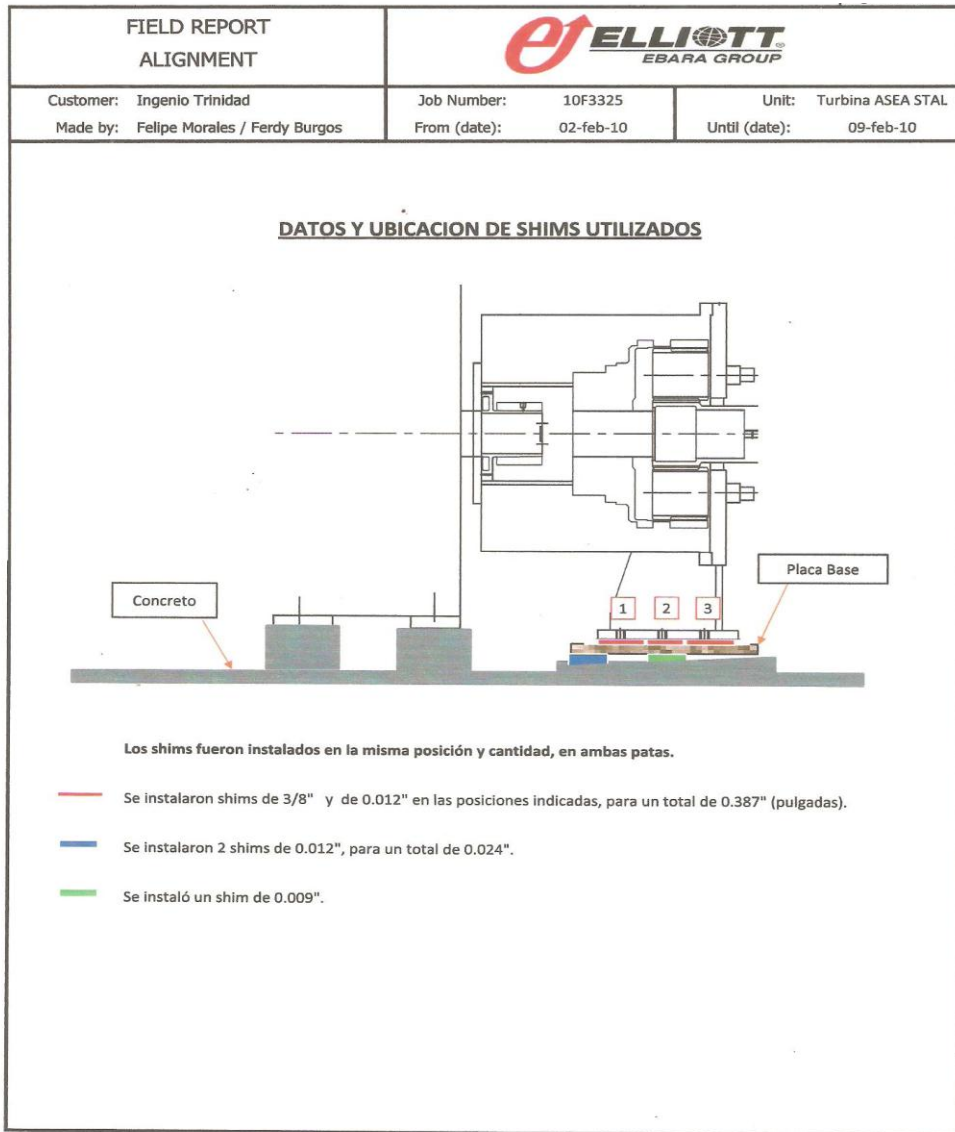
**Figura 8 Alineamiento Turbina – Reductor (RADIAL)**



Fuente: Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.

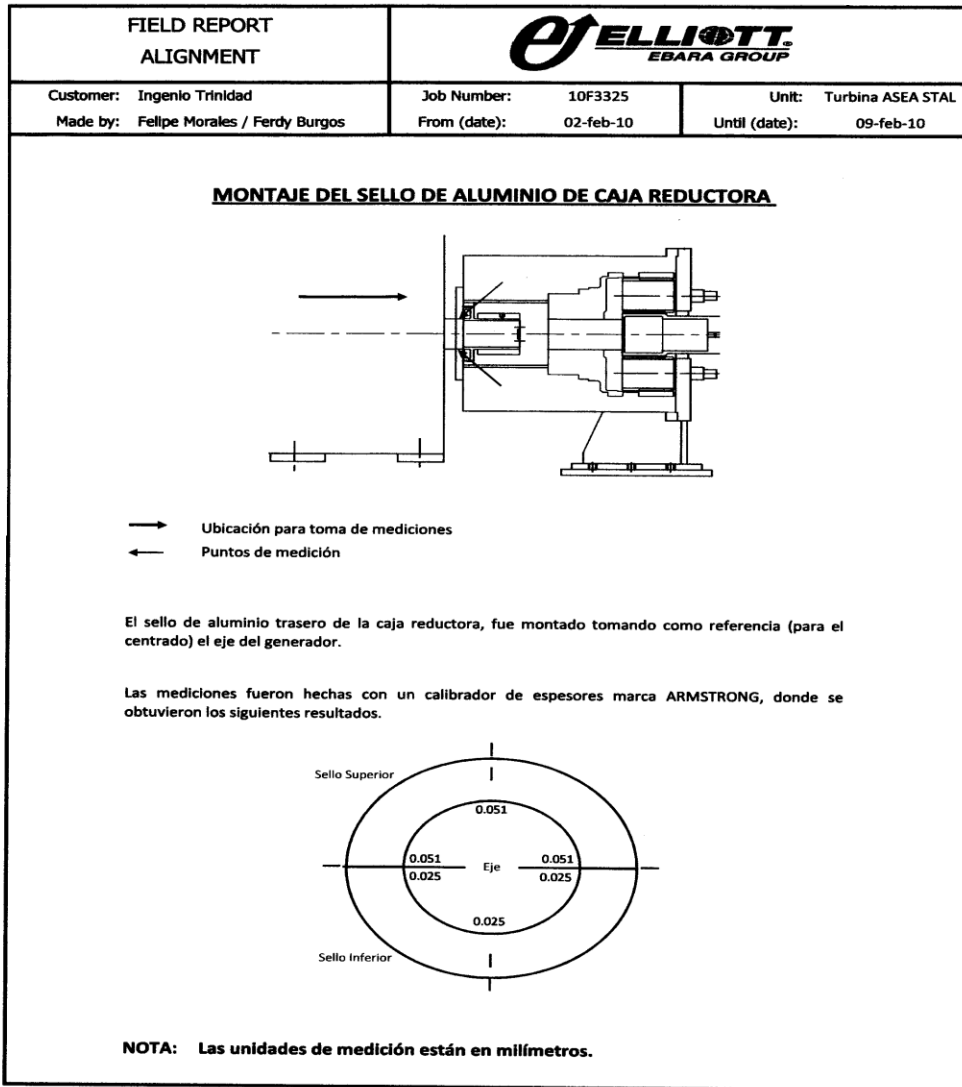


**Figura 9 Datos y ubicación de shims utilizados**



Fuente: *Elliott Turbocharger* Guatemala, S.A.

Figura 10 Montaje del sello de aluminio de caja reductora



Fuente: Elliott Turbocharger Guatemala, S.A.

### **2.1.2 Sistema de vibración**

Cuando se tiene la oportunidad de estar de pie frente a una máquina en operación, y el funcionamiento es óptimo, definitivamente es posible permanecer cerca de la máquina, altamente confiado en que probablemente nunca ocurrirá una falla que pudiera exponerlo a lesiones.

Sin embargo, si de pronto, en esa máquina se empieza a generar más calor del usual en sus rodamientos, empieza a generar más ruido al extremo de ser sumamente molesto, muestra incremento en la vibración, etc, seguramente nadie sentirá la confianza suficiente para permanecer operando esa máquina, debido a que las máquinas con problemas pueden fallar en cualquier momento, se volverán ineficientes y hasta improductivas, y seguramente vibrarán.

Si medimos periódicamente la vibración, buscamos patrones y observamos los cambios, podremos detectar un problema con margen de tiempo suficiente para actuar. Al proceso anterior se le llama diagnosticar problemas. Para diagnosticar problemas en máquinas mediante análisis de vibraciones, debemos entonces medir con cierta frecuencia el nivel de vibración en nuestras máquinas, pues nuestras medidas y tendencias de los cambios nos avisarán de la severidad del problema y pueden servirnos de información para planificar el mantenimiento.

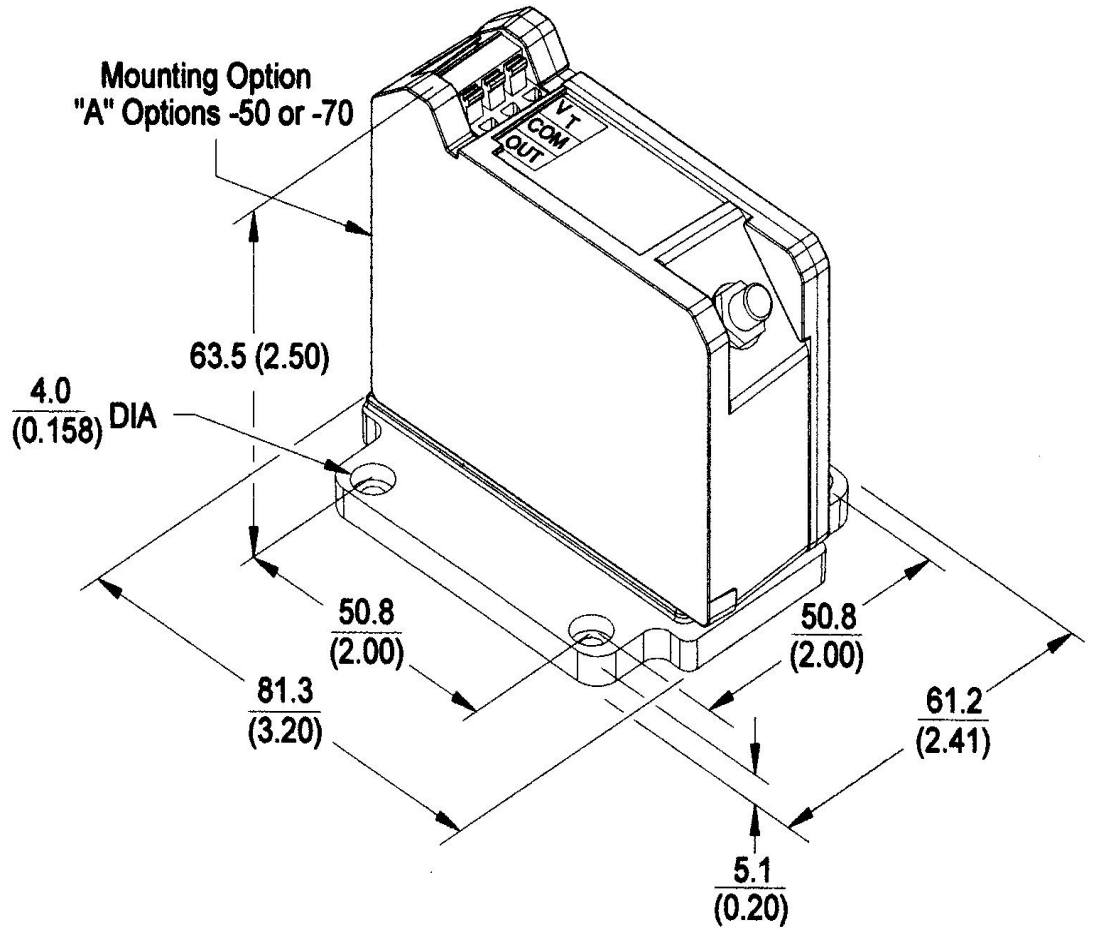
Los análisis de vibración también dan información que nos ayuda a saber la raíz del problema de tal forma que sea posible corregir el origen de los problemas en la máquina (desbalance, desalineamiento, etc.), y de esta forma no enfocar el mantenimiento en sencillamente reemplazar los componentes dañados o con síntomas de desgaste o fatiga.

El sistema de vibración instalado en el turbo generador es del tipo de Sensor de proximidad, también llamado "Sensor de Corriente de Remolino" ver figura 12, y el "Transductor de Desplazamiento" es una unidad de montaje permanente, y necesita un amplificador que condiciona la señal para generar un voltaje de salida ver figura 11, proporcional a la distancia entre el transductor y la extremidad de la flecha.

Su operación está basada en un principio magnético. Y por eso, es sensible a las anomalías magnéticas en la flecha. Se debe tener cuidado para evitar que la flecha sea magnetizada y que de esta manera, la señal de salida sea contaminada. Es importante saber que el transductor mide el desplazamiento relativo entre el rodamiento y el gorrón. Y no mide el nivel de vibración total de la flecha.

El transductor de desplazamiento está por lo general instalado en grandes máquinas con rodamientos con gorriones, donde se usa para detectar fallas en los rodamientos y para detener la máquina antes que ocurra una falla. La observación directa del movimiento vibratorio en el eje de la máquina es conveniente porque la mayoría de las veces, la velocidad en el eje es la fuente de vibración en la máquina.

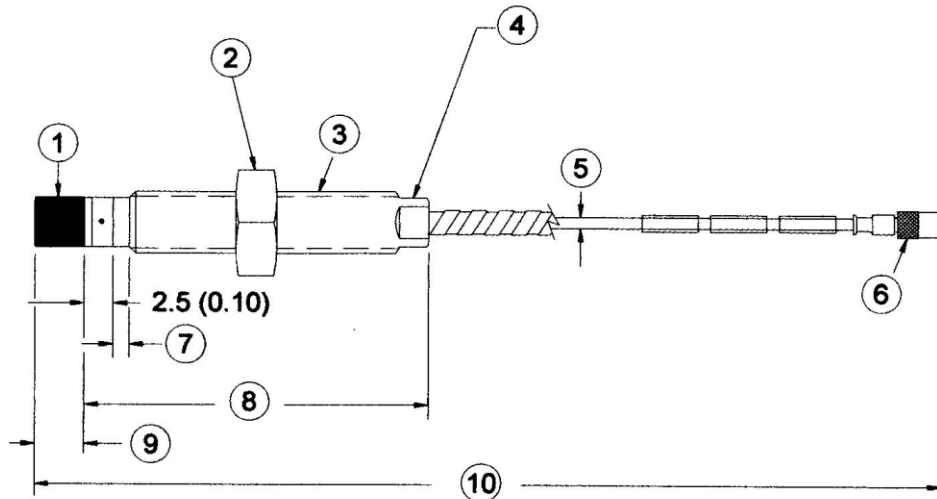
Figura 11 Transductor o convertidor



**Panel Mount 3300 XL NSv™ Proximity® Sensor**

Fuente: [http://www.ge-nergy.com/prod\\_serv/products/oc/en/bently\\_nevada/3300\\_xl\\_sensor.htm](http://www.ge-nergy.com/prod_serv/products/oc/en/bently_nevada/3300_xl_sensor.htm)

**Figura 12 Sensor de proximidad *Bently Nevada***

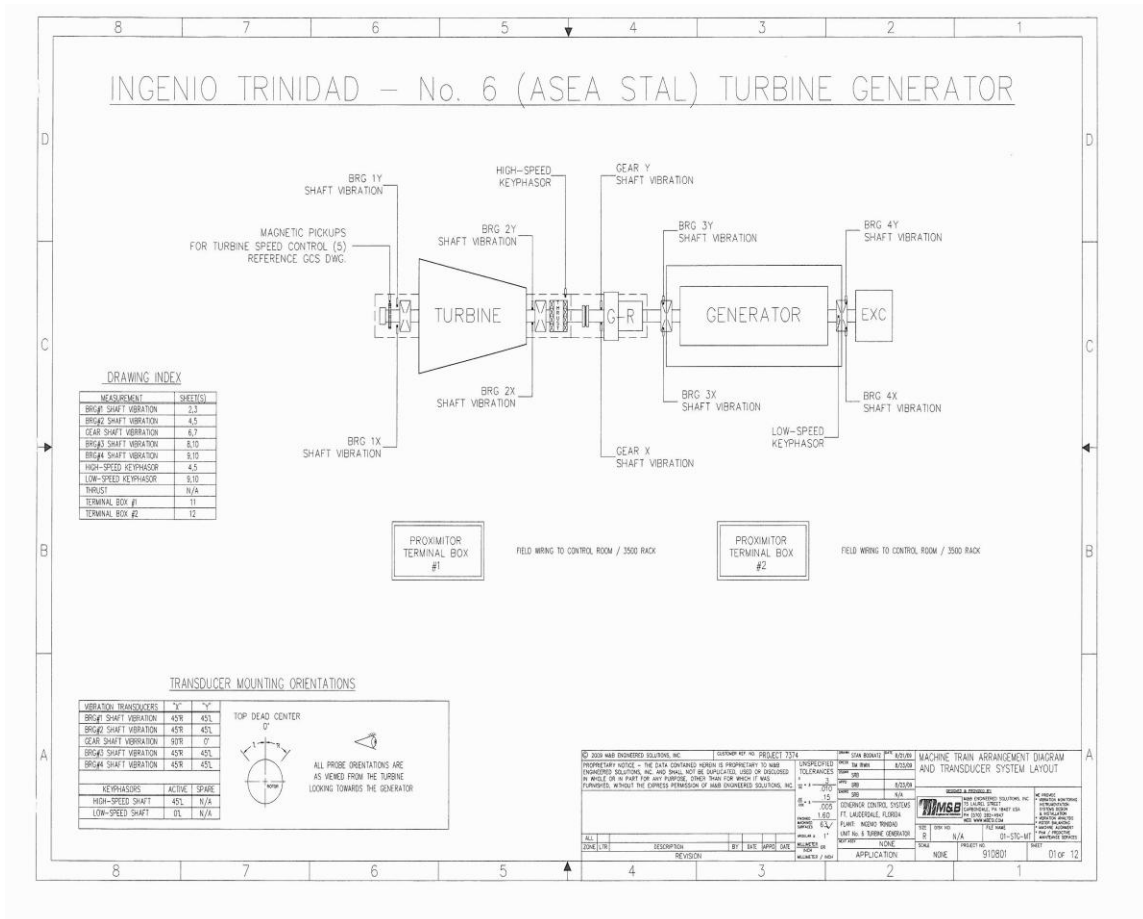


Fuente: [http://www.ge-nergy.com/prod\\_serv/products/oc/en/bently\\_nevada/3300\\_xl\\_sensor.htm](http://www.ge-nergy.com/prod_serv/products/oc/en/bently_nevada/3300_xl_sensor.htm)

- 1 Punta de la sonda, de 8,0 mm (0,31 pulgadas) de diámetro.
- 2 9 / 16 en el de 3/8-24 hilos, M17 M10 para hilos
- 3 Caso hilo
- 4 5 / 16 en pisos de una llave de 3/8-24 hilos; 8mm pisos llave para roscas M10.
- 5 Cable de 75Ω, 3,68 mm (0,145 in) de diámetro exterior máximo, 3,94 mm (0.155in) de diámetro exterior máximo del cable, 7,67 mm (0,302 in) de diámetro exterior o la armadura de 9,5 mm (0,38 pulgadas) de diámetro máximo o armadura férula.

- 6 Miniatura conector macho coaxial, 7.24 mm (0.285 pulg.) de diámetro exterior máximo "D".
- 7 Longitud de rosca "A".
- 8 Longitud de la sentencia "B".
- 9 6,0 mm (0,235 in) máximo.
- 10 Longitud total "C".

**Figura 13 Diagrama de posición de cada sensor en el turbo generador**



Fuente: M&B Engineered solutio Fuente: M&B Engineered solutions.inc



## 2.2 Reductor

### Principio de funcionamiento del engranaje epicíclico

En la figura 14, al final de esta sección, muestra un engranaje epicíclico, compuesto de un piñón central, llamado rueda planetaria, que se engrana con tres o más ruedas satélites. Cada rueda satélite está, además, en contacto con un anillo exterior que tiene dientes interiores. Se denomina “aro dentado” o “corona”. Las ruedas satélites giran alrededor de ejes que les sirven al mismo tiempo de cojinetes y están montados en el porta satélites.

Si se mantiene estacionaria la corona y se hace girar el porta satélites, se tiene un engranaje planetario. Si en cambio, mantenemos fijo el porta satélites (véase la figura 15) y dejamos girar la corona, tenemos un engranaje de estrella. La relación de engranaje del tipo de estrella es igual al número de dientes de la corona dividido por el número de dientes de la rueda planetaria. La relación de engranaje del tipo planetario es más alta.

Un engranaje epicíclico usado como engranaje planetario da, por lo tanto, una relación de engranaje más alta que si se emplea como engranaje de estrella. Por esta razón se prefieren los engranajes planetarios siempre que se puedan usar. Sin embargo, cuando el porta satélites gira a velocidad bastante elevada, las fuerzas centrífugas sobre las ruedas satélites son de gran magnitud.

Estas fuerzas tienen que recibirlas los ejes y causan grandes cargas que, finalmente, imponen un límite a la velocidad a que puede funcionar un engranaje planetario. En un engranaje de estrella las cargas no se ven afectadas por ninguna fuerza centrífuga, ya que el porta satélites está fijo. De

aquí que los engranajes de estrella puedan usarse a velocidades más altas, razón por la cual hemos optado por este tipo en nuestra maquinaria.

### Diseño del engranaje

La figura 16 (1029E), al final de esta sección, muestra el engranaje epicíclico. La alta velocidad de la turbina es transmitida a la rueda planetaria. La corona en rotación, que da la baja velocidad de salida, está conectada al árbol del generador. El engranaje tiene tres ruedas de estrella, de las cuales se ven sólo dos en la ilustración.

El engranaje es helicoidal simple, para lograr un funcionamiento silenciosos y la mínima fricción posible. Más aun durante la marcha normal, el flujo de vapor a través de la turbina produce una fuerza axial en la misma dirección del flujo, y esa fuerza es contrarrestada por la fuerza axial que genera la rueda planetaria helicoidal. Esta disposición del engranaje reduce las pérdidas en el cojinete de empuje de la turbina.

Los espacios entre dientes del engranaje helicoidal permiten que la rueda planetaria se deslice axialmente cuando el rotor de la turbina se desplaza en esa dirección. El árbol de baja velocidad descansa sobre dos cojinetes radiales, y la fuerza axial la recibe un cojinete de empuje. Los cojinetes radiales son de segmento múltiple, para mayor estabilidad. El cojinete de empuje es del tipo michell. Los ejes están revestidos de metal blando, son huecos y tienen orificios y ranuras de lubricación. Las dos partes de la porta satélites y los ejes se mantienen juntos mediante tornillos.

La corona es flexible y está conectada al árbol de baja velocidad por una garganta delgada flexible. La flexibilidad sirve para distribuir la carga homogéneamente entre las ruedas planetarias. En caso de que alguna de ellas tuviera la tendencia a soportar una carga mayor que las otras, la corona se flexiona y equilibra las cargas automáticamente. La corona también puede girar, compensando cualquier distribución desigual de la carga a lo largo de los dientes.

#### Recorrido del lubricante

Véase la figura 16 (1029E). Se conduce lubricante a presión a los ejes huecos de la rueda planetaria. De este modo se lubrican los cojinetes de ésta. El aceite pasa entonces de los ejes huecos a cuatro orificios radiales abiertos en la parte derecha del porta satélites, y de allí es distribuido a:

- Los discos de posición axial de la rueda planetaria
- Los discos del cojinete de empuje de la corona
- Las dos chumaceras de la corona, y
- Al surtidor del acoplamiento de baja velocidad.

Cada uno de los cuatro orificios mencionados se mantiene cerrado del lado interior, gracias a una válvula de retención cargada con resorte (véase figura 18). La presión normal del aceite es suficiente para abrir las válvulas de retención, por las cuales se suministra lubricante al surtidor de la rueda planetaria.

Del surtidor, el lubricante es arrojado por fuerza centrífuga a través de pequeños orificios entre los dientes de la rueda planetaria a los puntos de engranaje, y más hacia afuera, a la corona. La parte principal del flujo de

lubricante, normalmente se consume en lubricación de la rueda planetaria y de la rueda de estrella. Este aceite tiene que pasar por las válvulas de retención

En caso que fallen tanto la bomba principal, la secundaria como la bomba de emergencia de aceite, éste es suministrado desde el depósito a gravedad, mientras se repara el daño. En ese caso, la presión del aceite es más baja y su cantidad, limitada.

Entonces se cierran las válvulas de retención, con lo cual se reduce el flujo y se prolonga la capacidad limitada de suministro de lubricante. En consecuencia, sólo los cojinetes importantes reciben aceite del depósito a gravedad.

#### Acoplamiento de alta velocidad

La figura 17 (1030E), muestra que la turbina está conectada a la rueda planetaria por un acople flexible, combinado con una barra flexible, en el centro. Este tipo de acoplamiento permite cierto desalineamiento entre la turbina y el engranaje. La barra es flexible, y su función es transmitir la fuerza axial de la rueda planetaria al rotor de la turbina. Este diseño también elimina la desventaja que a veces se encuentra en acoplamientos dentados, es decir, una fuerza axial resultante que no se puede prever y es debida al rozamiento en el acoplamiento.

Cualquier fuerza de este tipo que se produzca es absorbida aquí por la barra flexible, diseñada para la fuerza axial procedente del engranaje sumado a la máxima fuerza axial que pueda desarrollarse en los álabes flexibles. La potencia es transmitida del rotor de la turbina, pasando por la brida de acoplamiento, el acoplamiento flexible y la brida de la rueda planetaria, hasta el engranaje reductor. La brida de acoplamiento está fijada por pernos a la brida del rotor de la turbina. El acoplamiento tiene su propia caja.

## Acoplamiento de baja velocidad

Como se puede apreciar en la figura 17 (1030E), figura inferior, el engranaje está conectado al generador por medio de un acoplamiento dentado. La potencia se transmite desde la corona, pasando por un anillo de acoplamiento fijado por pernos, al manguito de unión, y de ahí al árbol del generador, pasando por un cubo de embrague. Un manguito de unión de seguridad mantiene firmemente sujetos el cubo de embrague y el árbol del generador.

El acoplamiento de baja velocidad está incorporado a la misma caja del engranaje. Un surtidor lleva lubricante del lado del generador al extremo del engranaje, pasando por los cauces de aceite radiales. El lubricante se transporta axialmente por un cauce central a la lámina externa, y toma la forma de chorro al salir por un orificio central dirigido al árbol del generador. Luego el aceite fluye contra la periferia del árbol del generador. Por último, pasa por una ranura helicoidal en la superficie interior del manguito de unión de seguridad y llega hasta los dientes del engranaje.

El cubo de embrague sobre el árbol del generador está montado de modo que tenga la función de dispositivo de seguridad que limita el par motor en condiciones excepcionales, tales como cortocircuitos, etc. Así se protege el tren de transmisión contra sobrecargas excesivas. El extremo del árbol del generador es cilíndrico y sin llaves. El cubo de embrague, que se compone de una brida con los dientes de acoplamiento y un manguito muy delgado de interior cilíndrico y exterior cónico, se monta primero sobre el árbol poco ajustado.

Luego, aplicando el método SKF-OK, se coloca sobre el manguito un anillo abrazadera (o sea, el manguito de unión de seguridad), con una superficie

cónica interior que encaje con el exterior del manguito. Esto requiere que se introduzca lubricante a alta presión entre el anillo y el cubo de embrague, ensanchando el primero y al mismo tiempo lubricando las superficies de modo que el anillo pueda ajustarse alrededor del exterior cónico del manguito. Cuando se reduce la presión del aceite, el anillo se contrae y produce una fuerza de agarre entre el anillo, el cubo y el árbol, permitiendo así que el par motor pueda transmitirse por rozamiento.

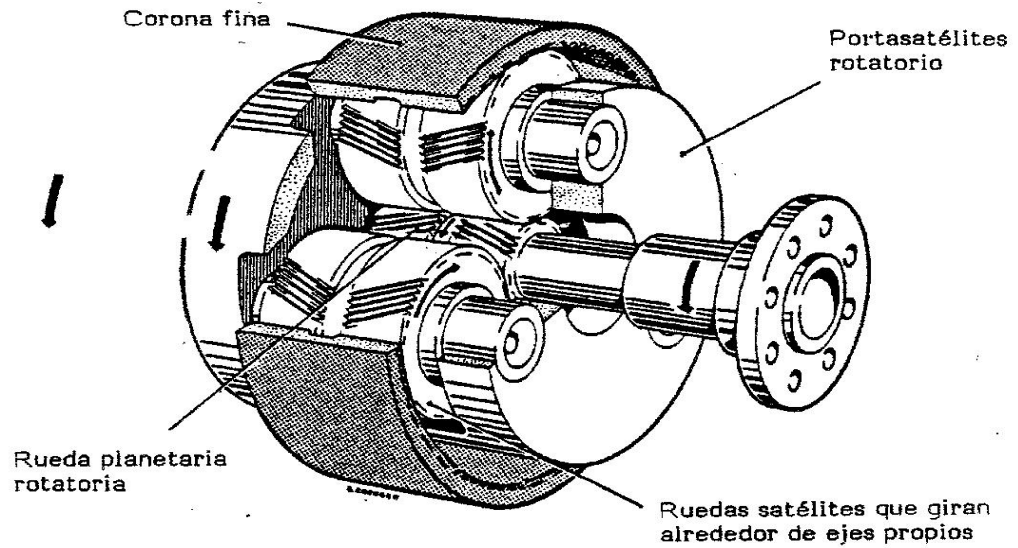
Midiendo el diámetro exterior del cubo antes y después de montarlo, se controla con precisión el procedimiento de ensamblaje, y así se logra la presión de contacto preestablecida con tolerancias muy reducidas.

Además, el coeficiente de rozamiento puede predecirse con bastante exactitud en una articulación de ese tipo, y su capacidad de torsión, por lo tanto, se determina muy aproximadamente. Incluso en su valor mínimo debe ser suficiente para transmitir el par motor nominal con un buen margen de seguridad.

Si el par motor aumenta hasta más de la capacidad de la articulación, el cubo se desliza tangencialmente. Su superficie interior tiene una ranura helicoidal por la cual pasa continuamente lubricante de la lámina extrema del engranaje, que es transportado a los dientes del manguito de unión, como se describió arriba.

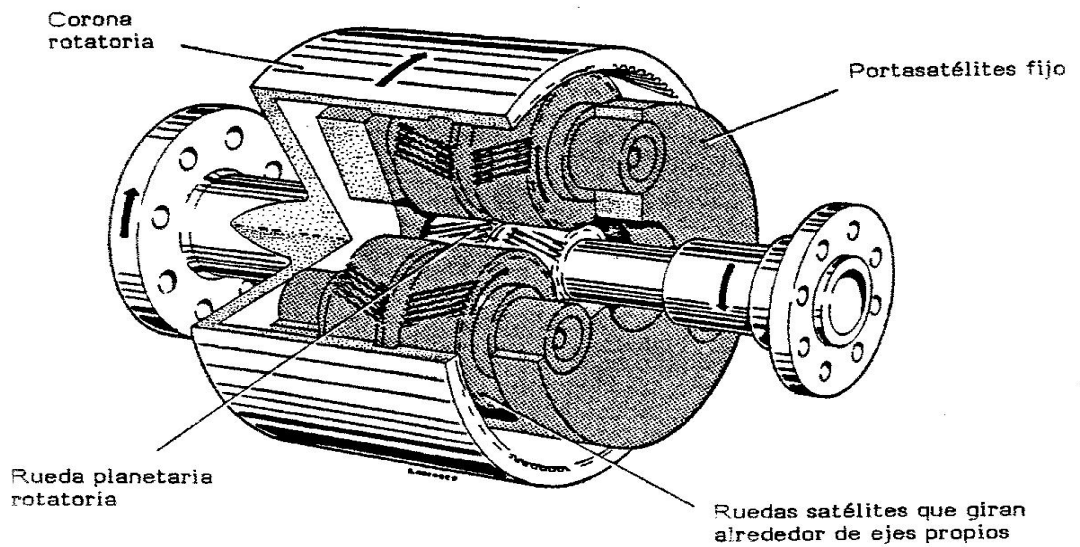
Si se produce deslizamiento, ese lubricante lubrica y enfría las superficies para impedir que se desgasten y se suelden. El acoplamiento no es adecuado para períodos de deslizamiento continuo y prolongado, pero sí trabaja eficazmente durante varias pulsaciones cortas del par motor, como las que ocurren en un cortocircuito.

**Figura 14 Engranaje planetario**



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

**Figura 15 Engranaje de estrella**



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

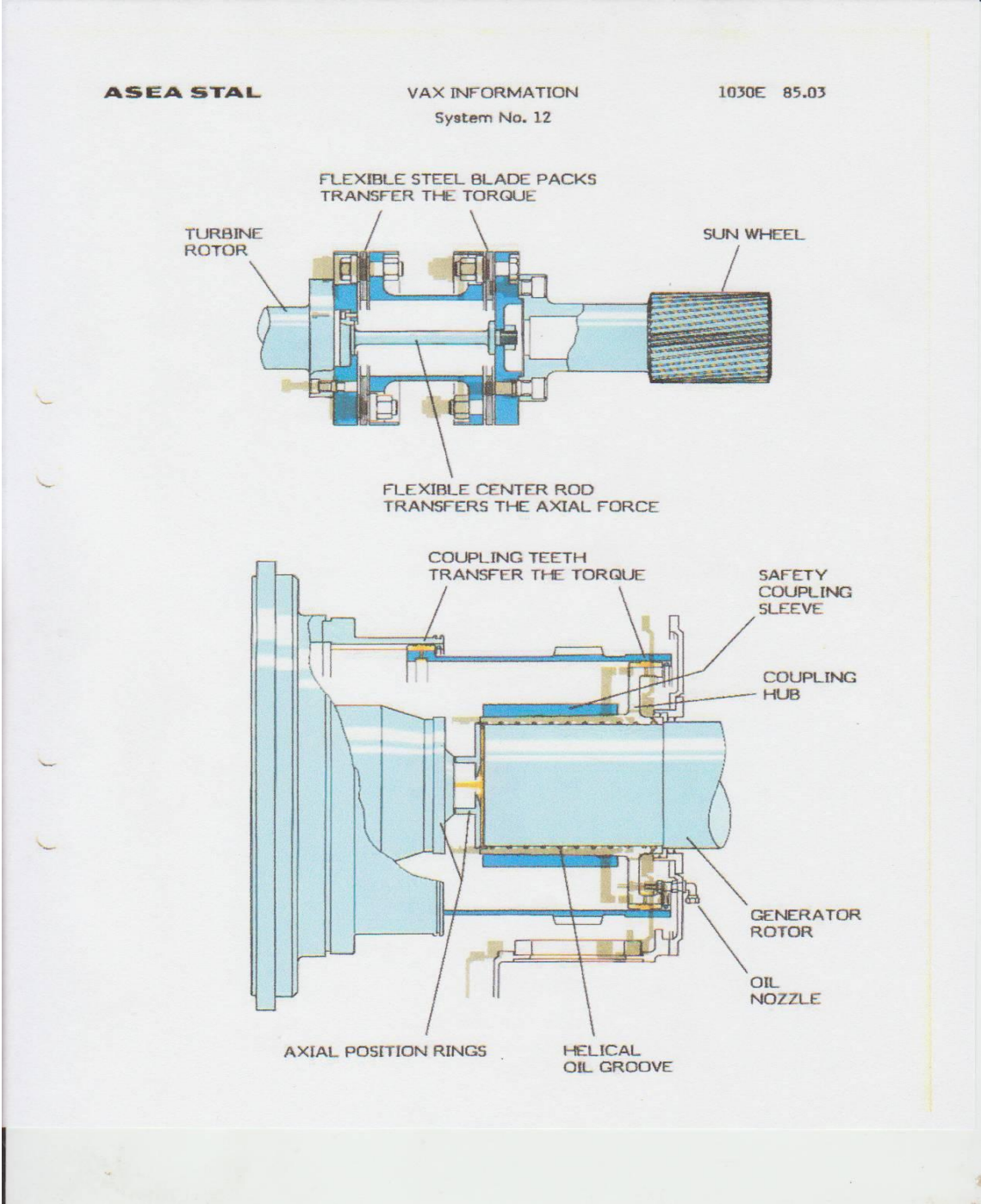




### Traducción del texto en la figura 16

<i>STATIONARY STAR CARRIER</i>	Portasatelites estacionario
<i>HIGH SPEED COUPLING</i>	Acoplamiento de alta velocidad
<i>LOW SPEED COUPLING</i>	Acoplamiento de baja velocidad
<i>TURBINE ROTOR</i>	Rotor de la turbina
<i>GENERATOR ROTOR</i>	Rotor del generador
<i>RING GEAR</i>	Corona
<i>STAR WHEEL</i>	Rueda satélite
<i>SUN WHEEL</i>	Rueda planetaria
<i>THRUST BEARING PAD</i>	Disco del cojinete de empuje
<i>JOURNAL BEARINGS</i>	Chumaceras
<i>PRESSURE VALVES</i>	Válvulas de presión
<i>EPICYCLIC GEAR</i>	Engranaje epicíclico

Figura 17 Acoplamientos

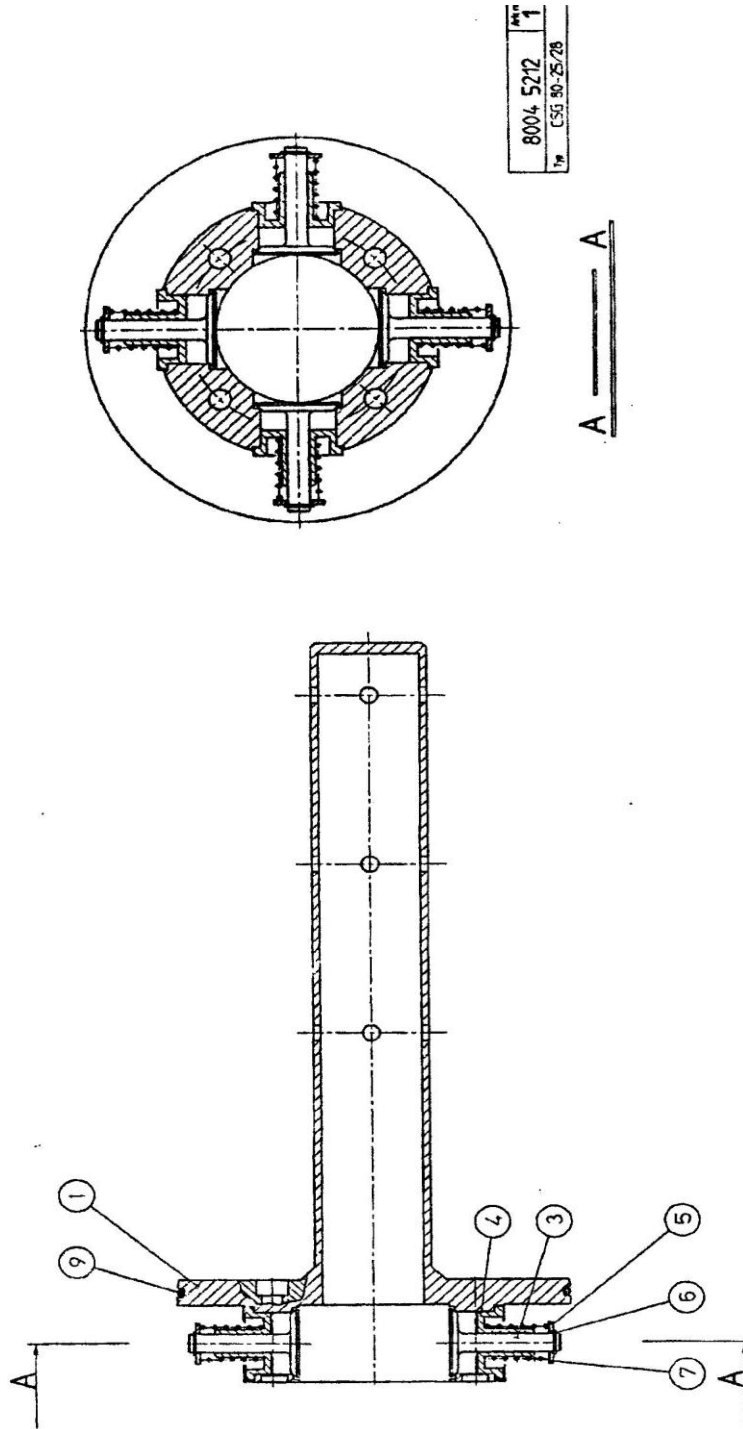


Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

### Traducción del texto en la figura 17

<i>FLEXIBLE STEEL BLADE PACKS</i>	Empaquetaduras de hojas de acero
<i>TRANSFER THE TORQUE</i>	Flexibles transfieren el par motor
<i>TURBINE ROTOR</i>	Rotor de la turbina
<i>SUN WHEEL</i>	Rueda planetaria
<i>FLEXIBLE CENTRE ROD TRANSFERS</i>	Barra central flexible transfiere
<i>THE AXIAL FORCE</i>	La fuerza axial
<i>COUPLING TEETH TRANSFER</i>	Dientes de acoplamiento
<i>THE TORQUE</i>	Transfieren el par motor
<i>SAFETY COUPLING SLEEVE</i>	Manguito de unión de seguridad
<i>COUPLING HUB</i>	Cubo de embrague
<i>GENERATOR ROTOR</i>	Rotor del Generador
<i>OIL NOZZLE</i>	Tobera de lubricación
<i>AXIAL POSITION RINGS</i>	Anillos de posición axial
<i>HELICAL OIL GROOVE</i>	Ranura helicoidal de lubricación
<i>COUPLINGS</i>	Acoplamientos

Figura 18 Válvula de retención



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

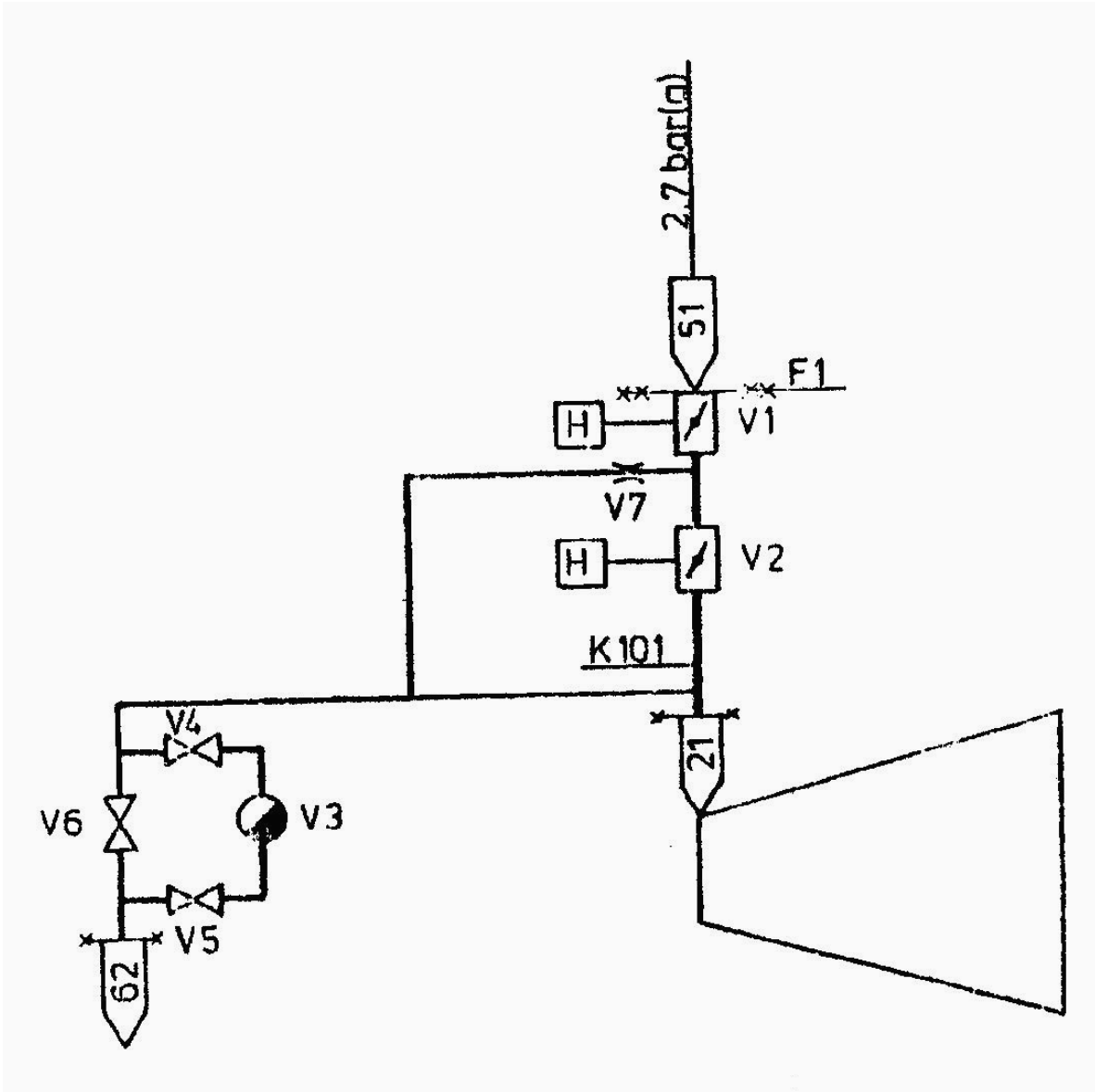
### **2.3 Sistema de toma de vapor**

La función del sistema de toma de vapor es llevar vapor a 20 PSI a la turbina, la figura 19 muestra el sistema completo. El sistema tiene una válvula de cierre de emergencia (V1) y una válvula de regulación (V2), cada una de ellas accionada por un servomotor hidráulico de efecto único, indicado por el símbolo "H". La válvula de cierre de emergencia tiene la función de cortar el paso de entrada de vapor a la turbina sin demora, en caso de que sea accionado cualquiera de los dispositivos de disparo. La válvula de regulación controla el flujo de vapor a la turbina, según la señal que reciba del regulador de la turbina. El diseño de la válvula está expuesto en la figura 20, y la conexión con el servomotor, en la figura 21. El funcionamiento de los servomotores está descrito en la sección del sistema hidráulico.

#### Disposición de la tubería

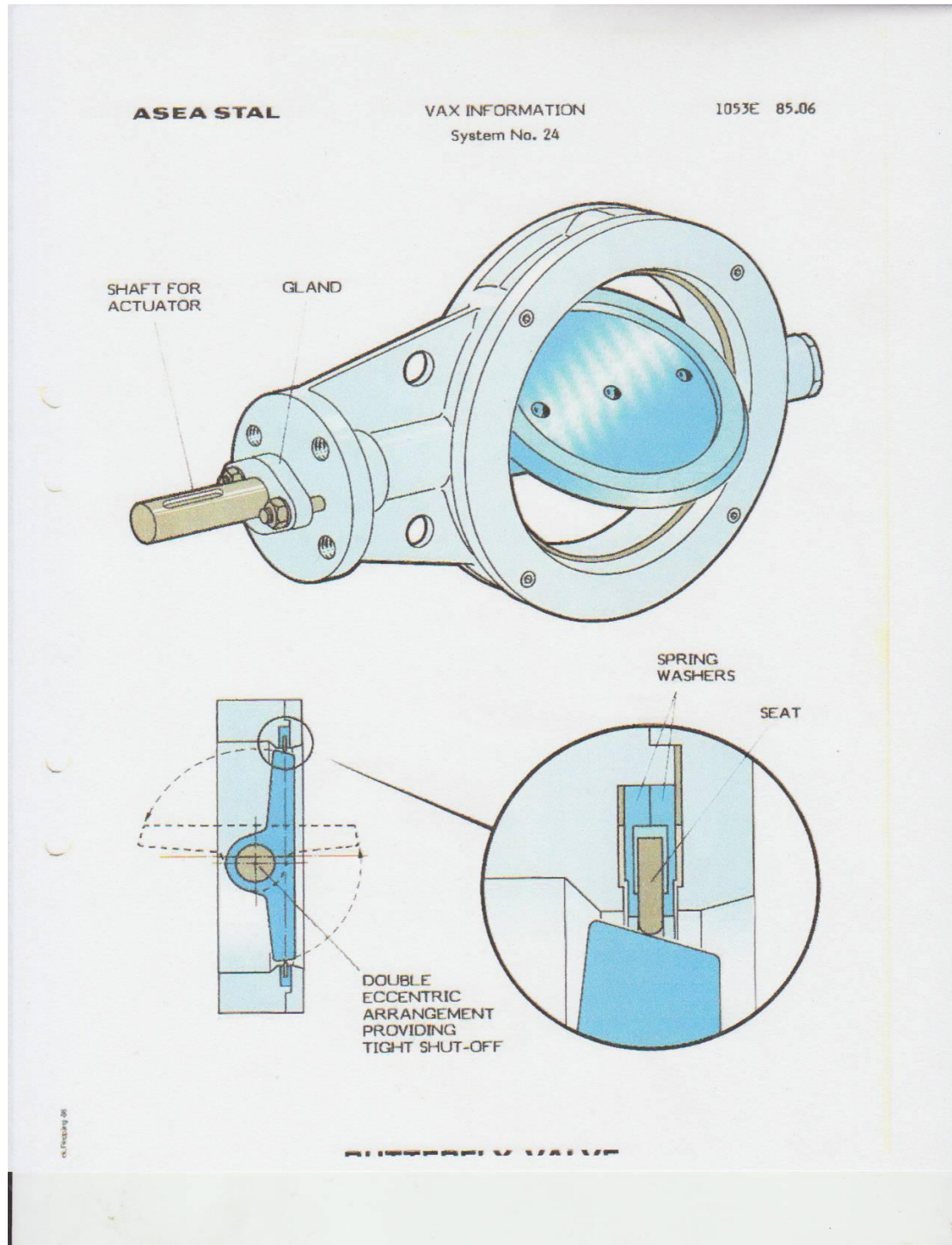
La figura 22 muestra el tubo de toma de vapor con las dos válvulas de mariposa. Además hay dos conductos de evacuación, conectados a un purgador automático de vapor común.

Figura 19 Sistema de toma de vapor



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 20 Válvula de mariposa



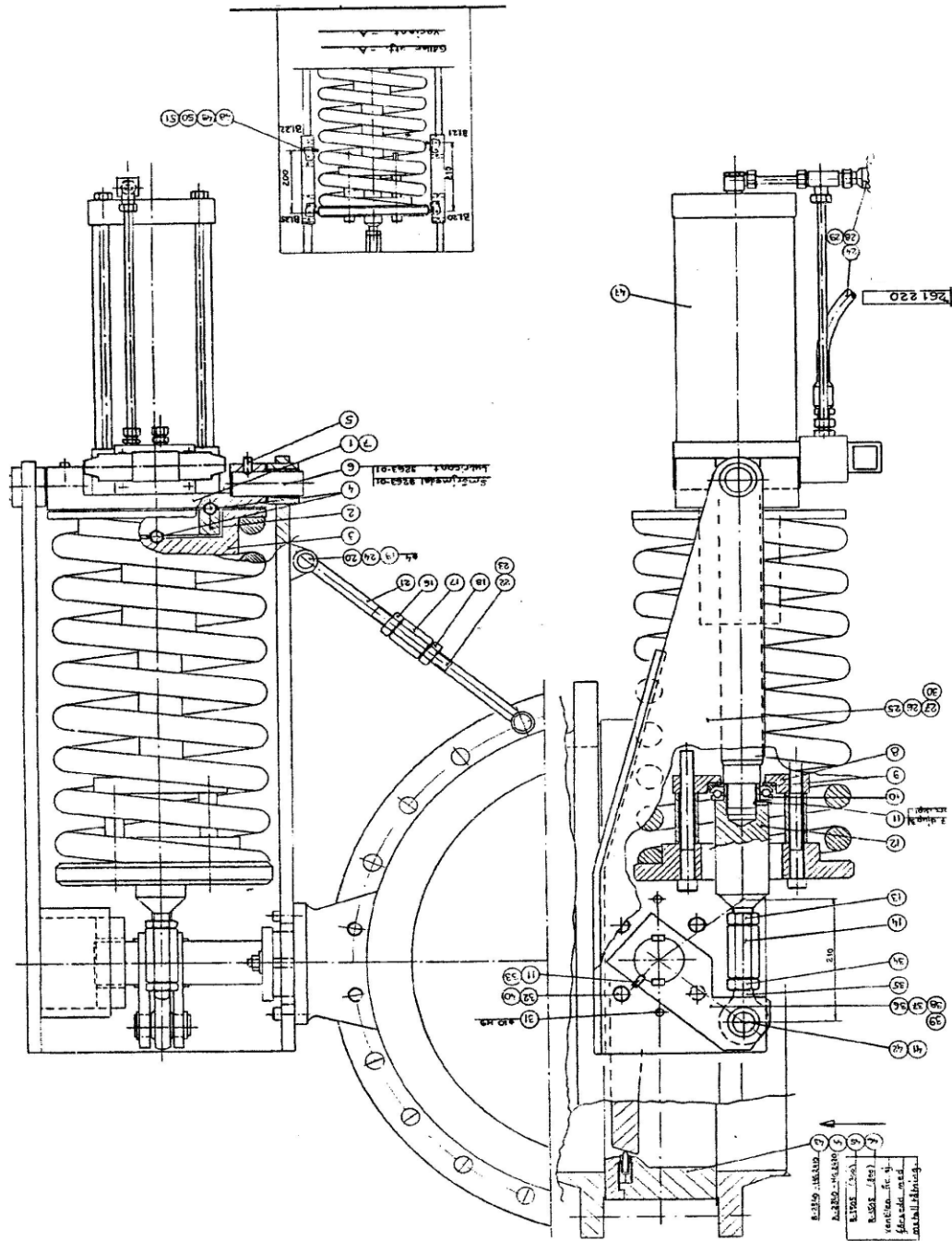
Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

### Traducción del texto en la figura 20

<i>SHAFT FOR ACTUATOR</i>	Árbol para actuador
<i>GLAND</i>	Casquillo prensaestopas
<i>SPRING WASHERS</i>	Arandelas de resorte
<i>SEAT</i>	Asiento
<i>DOUBLE ECCENTRIC ARRANGEMENT</i>	Disposición excéntrica doble
<i>PROVIDING TIGHT SHUT – OFF</i>	Para cierre hermético
<i>BUTTERFLY VALVE</i>	Válvula de mariposa

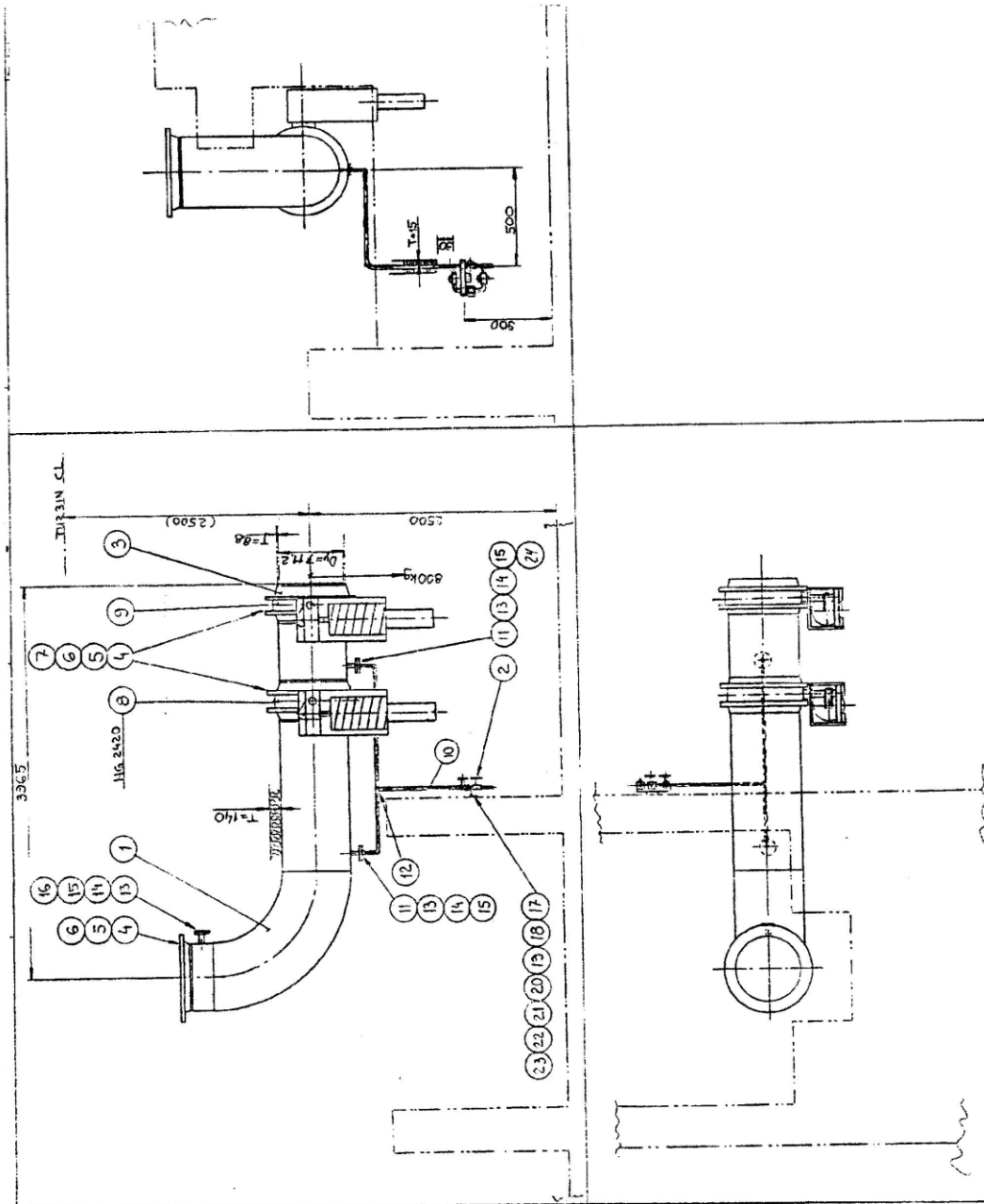


Figura 21 Conexión con el Servomotor



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 22 Tubo de toma de vapor con las dos válvulas de mariposa



Fuente: Libro de instrucciones ASEA ST

## 2.4 Sistema de vapor del casquillo

### Función del sistema

Es posible que el aire penetre o el gas se escape por el punto donde el árbol de la turbina entra en la caja. El aire penetra cuando se forma el vacío en el condensador principal, antes de admitir vapor a la turbina, ya que en ese momento hay un vacío parcial igual en la turbina que en el condensador. El vapor, por otra parte, puede escaparse por el extremo de alta presión durante el funcionamiento.

En el extremo de baja presión, la tendencia normal durante el funcionamiento es dejar salir aire hacia la turbina. En ambos sentidos se restringe el escape mediante empaquetaduras laberínticas, que además están conectadas al sistema de vapor en los casquillos prensaestopas. El sistema de vapor en los casquillos tiene una doble función: proveer vapor de sellado a las empaquetaduras laberínticas cuando hay presión negativa del lado de la turbina, por una parte y también recibir el vapor de escape debido a sobrepresión en la turbina.

### Vapor de sellado

Véase la figura 23 del sistema de vapor en los casquillos. La presión del vapor a 20 PSI, procedente de la cámara central, se reduce en la válvula V1, que es controlada por un servomotor neumático. La presión reducida del vapor es ligeramente superior a la presión atmosférica, y el vapor es conducido a cámaras de estancamiento en las empaquetaduras laberínticas.

Cuando hay presión negativa en la turbina, el vapor de sellado fluye en ambas direcciones: al interior de la turbina y al exterior, hacia los extremos del árbol.

Así se impide la entrada del aire. Durante la marcha, el sistema es autónomo. Un limitado flujo de vapor sale por el extremo de alta presión, pasa por la empaquetadura laberíntica y alimenta con vapor de sellado el casquillo del extremo de baja presión.

#### Vapor de escape

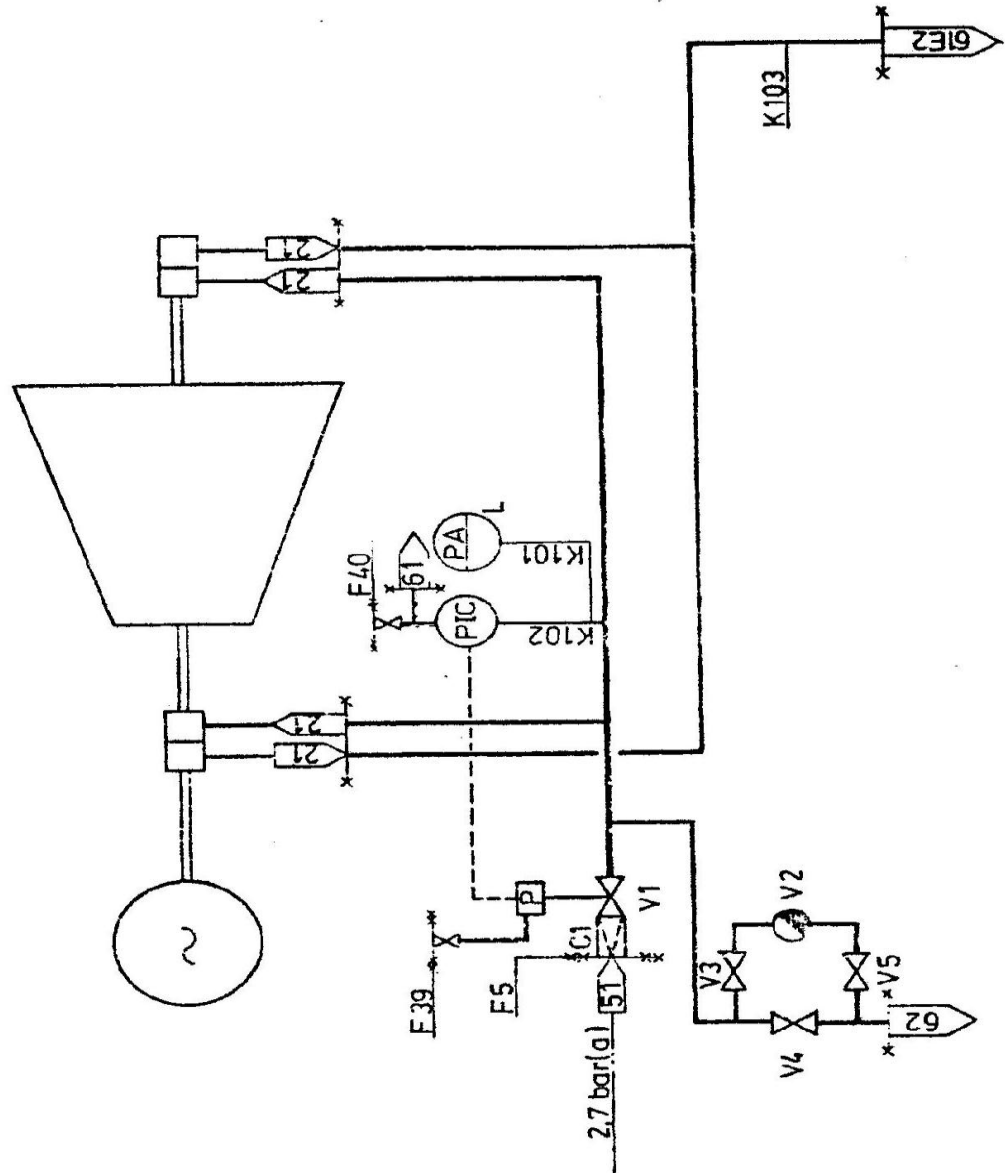
En la parte exterior de las empaquetaduras laberínticas se encuentra una cámara de evacuación. El vapor se extrae de esta cámara y se lleva por tubos al condensador. Este condensador es un enfriador de superficies de tubos que funciona con vapor condensado como medio refrigerante. Con el vapor se saca también un poco de aire de las empaquetaduras. Ese aire se extrae mediante un ventilador radial de motor, que también mantiene una ligera presión negativa en el sistema.

#### Disposición de la tubería

La figura 24 da una idea de la tubería del sistema de vapor en los casquillos, la mitad superior del plano muestra la turbina vista desde arriba, con la válvula reductora al frente de ella. Los tubos conductores de vapor de sellado, situados después de la válvula, están conectados a los casquillos prensaestopas del árbol. Los tubos de escape que vienen de los casquillos del árbol conducen al condensador. La mitad derecha del plano muestra una parte de la instalación, vista desde el extremo izquierdo de la turbina.

Nótese el tamiz de vapor delante de la válvula reductora y el conducto de evacuación detrás de la válvula, conectado a un colector de condensado automático.

Figura 23 Sistema de vapor en los Casquillos



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL



## 2.5 Sistema de lubricación

### Función del sistema

El sistema de lubricación tiene la función de suministrar aceite enfriado y filtrado durante la puesta en marcha, el funcionamiento, la descarga y el enfriamiento de la unidad a:

- La turbina, que tiene una chumacera en cada extremo del rotor y un cojinete de empuje en el soporte de cojinetes
- El engranaje reductor, que recibe aceite tanto en los cojinetes como en los dientes;
- El generador, que tiene dos chumaceras.

Es necesario suministrar aceite lubricante a los cojinetes durante la descarga también, en caso de que falle la bomba principal de lubricación. En la parte superior de la figura veinticinco, hay un esquema de la lubricación de la turbina, del engranaje y del generador.

### Depósito de aceite principal

El depósito de lubricación en la parte central de la figura 25, está diseñado de manera que cualquier sedimento o aire en el lubricante de retorno se separe eficazmente antes que el aceite entre en las bombas. Hay una ventanilla de nivel de lubricante y un indicador de presión negativa (pero no aparecen en el plano). También hay una alarma de nivel máximo y mínimo de lubricante. El sistema de lubricación fuera del depósito tiene una considerable cantidad de aceite durante la marcha.

Por consiguiente, el nivel del depósito es más bajo durante la marcha que mientras está apagado el sistema. Mediante la bomba de aceite principal es posible desocupar el depósito hasta llegar al nivel de pérdida de succión. El lubricante que queda se extrae por un conducto de purga en la parte inferior, que también se emplea para sacar muestras.

#### Ventilador de vapor de aceite

Un ventilador de vapor de aceite mantiene una ligera presión negativa en el depósito. Los tubos de aceite de retorno al depósito tienen un diámetro mayor que el de los tubos de suministro, de modo que están sólo parcialmente llenos de aceite. Por lo tanto, la presión negativa en el depósito también estará presente en los cuerpos de cojinetes, impidiendo que salga lubricante por los sellos de lubricación de los cojinetes. En cambio, una mezcla de aire y vapor de aceite se extrae de los cojinetes. La caja del ventilador de vapor de aceite está diseñada de modo que las gotas de aceite que contiene el aire se separan y se llevan de regreso al depósito de aceite.

La bomba de emergencia del aceite es una bomba centrífuga accionada por un motor de DC, alimentado por un banco de baterías. Normalmente no está en servicio, salvo para arranques automáticos de prueba cuando se pone en marcha el generador de la turbina, y cuando se llevan a cabo pruebas de arranque de rutina manuales durante la marcha del generador de la turbina. La bomba de emergencia tiene la función de suministrar aceite lubricante en los casos especiales en que el generador de la turbina está escaso de lubricante y ha fallado el abastecimiento normal de la bomba principal y secundaria.



La bomba de emergencia se pone en marcha automáticamente:

- Si es baja la presión del aceite de disparo.
- Si se abre el contactor de la bomba principal y secundaria de aceite.
- Si es baja la presión del aceite lubricante.

Si la bomba de emergencia se pone en funcionamiento debido a baja presión del lubricante, la turbina no dispara automáticamente. Pero, en cambio, sí da la alarma de “presión baja del lubricante” y también indica: “Bomba de emergencia del aceite en marcha”.

Una vez que se restablece la presión de la bomba principal, la de emergencia puede pararse manualmente.

#### Enfriadores de aceite

El aceite de las bombas pasa por uno de los dos enfriadores de aceite del 100%. Los enfriadores son cambiadores de calor tubulares que funcionan con agua refrigerante. Pueden limpiarse interiormente, uno por uno, tanto del lado del agua como del lado del aceite durante la marcha. En caso de temperaturas extremas del agua refrigerante, la capacidad de enfriamiento puede incrementarse conectando los dos enfriadores.

#### Generalidades sobre el filtro de aceite

El lubricante se filtra por el filtro principal de aceite 32C1 un interruptor automático por caída de presión da la alarma cuando el filtro se obstruye. El cartucho del filtro es desechable.

## Modo de cambiar un cartucho del filtro de aceite principal

- Abrir la válvula de purga en la parte inferior del filtro. Conectar una manguera de aire comprimido a la válvula respiradora en la parte superior del filtro. Abrir la válvula respiradora con cuidado. El aire comprimido forzará entonces el aceite a salir del filtro y entrar en el depósito.
- Cerrar la válvula respiradora, quitar la manguera de aire comprimido y, finalmente, cerrar la válvula de purga.
- Abrir el filtro vaciado y cambiar el cartucho. Limpiar la caja del filtro si es necesario.
- Volver a colocar la tapa, poner en marcha la bomba de aceite lubricante y llenar de aceite la caja del filtro.

Nótese que la válvula respiradora debe permanecer abierta durante el llenado.

## Depósito de aceite a gravedad

El diagrama de la figura 25 muestra también el depósito de aceite a gravedad, que está instalado sobre el engranaje reductor. Está dimensionado para dar suficiente flujo de aceite a los cojinetes de la turbina y del engranaje, para garantizar un funcionamiento seguro si el suministro de aceite de las bombas falla. Durante el funcionamiento, el depósito siempre está lleno de aceite, lo cual se puede verificar por una ventanilla de vidrio. Los cojinetes del generador son lubricados por anillos, con lo que se asegura una marcha sin perturbaciones sin necesidad de fuentes exteriores de suministro de aceite, y por consiguiente no están conectados con el depósito a gravedad. Funciones de los interruptores automáticos por caída de presión.

Estas funciones están más o menos indicadas en el diagrama del sistema de lubricación.

K101: El interruptor k101 es accionado durante el funcionamiento normal por la presión de la bomba de aceite principal. Una reducción de la presión produce la desactivación del k101, dando automáticamente la alarma baja presión aceite de lubricación.

K102: Como el k101, el interruptor k102 es accionada durante la marcha normal. En caso de presión decreciente del aceite, hasta un nivel más bajo del valor graduado para el k101, se desactiva el k102 y se pone en funcionamiento la bomba de aceite de emergencia, dando entonces una señal de disparo retardada a la unidad.

K105: La bomba de aceite de emergencia se pone en marcha de prueba automáticamente cuando las válvulas solenoides de disparo del sistema hidráulico están nuevamente graduadas en la posición de funcionamiento. Al ponerse así en marcha la bomba se acciona el interruptor k105, que la para automáticamente. Entonces se da la alarma por contactos en los interruptores si la presión de la bomba de emergencia es retardada. Por otra parte, si la bomba de aceite de emergencia ha sido puesta en marcha por efecto de un disparo de la unidad, debe pararse manualmente, en ese caso se da la alarma.

## Transmisores de temperatura, presión y nivel

El sistema de lubricación tiene algunos transmisores de temperatura, presión y nivel, que envían los valores efectivos de las diferentes temperaturas, presiones y niveles del aceite.

La señal proveniente del:

32K501: Indica la temperatura del aceite antes de los cojinetes.

32K502: Indica la temperatura del aceite después de la chumacera en el extremo de baja presión.

32K503: Indica la temperatura después de la chumacera de la turbina.

32K504: Indica la temperatura del aceite después del cojinete de empuje de la turbina.

32K505: Indica la temperatura del aceite después del engranaje.

32K506: Indica la temperatura del aceite después del cojinete del generador.

32K507: Indica la temperatura del aceite después del cojinete del generador.

32k101: Indica presión baja del aceite de lubricación.

32k102: Indica presión muy baja en aceite de lubricación.

32k105: indica presión baja después de la bomba de emergencia

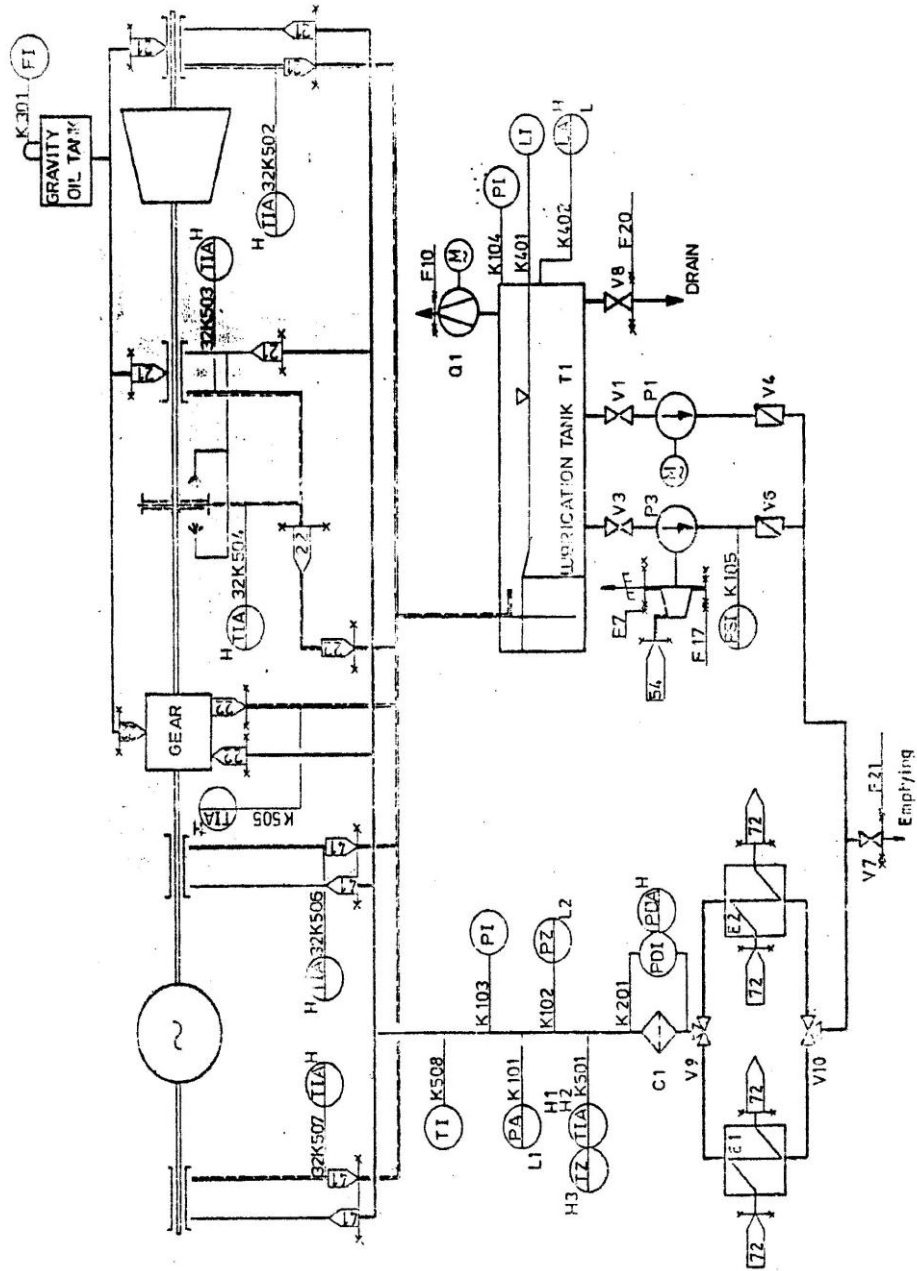
32k201: Indica alta presión diferencial en la base del filtro de aceite.

32k402.1: Indica bajo nivel en el tanque de aceite de lubricación

32k402.2: Indica alto nivel en el tanque de aceite de lubricación.

32k106: Indica la presión del aceite de lubricación.

Figura 25 Sistema de lubricación



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL



## 2.6 Sistema hidráulico

### Función del sistema

La manera más fácil de describir la función del sistema hidráulico, es por medio de la figura 19 (sistema de toma de vapor). El sistema hidráulico tiene la función de hacer funcionar los servomotores de la válvula de cierre de emergencia (V1) y la válvula de regulación (V2). El diagrama del sistema hidráulico se encuentra en la figura 32. En su parte superior se ven los dos servomotores. Al servomotor de la válvula de regulación le llega aceite hidráulico por el convertidor E/H V31, conforme a señales eléctricas emitidas por el controlador de la turbina.

La válvula solenoide V32 es una válvula de purga para cierre instantáneo de la válvula de regulación en caso de rechazo de carga repentino. El servomotor de la válvula de cierre de emergencia está controlado por la válvula solenoide V51, conforme señales eléctricas emitidas por el microordenador. La válvula de disparo de sobrevelocidad V55 está instalada en el extremo de escape del rotor de la turbina. Unidad de suministro de aceite para mecanismos hidráulicos

El diagrama del sistema hidráulico está dividido en dos partes por una línea de rayas y puntos. La parte inferior del diagrama comprende la unidad de suministro de aceite para mecanismos hidráulicos, que incluye un depósito de aceite, una bomba, una unidad de filtro de derivación, un acumulador hidráulico y algunas válvulas solenoides. En la figura 26, “Bomba de carrera regulable”, se aprecia el principio de la bomba hidráulica de aceite. Es una bomba de carrera regulable, en la cual los pistones se desplazan en vaivén por acción de un plato oscilante inclinado que gira.

El compensador de presión está conectado al lado de descarga, y según la presión de descarga, permite que la culata esté más o menos inclinada. El control de carrera permite que se mantenga la potencia de propulsión a un nivel mínimo, evitando el calentamiento innecesario del aceite y, por lo tanto, reduciendo la necesidad de enfriamiento al punto en que se obtiene suficiente enfriamiento por convección de los tubos conductores de aceite y del depósito de aceite para mecanismos hidráulicos.

La unidad de filtro de derivación, que se ve en la figura veintisiete, “unidad de filtro de derivación”, se compone de una bomba de desplazamiento positivo, accionada por un motor de CA, y un filtro. El aceite entra por la lumbrera inferior del lado izquierdo, pasa por la bomba y luego por el filtro, para salir luego por la tubería inferior. El indicador de flujo giratorio está montado encima del filtro. Debajo de la bomba se ve una válvula de alivio de presión.

El conjunto garantiza la filtración durante la marcha, también se emplea cuando se llena el depósito, mientras se llevan a cabo reparaciones o revisiones generales. La capacidad de la bomba del filtro excede del flujo normal al depósito, de modo que si observamos el diagrama del sistema hidráulico, vemos que todo el aceite de retorno pasa por la unida de filtro. Una cantidad adicional de aceite se extrae continuamente del depósito y se pasa por el filtro antes de ser enviada de regreso al depósito.

El acumulador hidráulico aumenta la capacidad de flujo de aceite a los servomotores durante los breves lapsos de alto índice de flujo que se dan por los movimientos rápidos de las válvulas. La unidad de suministro de aceite para mecanismos hidráulicos también comprende cinco válvulas solenoides: dos de disparo (V11, V12), una de reposición de disparo (V13), una válvula de disparo



de la válvula de regulación (V21) y una válvula de pruebas para la bomba de aceite de emergencia (V16).

Las dos válvulas solenoides de disparo, V11 y V12, están conectadas al aceite de disparo, que es un circuito de lubricante que va de la lámina perforado V5 al servomotor de la válvula de cierre de emergencia. El aceite de disparo tiene la función de parar la turbina si ocurre un daño técnico grave. El disparo a través de las válvulas solenoides de disparo, se produce siempre que hay una falla eléctrica, o baja presión del aceite lubricante, sobrevelocidad o excesiva vibración. Gracias a las dos válvulas solenoides de disparo, la fiabilidad es aún mayor.

Cada una de ellas tiene dos solenoides y dos posiciones correspondientes: disparo y reposición. En reposición, que está indicada en el plano, las válvulas de disparo cierran el circuito de aceite de disparo de la línea de extracción, como está indicado por el símbolo correspondiente. Cualquiera de las señales de disparo mencionadas hace pasar las válvulas a la posición de disparo. Por lo tanto, la presión del aceite de disparo se pierde, ya que el aceite es extraído en cantidad mayor que la aportada por el orificio V5. Al eliminarse la presión del aceite, el servomotor de la válvula de cierre de emergencia produce un cierre instantáneo que describiremos más adelante.

Cuando el generador de la turbina está apagado, las válvulas solenoides de disparo están siempre en posición de disparo. Esto significa que durante la puesta en marcha de las instalaciones, el microordenador siempre debe graduar las válvulas solenoides de disparo en reposición antes de dar la orden de apertura a la válvula de cierre de emergencia. La válvula solenoide de reposición del disparo V13 es una válvula solenoide de acción simple con retorno de resorte. Se usa para reponer la válvula de disparo del control

mecánico de sobrevelocidad, si ella ha sido accionada por una emergencia o si se ha sometido a inspección de funcionamiento. La reposición está simbolizada por dos flechas cruzadas que se mueven hacia la derecha.

Esto significa que la presión del aceite de la bomba se incrementa en el extremo donde se encuentra el símbolo de disparo por sobrevelocidad. Al mismo tiempo se extrae el aceite de disparo, lo cual es necesario para reponer el disparo por sobrevelocidad. Cuando el obrero ya ha tomado las precauciones necesarias para reponer el disparo, el aceite proveniente de la válvula solenoide de reposición del disparo que entra por la lumbrera de la izquierda, empujará el émbolo del control mecánico de sobrevelocidad, haciéndolo regresar a su posición de funcionamiento, de modo que el brazo de disparo pueda detener el émbolo. Volviendo al diagrama del sistema hidráulico, podemos estudiar la función de la válvula de disparo de la válvula de regulación V21.

También es una válvula solenoide de acción simple con retorno de resorte, y tiene función de relé. Si la presión del aceite de disparo se elimina, esta válvula solenoide se desplaza hacia la derecha, extrayendo así el aceite del servomotor de la válvula de regulación y cerrándola de esa manera. Por consiguiente, ambas válvulas de mariposa – la de emergencia y la de regulación – son cerradas por una caída de presión del aceite de disparo. Ya que la eliminación de la presión del aceite de disparo permite que se abra la válvula de toma de vapor V25. La bomba puede probarse manualmente llevando la presión del aceite a la válvula V25 por la válvula solenoide V16.

#### Servomotor de válvula de cierre de emergencia

El servomotor de la válvula de cierre de emergencia se cierra por acción de un resorte y se abre por la presión del aceite. La figura 33 muestra el diseño del

servomotor. La válvula solenoide en funcionamiento está montada sobre el servomotor y aparece en la vista del lado izquierdo del plano, lo mismo que en el corte longitudinal. Cuando las válvulas solenoides de disparo se han vuelto a graduar en posición de funcionamiento, se incrementa gradualmente la presión del aceite de disparo. El aceite de disparo está conectado con el extremo de presión del servo-pistón y la válvula solenoide en funcionamiento.

Esta válvula tiene dos posiciones que podemos llamar de cierre y de apertura. Mientras se encuentra en la posición de cierre, el aceite de disparo conectado con el extremo de presión del servo-pistón se extrae y se lleva de regreso al depósito por una válvula de vaciado en el pistón, y el servomecanismo permanece cerrado. Cuando la válvula solenoide está graduada en la posición de apertura, el suministro de aceite se transfiere a otro cauce, que aporta aceite a la válvula de vaciado en el pistón a través del servo-vástago hueco. Entonces se cierra la válvula de vaciado, mientras que por acción de la presión del aceite se abren el servomecanismo y la válvula de cierre de emergencia.

La presión del aceite es más o menos la misma de ambos lados de la válvula de vaciado. Sin embargo, la superficie de la válvula de vaciado donde está conectado el aceite de disparo es ligeramente mayor que la superficie hacia el lado de presión del servo-pistón. Por esta razón se produce una fuerza de cierre sobre la válvula de vaciado. Si cualquiera de los dispositivos de disparo causa una caída de presión en el circuito de aceite de disparo, se reduce la fuerza de cierre sobre la válvula de vaciado. Esta se abre, el aceite debajo del servo-pistón es extraído y la válvula de cierre de emergencia se cierra instantáneamente. Se recomienda que la movilidad de la válvula de cierre de emergencia se revise regularmente por una prueba de carrera, por ejemplo diariamente.

El microordenador gradúa entonces la válvula solenoide en funcionamiento en posición de cierre. Así se extrae un poco de aceite del servomecanismo y se provoca un movimiento de cierre de la válvula de cierre de emergencia, para verificar que ésta no se encuentra obstruida. Antes que la carrera de la válvula haya llegado demasiado lejos, es decir, antes que la válvula de cierre de emergencia empiece a estrangular el flujo de vapor, la válvula solenoide en funcionamiento se hace regresar a la posición de apertura por acción de un interruptor limitador. Luego la válvula de cierre de emergencia pasa automáticamente a la posición de apertura total.

#### Servomotor de válvula de regulación

El servomotor de la válvula de regulación es, básicamente, de diseño semejante al de la válvula de cierre de emergencia (véase la figura treinta y cuatro). La diferencia principal entre esos dos servomotores consiste en que la presión del aceite en el de la válvula de regulación está controlada por una servoválvula electrohidráulica (V31). El servomotor, además, está adaptado a un transmisor de carrera de válvula (GIC 10), que da una señal de voltaje análogo al controlador de la turbina.

#### Control normal

La bobina de doble efecto de la servoválvula (V31) está conectada al controlador de la turbina. La figura veintiocho, “Esquema de la servoválvula electrohidráulica”, ilustra mejor el diseño. La servoválvula se compone de una válvula de charnela doble accionada eléctricamente y una válvula de carrete con realimentación mecánica a la válvula de charnela. Este dispositivo tiene dos bobinas conectadas en serie.

La figura 29, “Funcionamiento de la servoválvula”, comprende dos fases. Supongamos que las bobinas son alimentadas con una corriente positiva. La función que se obtiene se puede describir de la siguiente forma:

- La corriente eléctrica en las bobinas del motor de torsión crea fuerzas magnéticas en los extremos del inducido;
- El inducido y el conjunto de charnelas gira alrededor del soporte del tubo de flexión;
- Una charnela cierra una tobera y desvía el flujo a ese extremo del carrete;
- El carrete se desplaza y abre el  $P_s$  para controlar la lumbrera C1, que está conectada al servomotor (la lumbrera C2 no se utiliza);
- El carrete empuja el extremo esférico del resorte de realimentación; produciendo una torsión de reposición sobre el inducido/la charnela,
- A medida que la torsión de realimentación se va aproximando a la torsión producida por fuerzas magnéticas, el inducido/la charnela vuelve a la posición centrada;
- Por consiguiente, la posición del carrete es proporcional a la corriente de entrada,
- A presiones constantes, el flujo al servomotor es proporcional a la posición del carrete.

Véase la figura 30: “Control de la válvula de regulación”. El flujo de aceite a través de la servoválvula, se muestra en esta figura, hace que el servomotor se mueva en dirección de apertura. La carrera, medida por el transmisor de carrera de válvula, se transmite continuamente de regreso al controlador de posición de servomecanismos, que forma parte del controlador de la turbina. Cuando la carrera del servomotor coincide con la deseada, tal como está

registrada en el controlador de la turbina, la salida del controlador a la servoválvula llega a cero, y se detiene el movimiento del servomotor.

## Rechazo de carga

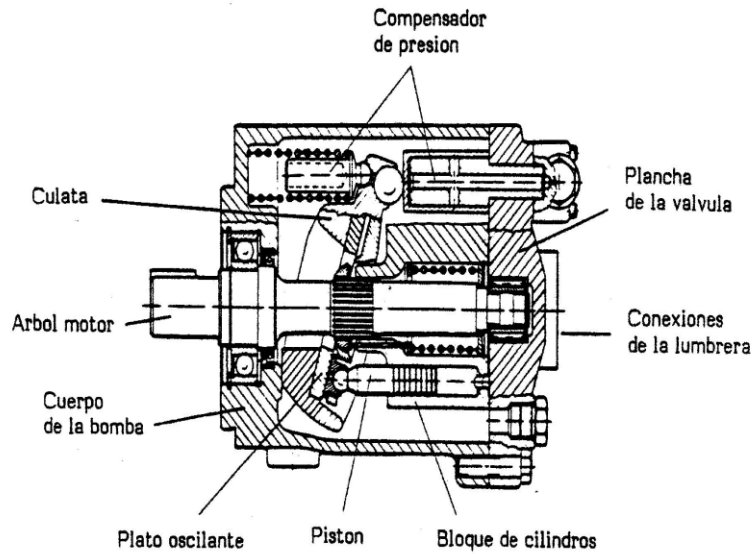
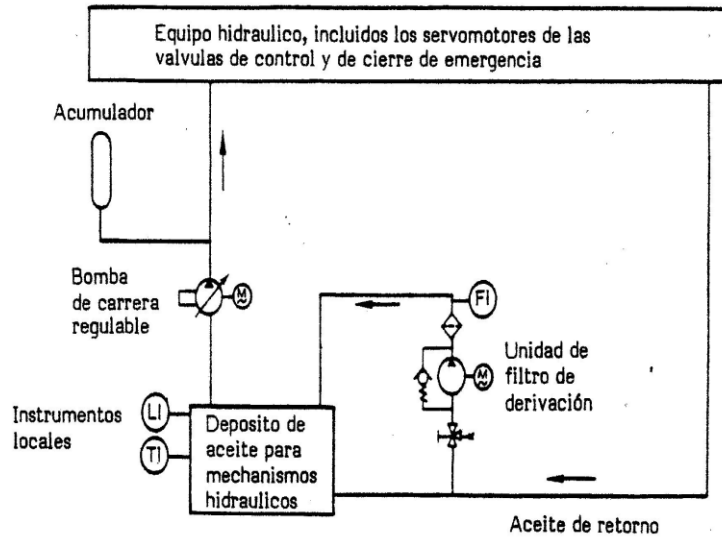
El último aspecto del diagrama del sistema hidráulico que vamos a estudiar es el rechazo de carga. Hay un equipo especial encargado de cerrar la válvula de regulación en caso de rechazo de carga total o disminución considerable y rápida de la carga. Este equipo comprende una válvula de purga rápida accionada por solenoides (V32) y una válvula de vaciado incorporada al servopistón. Véase la figura 31: “Función de la válvula de purga rápida”. La válvula de vaciado del servopistón consiste en un anillo que se puede mover con facilidad. En el servovástago hay un canal de aceite que conecta el lado izquierdo de la válvula de vaciado con la válvula de purga rápida. La válvula de purga rápida es accionada por el controlador de la turbina. Durante el funcionamiento normal, el lado izquierdo de la válvula de vaciado recibe aceite a alta presión que viene de la bomba y pasa por la válvula de purga rápida y el canal del vástago. La presión del aceite mantiene la válvula de vaciado hacia la derecha, en la dirección de cierre.

En caso de que se dé, por ejemplo, un rechazo de carga, el controlador de la turbina envía una pulsación corta a la válvula de purga rápida, que pasa entonces a la posición de purga. Debido a la pérdida de presión del aceite, la válvula de vaciado incorporada al pistón se desplaza y los orificios de purga se abren. Como la superficie de purga es muy grande, el servomecanismo efectúa el cierre con suficiente rapidez para impedir una sobrevelocidad.

Al terminar la pulsación del controlador de la turbina, la fuerza del resorte devolverá la válvula de purga rápida a su posición inactivada. De ese modo se

vuelve a aumentar paulatinamente la presión del aceite sobre la válvula de vaciado en la dirección de cierre. Por consiguiente, conforme al diagrama del sistema hidráulico, el controlador de la turbina puede reiniciar su control interrumpido de la carrera de la válvula por medio de la servoválvula. La válvula de regulación se abre entonces por acción de la servoválvula de manera que dé el flujo de vapor correcto según la nueva carga, una vez pasado el rechazo de carga.

**Figura 26 Bomba de carrera regulable**



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL



Figura 27 Unidad de filtro de derivación

**ASEA STAL**

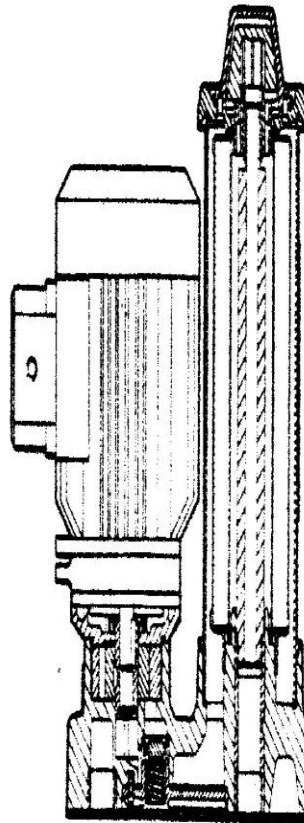
PFMI/UEr

DESCRIPCION GENERAL

Sistema hidráulico

1985-09. B 2340

Sección 7



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 28 Esquema de la servoválvula electrohidráulica

**ASEA STAL**

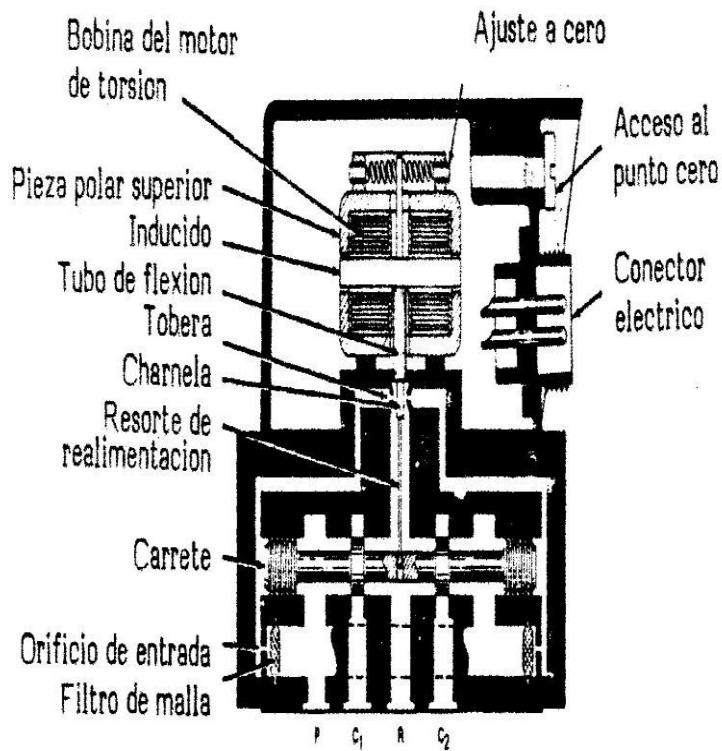
PFMI/UEr

DESCRIPCION GENERAL

Sistema hidráulico

1985-09. B 2340

Sección 7



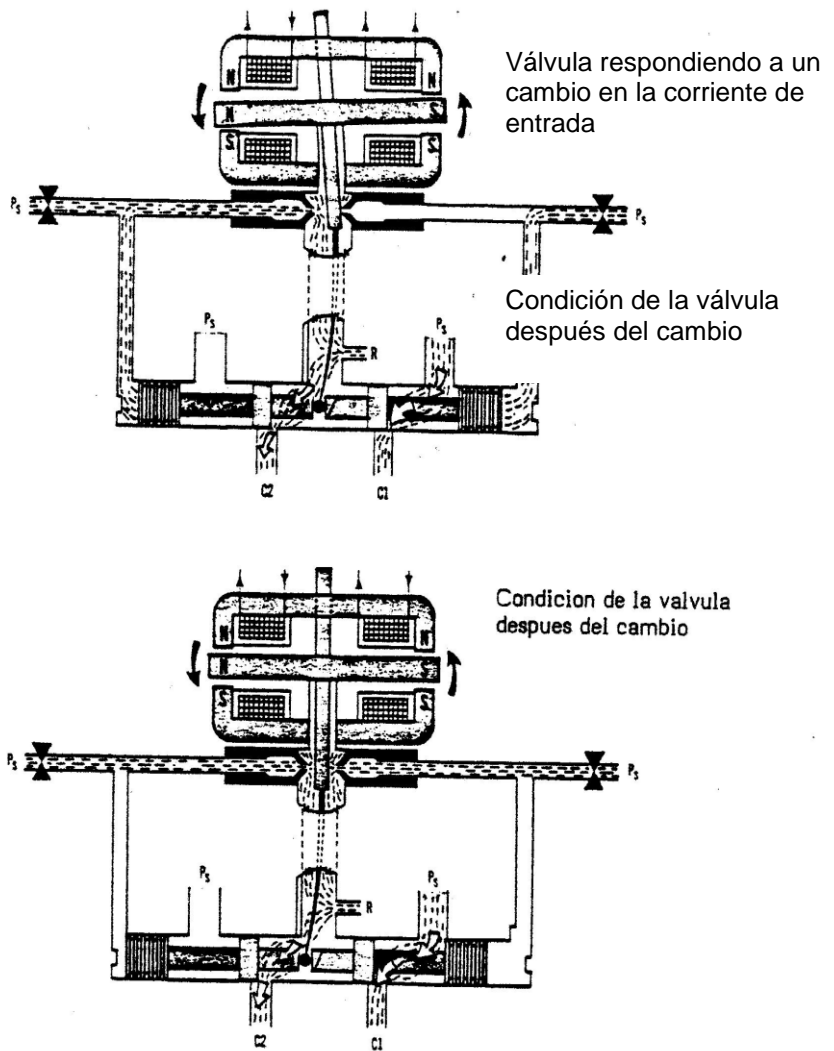
Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 29 Funcionamiento de la servoválvula

**ASEA STAL**  
PFMI/UEr

DESCRIPCION GENERAL  
Sistema hidráulico

1985-09 B 2340  
Sección 7



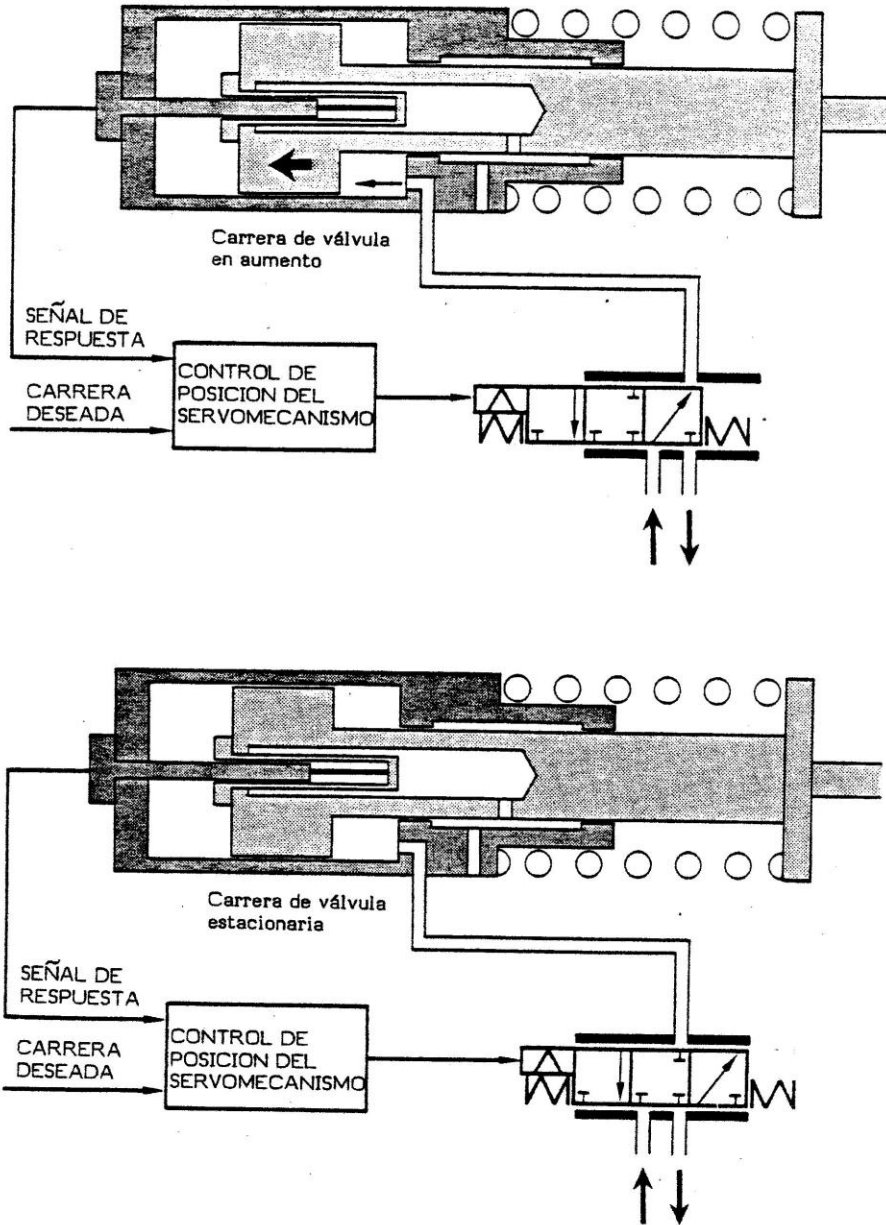
Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 30 Control de la válvula de regulación

ASEA STAL  
PFMI/UEr

DESCRIPCION GENERAL  
Sistema hidráulico

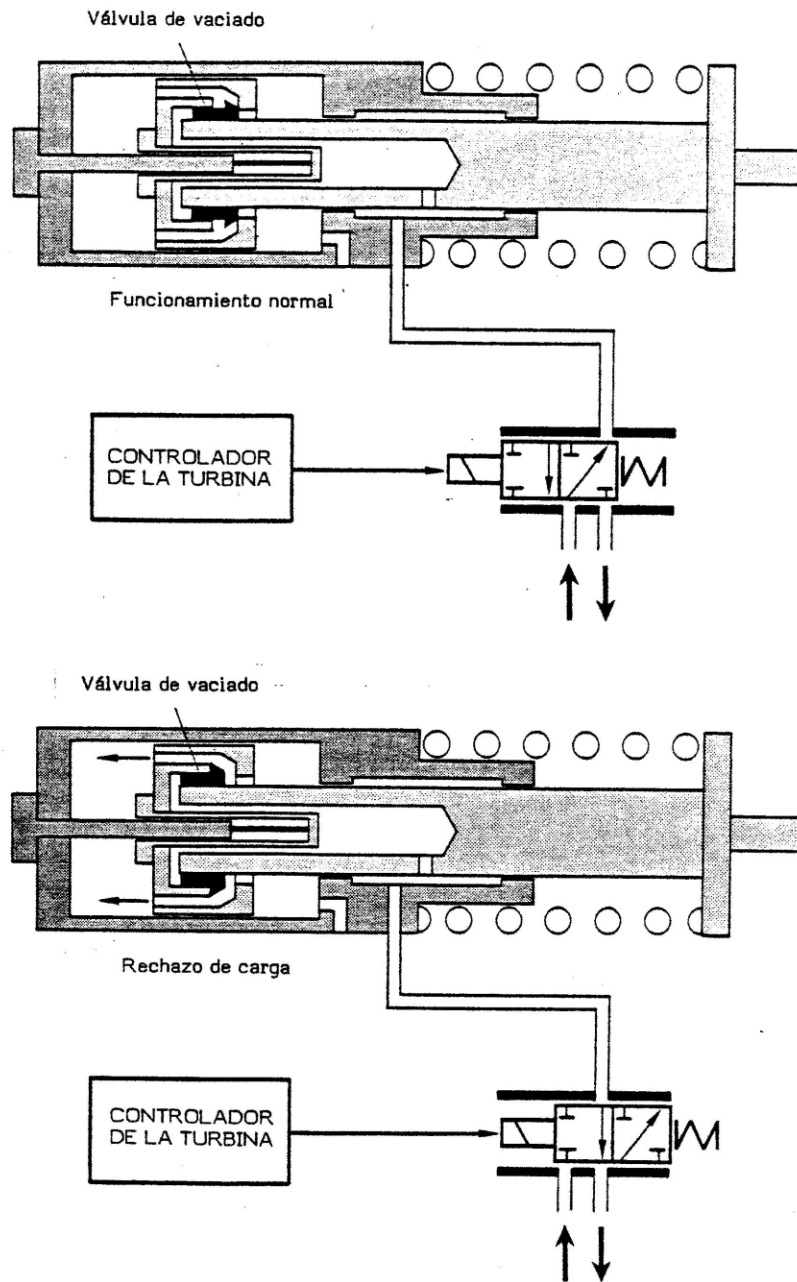
1985-09 B 2340  
Sección 7



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

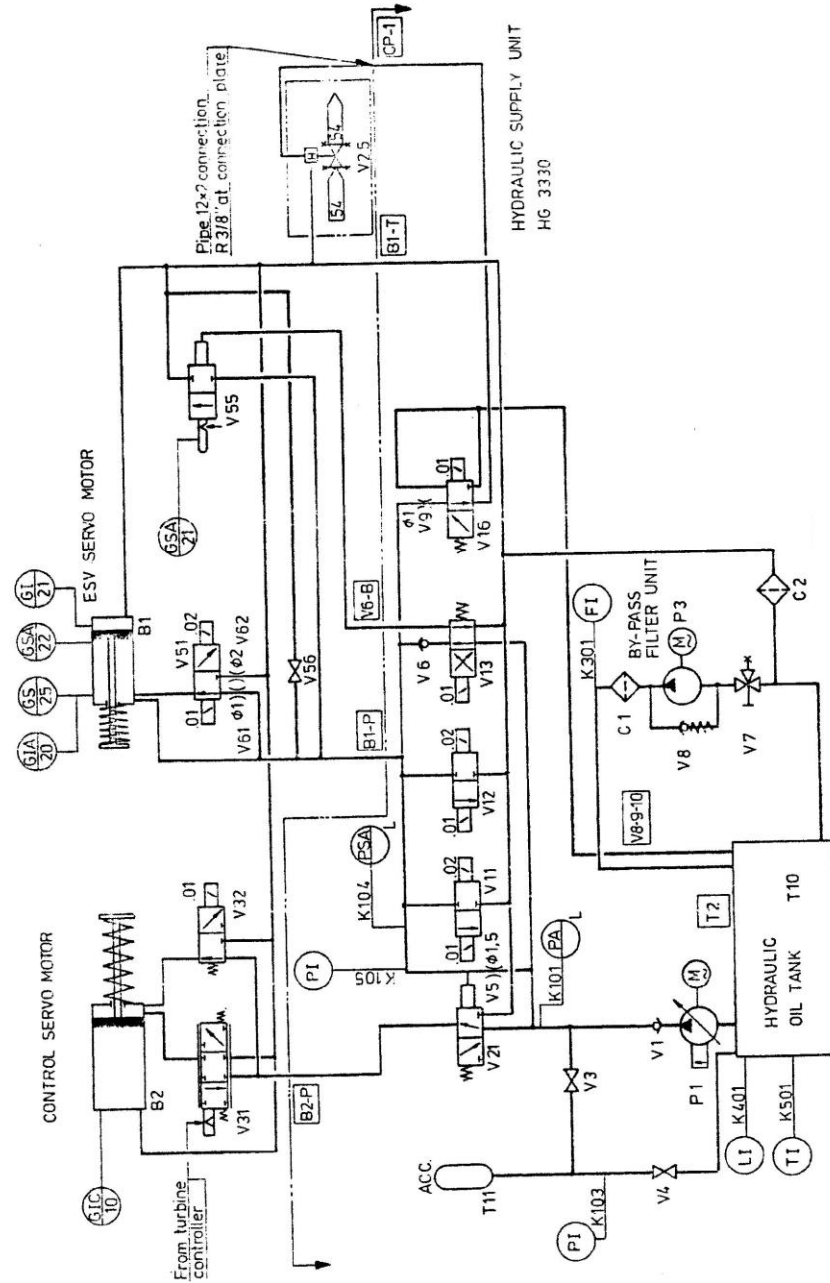
Figura 31 Función de la válvula de purga rápida

**ASEA STAL** DESCRIPCION GENERAL 1985-09 B 2340  
PFMI/UEr Sistema hidráulico Sección 7



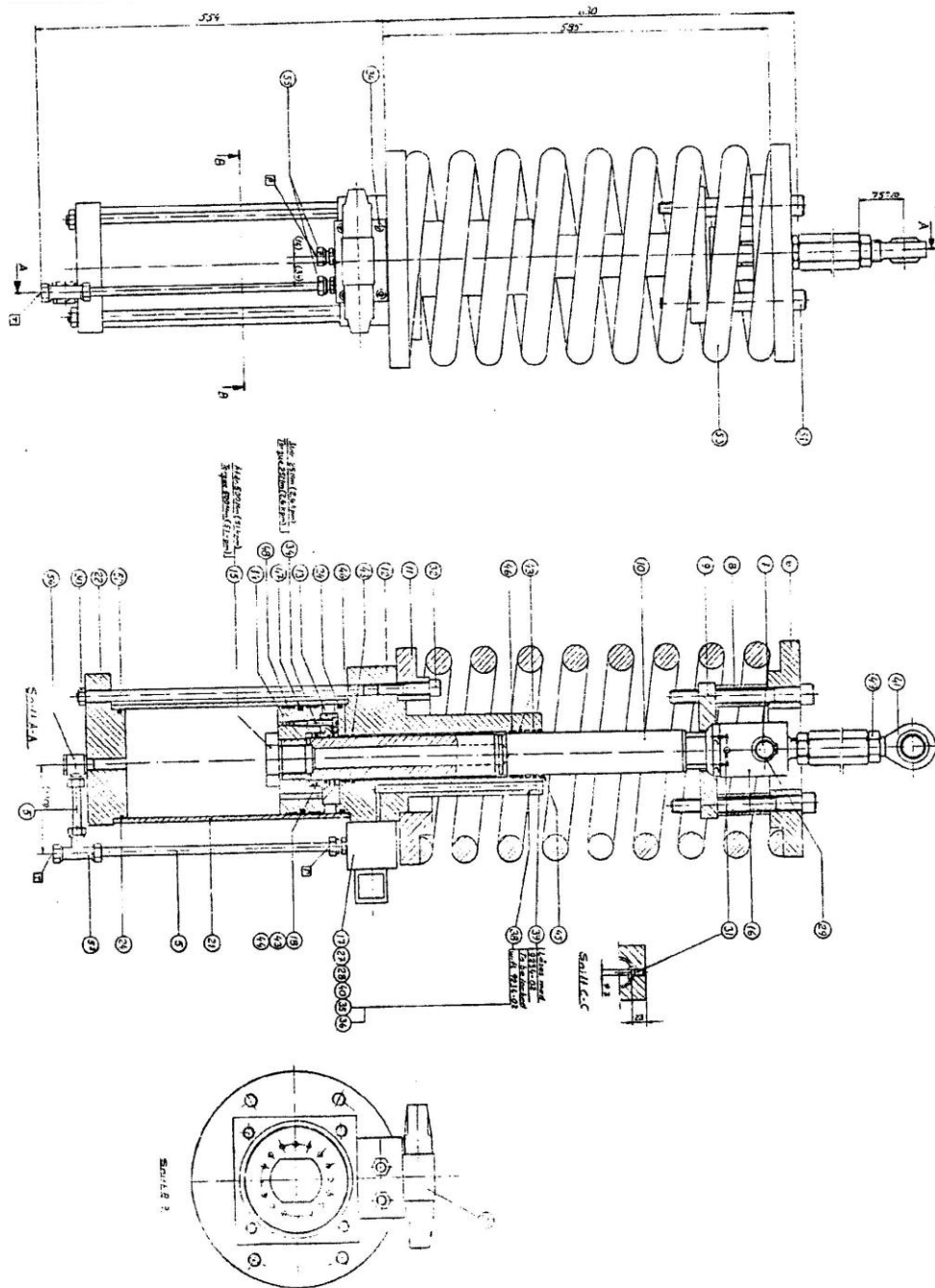
Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 32 Sistema hidráulico



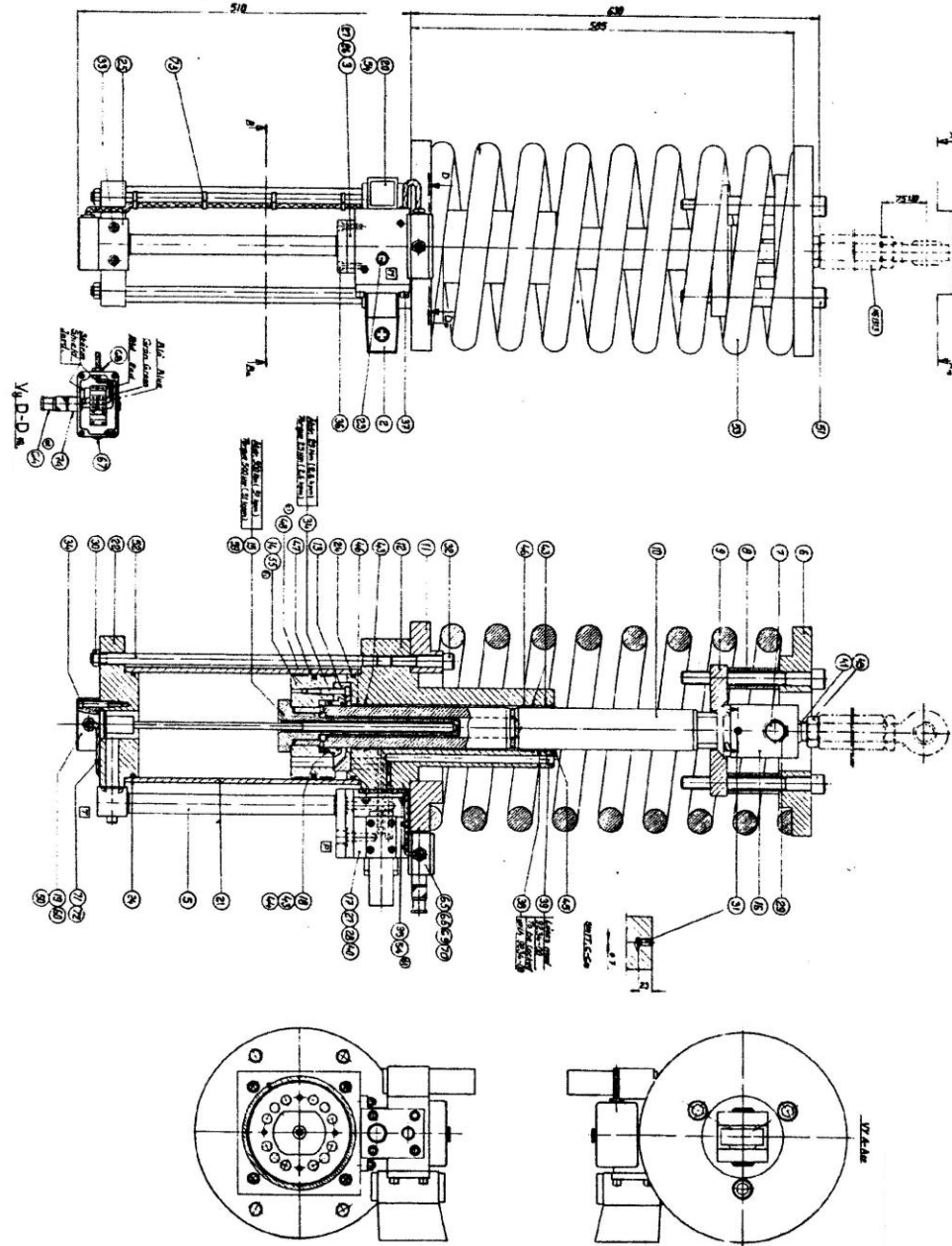
Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 33 Servomotor de la válvula de cierre de emergencia



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 34 Servomotor de la válvula de control



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL



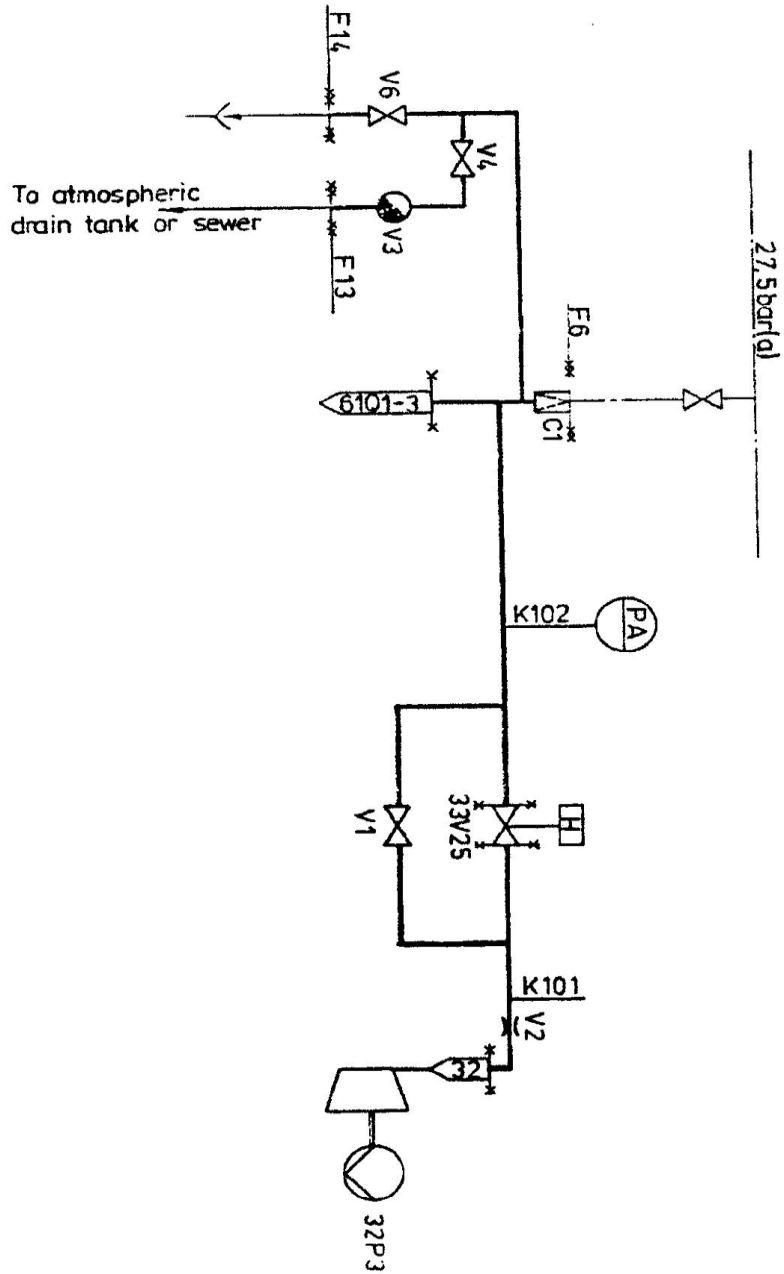
## 2.7 Sistema auxiliar de vapor

La función del sistema auxiliar de vapor es conducir vapor a 27.5 bares, procedente de la cámara central a:

- El eyector de fraccionamiento del sistema de condensación y evacuación.
- los eyectores de retención.

Véase la figura 35. Nótese el tamiz de vapor C1 y el tubo de descarga, conectado al colector de condensado automático V3. La válvula V1 es una válvula manual para manejo de emergencia de la bomba de aceite (32P3), en caso de que la válvula automática 33V25 esté descompuesta.

Figura 35 Sistema auxiliar de vapor



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

## 2.8 Sistema de condensación y evacuación

La función del sistema de condensación y evacuación es:

- Recibir y condensar el vapor de escape de la turbina.
- Recibir y condensar el vapor de salida de la turbina.
- Crear y mantener un vacío suficiente en el condensador principal.
- Recibir drenaje del sistema de vapor del casquillo y
- Recibir drenaje del sistema de vapor condensado.

Véase el diagrama del sistema en la figura 36.

### Condensador E1

El vapor de escape de la turbina se condensa en el condensador principal E1. El nivel de condensado es regulado por el control de nivel K404 y las válvulas 62V7 y V8 en el sistema de vapor condensado, el cual se detalla en la sección 2.9. El condensador está provisto de un disco de ruptura V2, como protección contra presiones excesivas. Varias purgas se recogen en el depósito de purga T1, conectado al condensador. Las cámaras de agua del condensador pueden purgarse por las válvulas V12, 13 y 14. Las válvulas V9, 10 y 11 se usan para evacuar el lado del tubo del condensador.

### Eyectores de retención Q2 y Q3

Durante el funcionamiento se evacúa aire y otros gases no condensables del condensador, pasando por los dos eyectores de retención conectados en serie.

### Eyector de fraccionamiento Q1

El eyector de fraccionamiento se emplea junto con los eyectores de retención antes de poner en marcha la turbina, a fin de acortar el tiempo requerido para evacuar el condensador principal. La válvula neumática V3 en el tubo de succión se cierra automáticamente cuando hay suficiente vacío, y la válvula V4 para vapor de funcionamiento puede cerrarse.

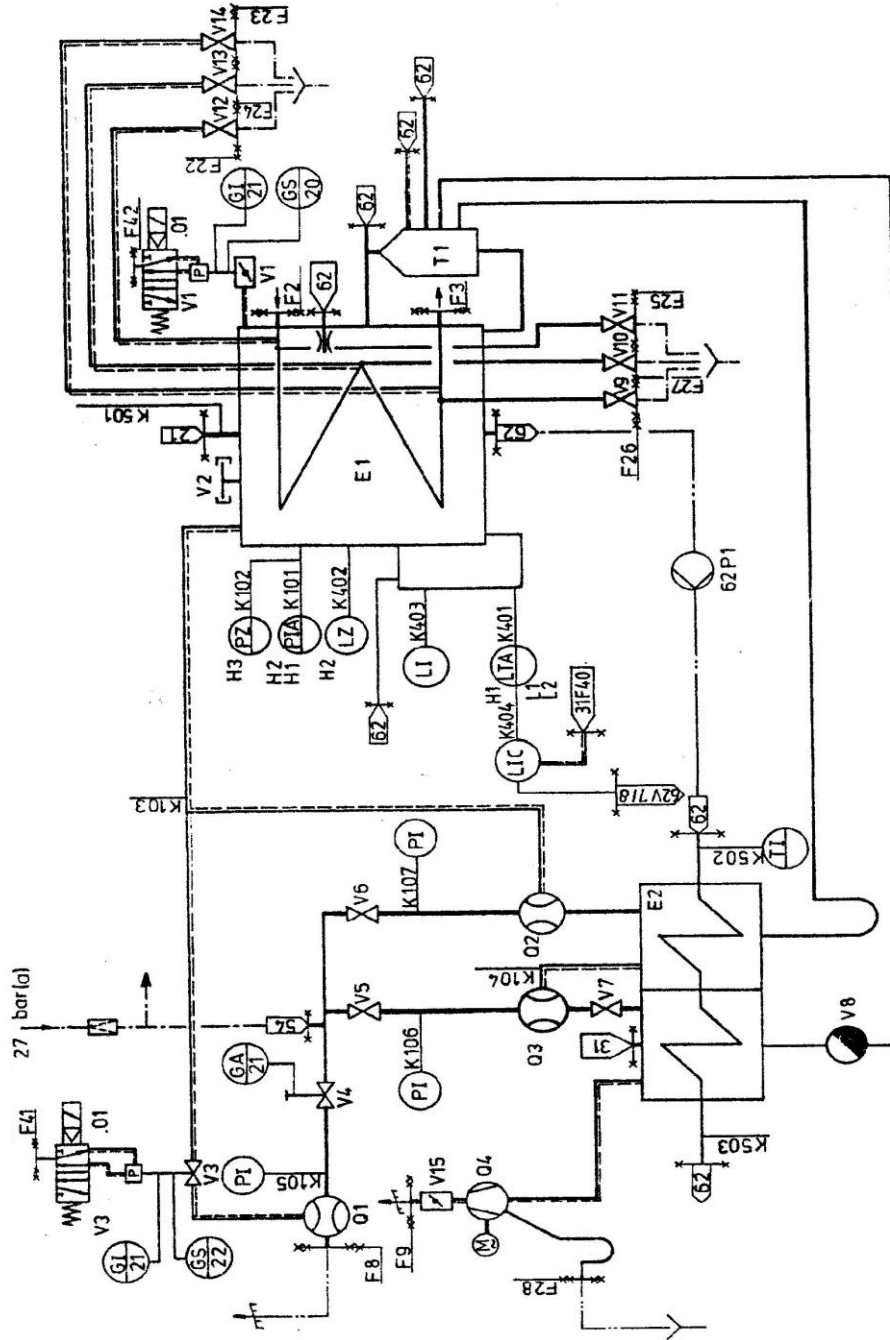
### Recirculación del condensado

El nivel en el condensador principal 61E1 es controlado por el controlador de nivel 61K404 del sistema de condensación y evacuación y las válvulas neumáticas 62V7 y V8. A flujo normal del condensado, el nivel del condensador es controlado por la válvula V7 y entonces permanece cerrada la válvula V8. A bajo flujo del condensado, parte de él se hace recircular, pasando por la válvula V8, de regreso al condensador principal, a fin de mantener un enfriamiento suficiente del eyector y del condensador de vapor de casquillo.

### Válvula de seguridad V6

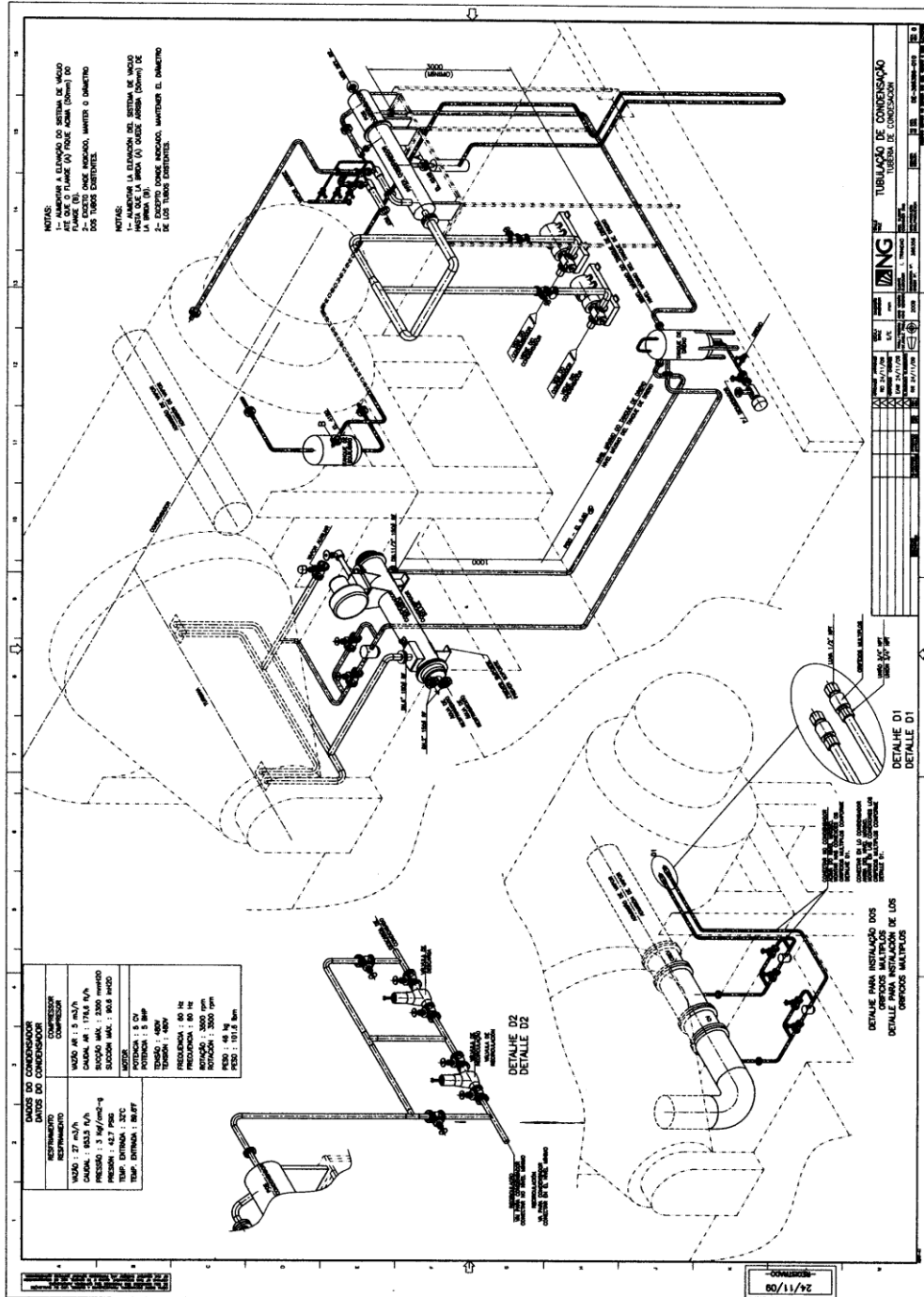
Hay una válvula de seguridad destinada a proteger el sistema contra presiones demasiado altas.

Figura 36 Sistema de condensación y evacuación



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

Figura 37 Tubería de condensación

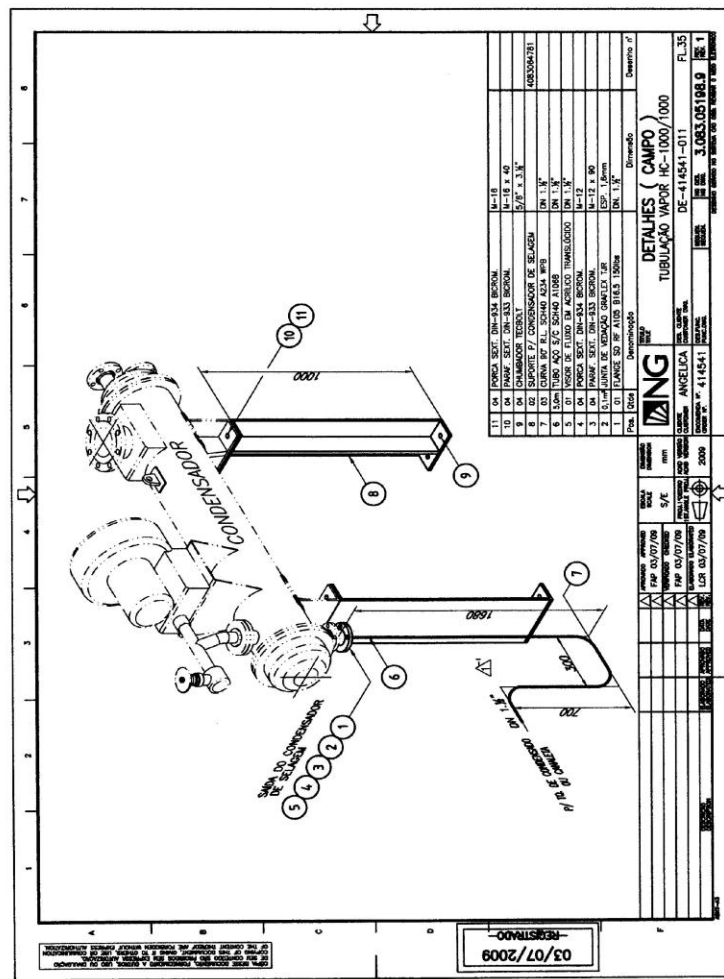


Fuente: NG Metalúrgica Ltda.

### 2.8.1 Condensador de sellos de chumaceras

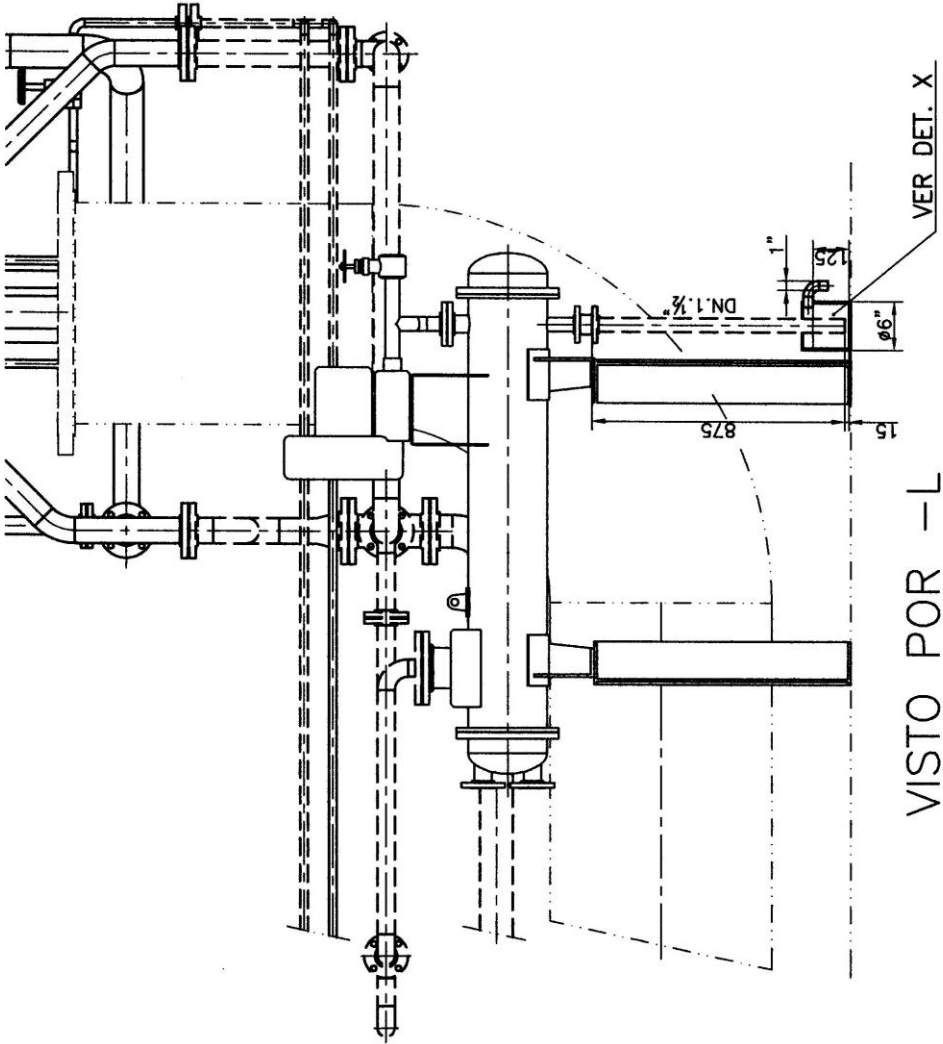
Este utiliza el vapor de sello, el cual sirve para crear sello en el eje y evitar fugas al exterior de la turbina, el vapor de sello ingresa al condensador y por medio de un inter-enfriador se condensa y el agua es enviada al tanque de la caldera (el agua no debe tener dureza para poder utilizarla en la caldera), el condensador cuenta con un ventilador el cual produce vacio. Ver detalle condensador *selagen* y vista lateral.

Figura 38 Detalle condensador *Selagem*



Fuente: NG Metalúrgica Ltda.

Figura 39 Vista lateral condensador *Selagem*



Fuente: NG Metalúrgica Ltda.



## 2.9 Sistema de condensado

La función del sistema de condensado consiste en:

- Llevar el condensado del condensador principal 61E1 al límite de descarga para condensado *ASEA STAL*.
- Hacer recircular condensado a baja carga hasta el condensador principal.
- Recoger drenaje del sistema de toma de vapor y del sistema de vapor del casquillo, y devolverlo al proceso.

Véase el diagrama del sistema de condensado figura 40.

### Bomba de vapor condensado P1

La bomba de condensado P1, accionada por un motor de CA, bombea el condensado del principal al condensador eyector. Un tamiz de vapor condensado (C1) está instalado a contracorriente de la bomba. Después de la bomba, hay una válvula de retención V4, pero tanto antes y después de la bomba se han instalado válvulas aisladoras.

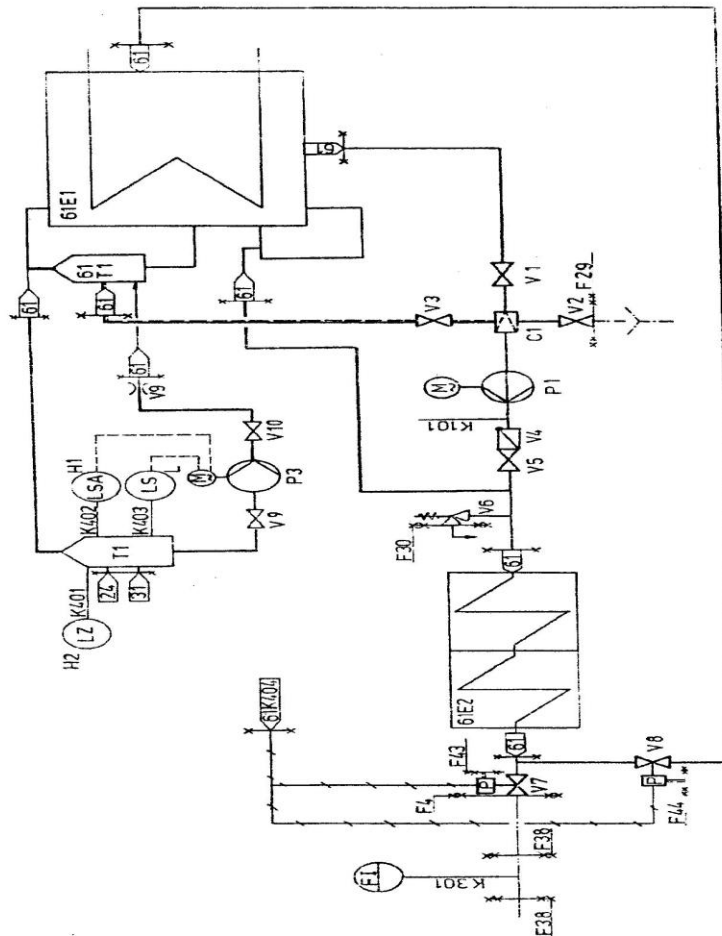
### Depósito de purga T1

El drenaje del sistema de toma de vapor y del sistema de vapor del casquillo no puede conducirse directamente al condensador principal, ya que éste está instalado a nivel más alto. Por tal razón, esos drenajes se recogen en un depósito de purga T1, instalado a menor altura que la turbina.

## Bomba de purga P3

La bomba de purga P3, accionada por un motor de CA, envía el condensado recogido en el depósito de purga T1 al condensador principal. La bomba se pone en marcha y para automáticamente. Antes y después de la bomba se han instalado válvulas aisladoras (V9, V10).

**Figura 40 Sistema de condensado**



Fuente: Libro de instrucciones ASEA STAL

### **3 INSTRUCCIONES DE MANEJO**

#### **3.1 Preparación para el arranque normal**

##### **3.1.1 Tubos de admisión de vapor**

Evacuar y calentar el tubo de admisión de vapor a contracorriente de la válvula de cierre de emergencia 24V1 ASEA STAL.

Evacuar y calentar el tubo de admisión de vapor al Sistema de vapor en los casquillos, manteniendo cerrada la válvula aislante a contracorriente de la válvula reductora de vapor 31V1.

Evacuar y calentar el tubo de admisión de vapor al Sistema auxiliar de vapor.

##### **3.1.2 Energía eléctrica**

Verificar que haya suministro de corriente eléctrica.

##### **3.1.3 Sistema de lubricación**

Extraer un poco de aceite del fondo del depósito principal de aceite y verificar que no contenga agua. Verificar el nivel de aceite.

##### **3.1.4 Sistema del generador**

Examinar la resistencia de aislamiento del bobinado del estator.

##### **3.1.5 Sistema de vapor condensado**

➤ Abrir las válvulas del controlador de nivel del condensador principal 62V23/62V24.

- Llenar el condensador principal con agua limpia hasta nivel de 35%.
- Habilitar la recirculación manual – cerrar las válvulas manuales 62V11/62V13/62V14/62V15/62V16 – abrir la válvula manual 62V12.
- Abrir las válvulas de succión y descarga de las bombas de condensados: 62V1 / 62V2 / 62V9 / 62V10.
- Arrancar la bomba de condensados 62P1 durante 5 minutos.
- Parar la bomba de condensados 62P1.
- Arrancar la bomba de condensados 62P2 durante 5 minutos.
- Parar la bomba de condensados 62P2.
- Abrir las válvulas de drenaje de las líneas de succión de bombas de condensado 62V3 / 62V4 para hacer drenar totalmente el condensado.
- Desarmar filtros 62FY1 / 62FY2 para limpieza y rearmar.
- Cerrar drenaje y válvula de recirculación manual: 62V3 / 62V4 / 62V12.
- Abrir válvulas manuales del sistema de recirculación y descarga: 62V13/62V14 / 62V15 / 62V16 – cerrar válvula 62V12 (esta listo para trabajar en automático).

#### Sistema de vacío

- Verificar presión de 400 PSI de vapor motriz de los eyectores.
- Cerrar válvula de succión eyector primario y eyector de arranque: 62V20 / 62V21.
- Abrir válvula de salida del eyector secundario 62V22.
- Abrir drenaje de succión de bombas de condensados 62V3 / 62V4.
- Abrir las válvulas de vapor motriz de los tres eyectores 62V17 / 62V18 / 62V19 y mantenerlas abiertas por 10 minutos.
- Cerrar las válvulas de vapor motriz de los tres eyectores 62V17/62V18/62V19.
- Cerrar drenaje de la línea de succión: 62V3 / 62V4.

### **3.1.6 Sistema auxiliar de agua de refrigeración**

- Verificar que estén abiertas las válvulas aislantes de agua de refrigeración hacia uno de los enfriadores de aceite. El otro enfriador de aceite se encuentra normalmente de reserva.
- Durante el funcionamiento, ajustar la temperatura del aceite.
- Verificar que las válvulas aislantes de agua de refrigeración estén abiertas hacia ambos enfriadores de aire del generador.
- Durante el funcionamiento, ajustar la temperatura del aire de refrigeración del generador.

### **3.1.7 Aire para instrumentos**

Verificar que haya suministro de aire para los instrumentos, y que las válvulas aislantes (donde las haya) estén abiertas a todas las válvulas neumáticas, al controlador de nivel del condensador y al controlador de presión del vapor en los casquillos prensaestopas.

### **3.1.8 Controlador de la turbina**

Selecciones normales:

- Verificar que no se haya seleccionado Banda muerta: La frecuencia banda muerta significa que el controlador de la turbina es insensitivo a ciertas variaciones de frecuencia positivas y negativas son fijadas por potenciómetros graduados en la parte anterior del controlador de la turbina. EL uso de bandas muertas depende de diversos factores, tales como la estabilidad de la

frecuencia de la red externa, las dimensiones de la red externa comparada con la propia generadora de la turbina, etc.

La banda muerta se puede emplear para evitar variaciones de potencia causadas por variaciones de frecuencia en la red externa. Por otra parte, si se pretende que el generador de la turbina compense las variaciones de frecuencia en una pequeña red externa, no se debe recurrir a la banda muerta. La banda muerta se selecciona normalmente cuando el generador de la turbina es sincronizado con la red externa. La banda muerta se desconecta automáticamente cuando hay alguna falla de la red externa.

- **Seleccionar caída ajustable:** Con la expresión “caída” (“droop”) se entiende la variación de frecuencia permanente, desde la carga cero hasta la potencia de salida nominal. Si, por ejemplo, el valor de caída fijado es 6%, una variación del 25% en la carga corresponde a  $6 \times 0.25 = 1.5\%$  de desviación de frecuencia. La caída es fijada por un potenciómetro en la parte anterior del controlador de la turbina. El ingeniero de ASEA encargado de la puesta en marcha, fijará una caída que sea adecuada a las necesidades de las instalaciones en cada caso, y ese valor normalmente no requiere modificación.

Un valor de caída típico es el 5%. Sin embargo, si se presenta una nueva situación en que dos o más generadores de turbina en la red interna deban ponerse a funcionar en paralelo, puede requerirse un cambio del valor de caída. Nótese que el valor de caída fijado debe ser bajo para que el generador de la turbina soporte una buena proporción de variaciones de carga. Si, al contrario, se desea que el generador sea relativamente insensible a las variaciones de carga, el valor de caída fijado debe ser alto. Antes de la sincronización con la red externa, siempre es indispensable seleccionar la caída ajustable.

- Seleccionar frecuencia/salida: El controlador se selecciona para desconectar el controlador de presión de entrada.
  
- Controlador de la presión de entrada: La función del controlador de la presión de entrada es controlar el flujo de vapor a la turbina, de modo que la presión de entrada se mantenga constante. Esto significa que la salida del generador será acorde a la producción de vapor.

Modificación de la presión de entrada:

- Situar el cursor en la casilla contigua a la del controlador de presión de entrada.
  - Pulsar selector.
  - Pulsar la tecla aumentar o disminuir, según el caso, hasta que aparezca en la línea SP (Setpoint) la presión de entrada deseada. Otra posibilidad es dar la presión deseada pulsando las teclas a la derecha y luego mandar.
- 
- La función del controlador de frecuencia/salida depende del modo de funcionamiento del generador de la turbina:
    - Si el generador está trabajando con una red interna, aislado, la función consiste en controlar la frecuencia del generador.
    - Si el generador está sincronizado con una red externa, que también determina la frecuencia de la red, la función es controlar la salida.
  
  - Seleccionar control automático: Es la opción normal. El modo automático implica funcionamiento con el regulador de voltaje, usando el voltaje de salida del generador como *feedback*. El regulador también comprende circuitos de *feedback* para estabilizar el sistema de excitación.
  
  - Selección del modo manual de manejo: Modo manual quiere decir funcionamiento con el regulador de corriente de excitación, usando la corriente

de excitación como *feedback*. El modo manual está destinado para casos de emergencia, en los que el regulador de voltaje no trabaja adecuadamente en automático. El paso de automático a manual se efectúa automáticamente cuando hay sobreexcitación y pérdida de suministro de energía en el canal de automático.

- Regulador de voltaje: Seleccionando el controlador de voltaje, se puede modificar el punto fijado (setpoint), ya sea del regulador de voltaje (Auto) o del regulador de corriente de excitación (Manual).
- Seleccionar sincronización automática.

### **3.2 Arranque**

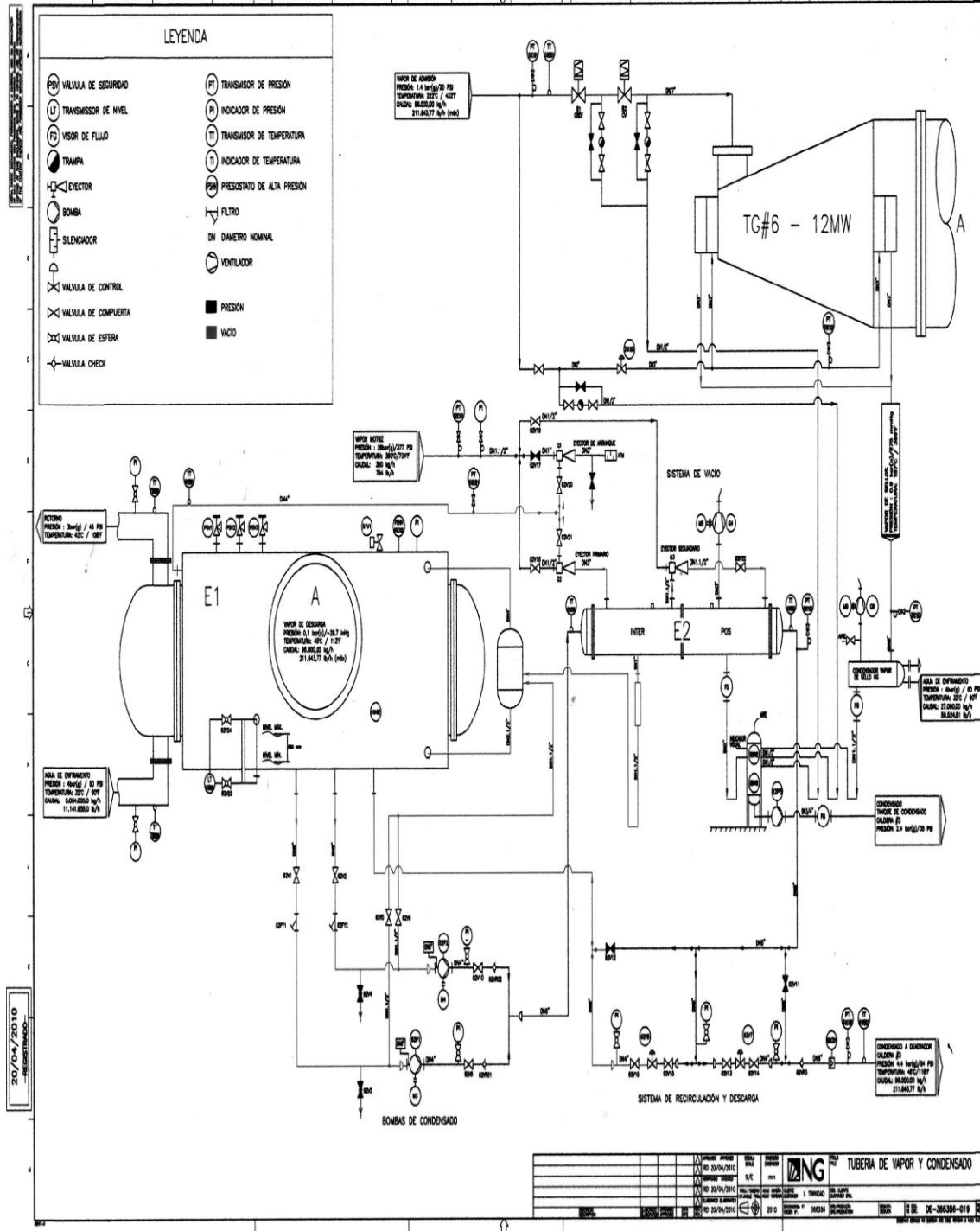
- Arrancar las bombas de aceite de lubricación (22 PSI) y unidad hidráulica (1400 PSI).
- Verificar presión de aceite de lubricación y unidad hidráulica (si es necesario limpiar filtros).
- Arrancar bombas de agua de enfriamiento del condensador principal.
- Abrir las válvulas manuales de succión y descarga de las bombas de condensados y del sistema de recirculación y descarga: 62V13 / 62V14 / 62V15 / 62V16 / 62V1 / 62V2 / 62V9 / 62V10; cerrar drenaje de succión de las bombas de condensados 62V3 / 62V4.
- Llenar el condensador principal con agua limpia hasta el nivel de 35%.
- Arrancar las bombas de condensados 62P1 / 62P2 en automático.



- Iniciar sello de turbina a través del sistema automático de la válvula 31K104, controlar la presión en 8 PSig.
- Controlar el vacío de succión en 675 mmHg a través de la válvula de entrada de aire del ventilador Q9 del condensador NG.
- Abrir la succión del eyector de arranque 62V20 y válvula de vapor motriz 62V17.
- Con la presión por debajo de 8.86 inHg en el condensador principal se puede dar inicio al arranque de la turbina.
- En la rotación de trabajo de la turbina, preparar para accionar los eyectores de trabajo Q2 (primario) y Q3 (secundario) del sistema de vacío.
- Arrancar ventilador Q4 del sistema de vacío.
- Abrir válvula de salida del eyector secundario 62V22.
- Abrir válvula de vapor motriz del eyector secundario 62V19.
- Abrir válvula de vapor motriz del eyector primario 62V18.
- Abrir válvula de succión del eyector primario 62V21.
- Cerrar válvula de succión del eyector de arranque 62V20.
- Cerrar válvula de vapor motriz del eyector de arranque 62V17.

**Nota:** En la figura 41 se encuentra la ubicación de las válvulas mencionadas anteriormente en el capítulo 3.1 y 3.2. Cumplidas las tareas mencionadas arriba, el sistema estará en operación normal.

### Figura 41 Tubería de vapor y condensado



Fuente: NG Metalúrgica Ltda.

### 3.2.1 Instrucciones de pre inicio de zafra para el arranque automático(Solo para el Ingeniero de la planta de cogeneración)

En la pantalla **Sequence Start**, seleccionar cual bomba tendrá prioridad de arranque:

- a *Lubrication Oil Pump #1 o Lubrication Oil Pump #2.*
- b **Condensate Pump #1 o Condensate Pump #2.**

Seleccionar la pantalla **Main Menu, Configuration Page, HMI Set-UP Page.**  
En esa pantalla, seleccionar:

- a **Out of Season** (fuera de zafra). Marcar esa opción solamente si está fuera del período de zafra. En zafra, dejarla desmarcada.
- b *Enable Load Rejection* para habilitar a lógica de rechazo de carga.

### INSTRUCCIONES DE ARRANQUE AUTOMÁTICO (para el operador)

Verificar si no hay disparos activos en la pantalla **Active Trips**. Si los hay, arreglarlos y limpiarlos con el botón **Alarm Reset** en el panel ó en la pantalla.

Verificar si no hay alarmas activas en la pantalla. Si las hay, reconocerlas en la pantalla **Alarms** y el botón **Ack all Alarms**. Si las alarmas ya están arregladas, limpiarlas con el botón **Reset** en el panel ó en la pantalla.

En la pantalla **Steam System**, poner los siguientes controles en modo **AUTO**, con los setpoint:

- a *Steam Pressure Reduction Control: 400 psi*
- b *Sealing Steam Pressure Control: 8 psi*
- c *Condenser Level Control 55 %*

En la pantalla **Valves Control**, poner las siguientes válvulas en modo **AUTO**:

- a 33V11.01
- b 33V11.02
- c 33V12.01
- d 33V12.02
- e 33V51.01
- f 33V32
- g 61V1
- h. 61V3

Poner todas las llaves de comando de motores en la puerta del panel en modo **AUTO**.

En la pantalla **Motors Control**, poner los siguientes motores en modo **AUTO**:

a M1	b M2	c M3
d M4	e M5	f M6
g M7	h M8	i M9

En la pantalla **Sequence Start** verificar si el **Auxiliary System** está **Ready to Start**. Si no está, verificar la causa apretando el botón **Check Permissives**.

Una vez arreglados todos los permisos para el arranque automático, el botón **Start** Auxiliary System se encenderá.

Apretar **Start** Auxiliary System. Se abrirá una ventana de confirmación. Después de confirmar el Start, la secuencia se iniciará con el **Sistema 32**:

Se arranca el extractor de gases del tanque de lubricación: **Lub Oil Vapour Fan - M7**.

Se arranca la bomba de lubricación (**Lubricating Oil Pump**) que esté seleccionada (**#1** o **#2**): M1 o M2. Si la bomba seleccionada no arranca automáticamente, seleccionar la otra. Si ninguna arranca o si la presión no sube, arrancar la bomba de emergencia.

Cuando se indica que el **Sistema 32** está en operación, presionar **Start System 33** para proseguir con la secuencia verificando el estado de las bombas de aceite de control (**Control Oil Pump**) en la unidad hidráulica. El comando no arranca las bombas, que son controladas por el panel de la unidad hidráulica.

Cuando se indica que el **Sistema 33** está en operación, presionar **Start System 62** para arrancar la bomba de Condensado (**Condensate Pump**) que esté seleccionada (**#1** o **#2**): **M4** o **M5**.

Cuando se indica que el **Sistema 62** está en operación, presionar **Start System 61** para iniciar el sistema de evacuación. Abrir la válvula manual **61V4** el **Hogging Ejector 61Q1** antes de la válvula eléctrica **61V3**.

Si hay vapor de 27 bar (400 psi), los eyectores iniciarán el vacío en el condensador. Cuando el vacío llegar a **300 mmHg** el **System 61** estará listo.

Con el **System 61** en operación, presionar **Open ESV (Emergency Shut Off Valve)**. Cuando la válvula esté abierta, la turbina estará lista para arrancar. Eso se verifica por estar intermitente el **botón Press “Turbine Run”**.

Presionar **Start** en la sección **Turbine Start** de la pantalla **Sequence Start** ó **Turbine Run** en la puerta del panel. El gobernador 505 tomará el control de la válvula 33B1 y empezará a girar la turbina segundo la rampa programada hasta la velocidad nominal, de **2974 rpm**. Si la turbina está parada por más de 8 horas se hará la rampa en frío. Si el paro es por menos de 2 horas se hará la rampa en caliente. Para un tiempo intermedio la rampa es proporcional.

### 3.2.2 Excitación y carga en modo automático

Con la turbina en velocidad nominal, de **2974 rpm**, excitar el generador. La llave **AVR-EGCP3** deberá pasar a modo **EGCP3**.

Solamente con el voltaje en la nominal, de **13800 V**, pasar la llave **Synchronize** en el **EGCP3-TG6** para el modo **AUTO**. El EGCP3 comandará el 505 para ajustar su frecuencia y el AVR para ajustar su voltaje y al final cerrará al breaker del TG6.

El generador entrará en modo de control **Baseload**, con una referencia inicial de 1.0 MW.

En la pantalla **Generator Data Page** se observarán valores eléctricos y podrán utilizar el comando EGCP en sus diversos modos operacionales:

Para cambiar la referencia de carga activa, en modo **Baseload** (base de carga) se puede:

Usar la llave **Load Setpoint Lower** (Bajar) – **Raise** (Subir) en la puerta del panel.

Usar los comandos **Baseload SP Lower** y **Raise** en la pantalla.

Digitar un valor de carga en **Remote Load SP** y, enseguida, **Accept Setpoint** y **Enter**.

Para habilitar el control automático de reactivos, presionar **Reactive Load Control Auto**. Para deshabilitar, presionar **Manual**.

El control de reactivos está configurado para trabajar con factor de potencia (*power factor*, o PF).

Para cambiar la referencia de factor de potencia (ó carga reactiva), se puede:

Usar los comandos **Voltage control lower** y **raise** en la pantalla. Un comando **Raise Voltage** disminuye el factor de potencia. Un comando **Lower Voltage** aumenta el factor de potencia.

Digitar un valor de factor de potencia en **Remote PF SP** enseguida, **Accept New PF Setpoint y Enter**. Un valor positivo corresponde a un power factor **lag** (inductivo). Un valor negativo corresponde a un power factor **lead** (capacitivo).

El comando **Unload Command Enable**, descarga el generador y abre el breaker automáticamente. El comando **Disable** deshabilita el comando **unload**.

El comando **Ramp Pause Enable**, tiene la capacidad de detener una rampa una vez iniciada, sea ella de carga ó de descarga. El comando **Disable** vuelve a habilitar la rampa.

### 3.2.3 Paro de la turbina en modo automático

Bajar la carga del generador manualmente y abrir el breaker o en la pantalla **Generator Data Page**, enviar al **EGCP3** un comando de descarga: **Unload** y **Enable**. El EGCP3 irá bajar la carga del generador 6 hasta 0.5 MW y abrirá el breaker.

Se puede parar la turbina de modo brusco o suave.

Modo suave: Presionar el botón **STOP** en la pantalla **Sequence Start**, sección **Turbine Start – Start/Stop Control**. Otra opción es apretar el botón **STOP** en el teclado del 505. La turbina irá disminuir su velocidad gradualmente hacia cero.

Modo brusco: Presionar cualquier de los comando de emergencia: panel frontal, en el topo de la HMI, en el 505, en el campo. La válvula de cierre rápido se cerrará y la turbina parará inmediatamente.

### **3.3 Sincronización**

Dar la orden de sincronizar. Después de la sincronización, el controlador de la turbina carga el generador de la turbina al mínimo, a fin de impedir que sea accionada con potencia inversa.

### **3.4 Carga**

La turbina puede permanecer en el modo de control de salida. Entonces la carga de la turbina se efectúa aumentando el valor fijado del controlador de frecuencia/salida. La carga no debe exceder de los índices establecidos en el diagrama II – 24037.

Figura 42 Curvas de arranque diagrama II - 24037

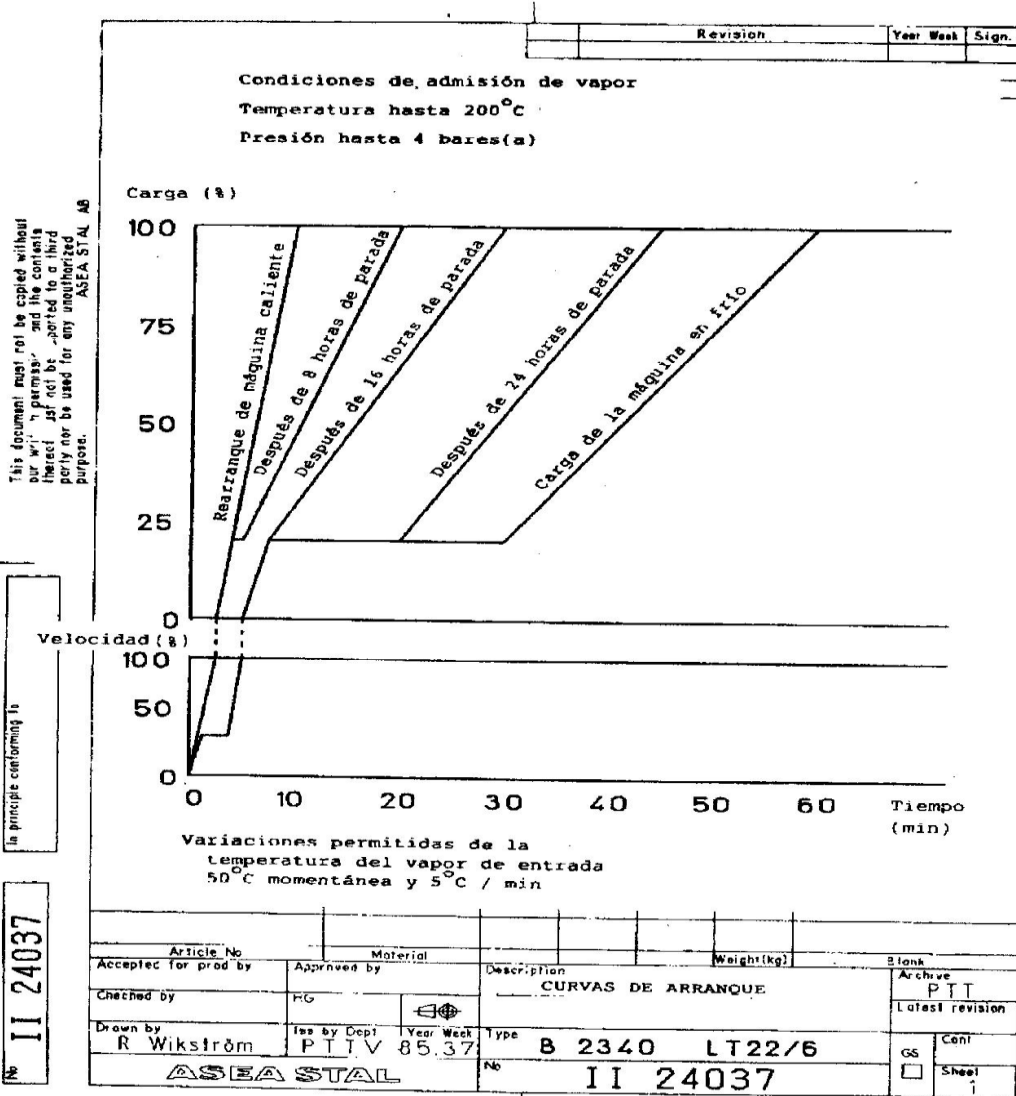
**ASEA STAL**

INSTRUCCIONES DE MANEJO

1985-09

B 2340

Pág. 4(10)



This document must not be copied without our written permission and the contents thereof shall not be reported to a third party nor be used for any unauthorized purpose. ASEA STAL AB

In principle conforming to

No II 24037



### **3.5 Proceso de parada normal**

- Descargar la unidad reduciendo el valor fijado del controlador de frecuencia/salida.
- Cuando entre en acción el limitador de salida mínima, pulsar el botón de parada del teclado. El modo de arranque pasará entonces de automático a manual.
- Observar el tiempo de descarga y compararlo con lecturas anteriores.
- Cortar el flujo de agua de refrigeración por los enfriadores de aceite y los enfriadores del generador mientras esté descargándose la unidad.
- Cerrar la válvula aislante a contracorriente de la válvula reductora de vapor 31V1, en el sistema de vapor de los casquillos.
- Cerrar las válvulas de suministro de vapor a los eyectores de retención.
- Parar el sistema de condensación y evacuación.
- Parar el sistema de vapor condensado.
- Parar el sistema hidráulico.
- Cerrar las válvulas aislantes en el tubo de admisión de vapor y abrir las purgas.
- Parar el sistema de lubricación cuando la turbina se haya enfriado (a las 24 – 36 horas).

### **3.6 Rearranque después de parada de emergencia**

La unidad puede volver a ponerse en marcha inmediatamente si la causa del disparo ha sido eliminada. Anotar primero la indicación de la falla en la bitácora antes de volver a arrancar:

- Seleccionar modo de arranque automático.
- Ordenar arranque *Start*.
- Continuar como para el arranque normal.

## **4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **4.1 Atención periódica**

#### **4.1.1 Bitácora**

Llevar una bitácora, donde deben anotarse a diario, o en cada turno, los datos de funcionamiento, luego comparar con lecturas previas. Los siguientes valores son normales durante la marcha:

Presión del lubricante: 21.75 PSI

Presión hidráulica: 1015 – 1450 PSI

Temperatura del lubricante antes de los cojinetes: 45 °C

Aumento de la temperatura del lubricante al pasar por los cojinetes y el engranaje: 15 °C. Además de las lecturas normales deben anotarse las anomalías, tales como ruidos perturbadores, sobrecarga, sobrecalentamiento y golpes violentos del agua, formación de espuma y arrastre de agua en la caldera.

#### **4.1.2 Alarmas**

Consignar las alarmas en la bitácora antes de volver a poner en marcha el turbo-generador ASEA STAL. A continuación se muestran las alarmas que se pueden producir. Por lo que se refiere a las alarmas, siempre debe considerarse la posibilidad de que un disparo haya sido causado por una falla de algún instrumento.

➤ Altas vibraciones en la turbina: Los depósitos en los álabes, debidos a impurezas en el vapor, pueden causar vibraciones en la turbina; pero se forman gradualmente, a lo largo de un período de tiempo considerable. Es aconsejable parar la turbina cuanto antes de inspeccionar los álabes mediante un

boroscopio. Para ese fin hay orificios especiales que están normalmente tapados.

➤ Baja presión en los sellos: Revisar el suministro de vapor. Revisar la válvula reductora de vapor de sellado. Revisar el controlador de presión en el bastidor local.

➤ Baja presión de aceite de lubricación

Puede ser causada por:

- Atascamiento del filtro, que produce una caída de la presión alta.
- Válvulas no completamente abiertas antes y después de las bombas.
- Un bajo nivel de aceite en el depósito.
- Entrada de aire del lado de succión de las bombas.

➤ Alto nivel de aceite de lubricación en el tanque: tomar una muestra del fondo del depósito de aceite para investigar la presencia de agua. Extraer toda el agua si la hay y verificar la causa de la penetración del agua.

➤ Bajo nivel de aceite de lubricación en el tanque: Probablemente causado por una fuga de aceite, que debe encontrarse inmediatamente, y que puede deberse a:

- Válvula abierta en el fondo del depósito.
- Punto de fuga exterior, en la tubería de aceite.
- Punto de escape en los tubos de los enfriadores de aceite.

En algunos casos se pueden encontrar huellas de aceite en el agua de salida de los enfriadores. Para una inspección más detallada se puede quitar la tapa de la cámara de agua sobre el enfriador de reserva. Si hay tubos con escapes deben taparse.

- Baja presión hidráulica: Verificar la función de la bomba hidráulica.
- Reducción de carga

Esta alarma indica:

- O bien alta temperatura del aceite de lubricación que va a los cojinetes.
- O bien alta temperatura del aire de enfriamiento procedente del generador.
- O bien alta presión en el condensador.

- Presión alta en el condensador

Verificar que las bombas de agua de refrigeración estén en marcha. Verificar también que las válvulas de agua de refrigeración estén abiertas y que el filtro de agua refrigerante, si lo hay, no esté obstruido, y que la temperatura del agua de refrigeración no sea anormalmente alta. Comprobar si hay entradas de aire en el circuito de agua de refrigeración.

Investigar posibles escapes de aire del lado del vapor del condensador, y si están funcionando mal los eyectores de retención. Por último, verificar si están obstruidos los tubos.

- Nivel muy alto en el condensador

Cerciorarse de que las válvulas del circuito de condensado estén completamente abiertas. Verificar si está funcionando el control de nivel, si la bomba de condensado está trabajando, Inspeccionar el tamiz de condensado.

### **4.1.3 Revisiones generales**

Verificar regularmente, en todas las instalaciones, que no haya escapes, sobrecalentamiento ni sonidos ni vibraciones anormales. Cambiar regularmente entre componentes en marcha y de reserva. De este modo se mantienen los motores y bombas en buen estado y revelan cualquier escape debido a empaquetaduras secas. Nótese que los pernos pueden requerir un reajuste, las siguientes tablas le ayudaran a tener un control por turno diario del turbo generador ASEA STAL.

**Tabla I Control de temperatura de enfriamiento turbo generador 12 MW**

	Nombre:	Código:
	<b>CONTROL DE TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO TURBOGENERADOR 12 MW</b>	
<b>ASEA STAL B - 2340</b>		
Fecha de Aprobación:	Fecha que Rige:	Página: 1 de 1 Versión: 1

**FECHA** \_\_\_\_\_

	ENTRADA AGUA	SALIDA AGUA	ENTRADA DE AGUA	SALIDA DE AGUA	ENTRADA INTERCAM.	SALIDA INTERCAM.	ENTRADA INTERCAM.	SALIDA INTERCAM.
HORA	CONDENSADOR	CONDENSADOR	GENERADOR	GENERADOR	DE ACEITE LUBRIC.	DE ACEITE LUBRIC.	DE ACEITE CONTROL	DE ACEITE CONTROL
07:00								
08:00								
09:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								
19:00								
20:00								
21:00								
22:00								
23:00								
00:00								
01:00								
02:00								
03:00								
04:00								
05:00								
06:00								

**TURNO # 1**

**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**TURNO # 2**

**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**TURNO # 3**

**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**Tabla II Control de temperaturas de chumaceras turbogenerador 12MW**

	Nombre:		Código:
	<b>CONTROL DE TEMPERATURAS DE CHUMACERAS TURBOGENERADOR 12 MW</b>		
<b>ASEA STAL B - 2340</b>			
Fecha de Aprobación:	Fecha que Rige:	Página: 1 de 1	Versión: 1

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


	CHUMACERA	CHUMACERA	C. EMPUJE	AFT.BOX GEAR	AFT.TURBINE	CHUMACERA	CHUMACERA
HORA	32K503	32K502	32K508	32K505	32K504	32K506	32K507
07:00							
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
19:00							
20:00							
21:00							
22:00							
23:00							
00:00							
01:00							
02:00							
03:00							
04:00							
05:00							
06:00							

**TURNO # 1**  
**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**TURNO # 2**  
**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**TURNO # 3**  
**NOMBRE Y FIRMA** \_\_\_\_\_

**Tabla III Control MWH turbo generador 12 MW**

	Nombre:		Código:
	<b>CONTROL MWH TURBOGENERADOR 12 MW</b>		
Fecha de Aprobación:	<b>ASEA STAL B - 2340</b>		
	Fecha que Rige:	Página:	Versión:
		1 de 1	1

FECHA \_\_\_\_\_

HORA	MW VENTA	MVAR VENTA	F.P. VENTA	KILOVOLTS	AMPERAJE	MWH DELIVER	V. EXCITACIÓN	AMPS. EXCITACIÓN
07:00								
08:00								
09:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								
19:00								
20:00								
21:00								
22:00								
23:00								
00:00								
01:00								
02:00								
03:00								
04:00								
05:00								
06:00								

TURNO # 1  
NOMBRE Y FIRMA \_\_\_\_\_

TURNO # 2  
NOMBRE Y FIRMA \_\_\_\_\_

TURNO # 3  
NOMBRE Y FIRMA \_\_\_\_\_



#### **4.1.4 Prueba de sobre velocidad**

El funcionamiento del disparo de sobrevelocidad debe probarse una vez por año, se puede realizar una prueba de sobrevelocidad cuando la unidad marcha a máxima velocidad, no hay carga y el interruptor automático del generador está abierto. La prueba tiene cuatro partes:

- Seleccionar graduar en modo manual de funcionamiento.
  
- Reducir el valor fijado del controlador de marcha hasta que la velocidad de la turbina empiece a bajar. La función del controlador de marcha es controlar la velocidad de la turbina durante la marcha. La velocidad se mide y controla, con lo cual la turbina se hace insensible a las variaciones en la presión y de evacuación durante la puesta en marcha.
  
- Seleccionar conectar sobrevelocidad.
  
- Aumentar paulatinamente el valor fijado del controlador de marcha hasta la velocidad de disparo, o sea al 110% de la velocidad máxima, pero nunca más del 113%. Verificar la causa del disparo de la turbina. Normalmente, con la prueba eléctrica de sobrevelocidad se produce el disparo. Para probar el disparo mecánico de sobrevelocidad, mantener oprimido el pulsador obstrucción del disparo eléctrico de sobrevelocidad, mientras esté aumentando la velocidad.



## **4.2 Sistema de toma de vapor**

Durante la marcha semanalmente: verificar por prueba de carrera parcial que la válvula de cierre de emergencia no se atasque.

Anualmente: abrir las válvulas de derivación V1 para limpiar el tubo de drenaje.

Durante la marcha o en reposo

Anualmente: limpiar el tamiz en el colector de condensado.

## **4.3 Sistema de vapor en los casquillos**

Durante la marcha mensualmente: verificar que la temperatura en la salida del ventilador Q1 no sea superior a 75<sup>0</sup>C. Anualmente: abrir la válvula de derivación V4 para limpiar el tubo de drenaje.

En reposo anualmente: limpiar el tamiz C1 (ver figura 23).

durante la marcha o en reposo anualmente: limpiar el tamiz en el colector de condensado V2.

## **4.4 Sistema de lubricación**

Durante la marcha semanalmente: arranque de prueba de la bomba de aceite de emergencia.

En reposo cuando sea necesario: cambiar el cartucho del filtro de aceite.

Durante la marcha o en reposo anualmente: verificar la condición del lubricante por medio de análisis de laboratorio, en cooperación con el suministrador de lubricante. Cuando sea necesario: limpiar los enfriadores de aceite.

## 4.5 Sistema hidráulico

Durante la marcha semanalmente: examinar el indicador óptico en la unidad de filtro de derivación. Cambiar el cartucho de filtro si es necesario. Anualmente: verificar la condición del lubricante por medio de análisis de laboratorio, en cooperación con el suministrador del lubricante. En el fondo del depósito de aceite para mecanismos hidráulicos, hay una válvula de extracción de muestras. Durante la marcha o en reposo anualmente: Verificar que la presión en el acumulador 33T11 sea suficiente, recurriendo al siguiente procedimiento:

- Cerrar la válvula 33V3 y abrir la válvula de purga del acumulador 33V4 con cuidado, observando al mismo tiempo la presión del acumulador. Esta presión disminuirá lentamente al comienzo. Nótese a qué nivel de presión empieza a decrecer rápidamente la presión, hasta bajar a cero.
- Si no se tiene certeza de la observación hecha, es necesario repetir la prueba después de graduar las válvulas en posición de funcionamiento durante algunos segundos. La válvula 33V3 debe reabrirse lentamente para impedir una reducción excesiva de la presión de la bomba.
- La lectura de presión anotada corresponde a la presión de carga del acumulador, que debe ser de 507 – 580 PSI. Si la presión es inferior a 507 PSI, se aconseja recargar con nitrógeno hasta una presión de 580 PSI.

#### **4.6 Sistema auxiliar de vapor**

Durante la marcha anualmente: abrir la válvula de derivación 54V6 para limpiar el tubo de drenaje, en reposo anualmente: limpiar el tamiz 54C1.

Durante la marcha o en reposo anualmente: limpiar el tamiz en el colector de condensando 54V3.

#### **4.7 Sistema de vapor condensado**

En reposo anualmente: limpiar el tamiz 62C1.

#### **4.8 Sistema del generador**

Durante la marcha anualmente: verifíquese que el control de voltaje se pueda utilizar manualmente, en reposo semanalmente: verifíquese que los calentadores de reposo estén en *ON*. Anualmente: examinar las conexiones de los cables de alto voltaje. Examinar la resistencia del aislamiento de los cojinetes. Verificar si está desgastada la escobilla de conexión a tierra del árbol.

##### Protección del generador

Durante la marcha semanalmente: examinar el cubículo de relés de protección RA1. Anotar en la bitácora todas las banderas indicadoras y reponerlas.

Anualmente: verificar que funcionen los relés de protección y examinar los valores durante el funcionamiento.



## CONCLUSIONES

- 1 Se determinaron en detalle las características técnicas de la turbina de seis etapas: los sensores del sistema de vibración, el reductor, el sistema de lubricación, el sistema hidráulico, el sistema del generador, el sistema de condensación y evacuación. Las cuales facilitarán la adquisición de un equipo con características idénticas cuando sea necesario reemplazar alguno de éstos.
- 2 Se definió y explicó el funcionamiento de la turbina de seis etapas, los sensores del sistema de vibración, el reductor, el sistema de lubricación, el sistema hidráulico, el sistema del generador, el sistema de condensación y evacuación. Con esto se pretende lograr que el personal que deba trabajar en el Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340* obtenga los conocimientos mínimos del mismo, antes de operarlo.
- 3 Se creó una lista de revisiones periódicas que ayudan a obtener una operación controlada del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340*, con ello prevenir daños en el mismo.
- 4 Dentro de las instrucciones de manejo se propuso un procedimiento de arranque y paro del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340*.
- 5 Se documentaron los cambios realizados al proceso como el condensador en los sellos de las chumaceras que originalmente no los llevaba.





## RECOMENDACIONES

- 1 Cumplir con un buen funcionamiento del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340*, llevando un control estricto y detallado de herramienta, repuestos, reparaciones y de los periodos de servicio de mantenimiento preventivo.
- 2 Dar a conocer a todo el personal la implementación del procedimiento propuesto de arranque y paro del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340*.
- 3 Establecer turnos de trabajo, así como de emergencia, para poder responder, de manera eficaz, a los problemas de paros imprevistos del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340* y evitar a toda costa el mantenimiento por avería del equipo.
- 4 Proveer al personal, equipo y accesorios de protección personal para que realicen un mejor desempeño de su trabajo e incentivarlos a estar en un constante aprendizaje.
- 5 Crear e implementar un programa de capacitación con todo el personal que participa en la operación del Turbo-Generador *ASEA STAL B-2340*.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Avallone, A. Eugene, *Manual del Ingeniero Mecánico*. Tomo 1. Novena edición, Editorial Mc Graw Hill. Mexico, 1996.
- 2 De León Escobar, Gustavo Adolfo. *Experiencias en el montaje de un turbogenerador con condensador*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico. Guatemala, USAC, 1997.
- 3 Folleto informativo de Corporación San Diego, primera impresión 2009.
- 4 Libro de instrucciones ASEA STAL. Edición 1985.
- 5 Ochoa Castillo, Edgar Baldemar. *Montaje y pruebas de un turbo generador de condensación enfriado por hidrógeno*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico. Guatemala, USAC, 1997.
- 6 Pope, J. Edward, *soluciones prácticas para el ingeniero mecánico*, Editorial Mcgraw-Hill, Edición 2000.

### Referencias electrónicas

- 7 [www.ngmetalurgica.com.br](http://www.ngmetalurgica.com.br). 12/02/10
- 8 [www.sandiego.com.gt](http://www.sandiego.com.gt). 17/02/10
- 9 [www.azimadli.com/vibman-spanish/elsensordeproximidad.htm](http://www.azimadli.com/vibman-spanish/elsensordeproximidad.htm)  
18/03/10
- 10 [www.geenergy.com/prod\\_serv/products/oc/en/bently\\_nevada/3300\\_xl\\_sensor.m](http://www.geenergy.com/prod_serv/products/oc/en/bently_nevada/3300_xl_sensor.m). 25/03/10
- 11 [www.MBesi.com](http://www.MBesi.com). 28/03/10





Figura 47 Bomba doble tornillo

