

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO A  
UN VENTILADOR DE TIRO FORZADO EN UNA PLANTA  
TERMOELÉCTRICA”**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO  
MECANICO  
ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**HERIBERTO ALBAVERA  
HERNANDEZ**

**ASESOR : DR.VICTOR HUGO HERNANDEZ GOMEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE  
MEX. 2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**“AGRADECIMIENTOS”**

**A MIS PADRES:**

**GRACIAS POR TODOS SUS SACRIFICIOS Y ESFUERZO  
QUE HAN HECHO PARA APOYARME EN MIS  
ESTUDIOS, MUCHAS GRACIAS POR TODA SU  
COMPRESION  
Y DARME MUCHO AMOR ATRA VEZ DE SUS CUIDADOS  
Y HOY ESTE LOGRO ES DE USTEDES TAMBIEN,  
PORQUE GRACIAS A USTEDES HE LLEGADO HASTA  
DONDE ESTOY**

**GRACIAS.**

**A MI FAMILIA Y  
AMIGOS:**

**GRACIAS PORQUE SIEMPRE ME HAN  
MOTIVADO  
Y DADO SU CARÑO PARA SEGUIR ADELANTE  
HOY QUIERO DECIRLES QUE SIEMPRE HE VALORADO  
MUCHO ESOS MOMENTOS EN QUE HAN EXTENDIDO SU MANO  
Y ME HAN APOYADO.**

**A MI ASESOR Y PROFESORES:  
POR SU GRAN APOYO Y ENSEÑANZA  
PARA LA REALIZACION  
DE ESTE TRABAJO.**

**A MI UNIVERSIDAD:  
GRACIAS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO,**

**POR ABRIRME LAS PUERTAS DE SUS AULAS Y DARME  
LA OPORTUNIDAD DE FORMAR PARTE  
DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA.**

## INDICE

DEDICATORIAS

RESUMEN

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

### **CAPÍTULO 1: INSTALACIÓN DE LOS VENTILADORES**

1.1

Cimentación.....  
....11

1.2 Arreglo del

conducto.....11

1.2.1 Conductos de

succión.....11

1.2.2 Conductos de

presión.....11

1.2.3 Juntas de

expansión.....12

1.3

Aislamiento.....  
.....13

1.4 Plataformas y

escaleras.....13

1.4.1 Engranaje de elevación para las inspecciones

.....14

1.5

Regulación.....  
....14

1.5.1

Servomotor.....  
.14

1.5.2 Fuerzas de

regulación.....14

### **CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE LAS PARTES DEL VENTILADOR**

2.1 Instalación y

montaje.....15

2.2 Partes de hoja de

metal.....15

2.3 Piezas

mecánicas.....	15
2.3.1 Instalación del conjunto de cojinetes principales .....	15
2.3.2 Instalación del cubo.....	16
2.3.3 Alineación del motor.....	18
2.3.4 Instalación de álabes.....	20
2.3.5 Montaje en el ventilador.....	20
2.4 Álabes.....	20
2.4.1 Separación entre álabes y la caja del impulsor .....	20
2.5 Ajuste.....	21
2.6 Prueba de funcionamiento.....	21

### **CAPITULO 3: OPERACIÓN DEL VENTILADOR**

3.1 Operación.....	22
3.1.1 Arranque del Ventilador.....	22
3.1.2Funcionamiento.....	22
3.1.3 Paro del ventilador.....	22
3.2 Operación paralela.....	22
3.3 Problemas de funcionamiento.....	23
3.4 Aceite de lubricación.....	24
3.5 Datos técnicos de los ventiladores de tiro forzado.....	24

## CAPITULO 4: INSPECCIÓN DEL VENTILADOR

4.1	
Inspección.....	
...25	
4.2 Inspección del	
impulsor.....	25
4.2.1	
Desmontaje.....	
...26	
4.2.2 Inspección y	
reemplazo.....	27
4.2.3	
Montaje.....	
..27	
4.3 Inspección de cojinetes	
principales.....	28
4.3.1	
Diseño.....	
...30	
4.3.2	
Desmontaje.....	
...30	
4.3.3	
Montaje.....	
..31	
4.3.4 Montaje en el	
ventilador.....	33
4.4 Prueba de	
funcionamiento.....	33

## CAPITULO 5: SISTEMA DE CONTROL

5.1 Operación de la unidad de regulación hidráulica para ventiladores	
.....	34
5.1.1 Desmontaje de la unidad de regulación	
hidráulica.....	35
5.1.2 Sustitución de la unidad de regulación	
hidráulica.....	35
5.1.3 Sustitución del sello	
rotacional.....	36
5.1.4 Estación central hidráulica para el tipo	

5.....	36
5.1.5 Grupo de bombas.....	37
5.1.6 Deposito de aceite.....	37
5.1.7 Enfriador de aceite.....	37
5.1.7.1 Método de operación.....	38
5.1.8 Sustitución del filtro de aceite.....	38
5.1.9 Comprobación del nivel de aceite.....	38
5.1.9.1 Sustitución de aceite.....	38

**CAPITULO 6: PROCEDIMIENTO DE LA GUIA DE MANTENIMIENTO**

6.1 Guía de mantenimiento.....	39
6.1.1 Guía de actividades para desacoplar copie motor-flecha Ventilador.....	39
6.1.2 Guía de actividades para desacoplar sistema control pistón Piloto.....	39
6.1.3 Guía de actividades para desacoplar ductos succión y descarga.....	39
6.1.4 Guía de actividades para retirar carcaza lado succión.....	39
6.1.5 Guía de actividades para retirar plato ajuste lado succión.....	39
6.1.6 Guía de actividades para retirar plato regulador lado succión.....	40
6.1.7 Guía de actividades para retirar álabes lado succión.....	40
6.1.8 Guía de actividades para desmontar carcaza, soporte pistón lado Descarga.....	40

6.1.9 Guía de actividades para retirar pistón de mando del ventilador Lado descarga.....	40
6.1.10 Guía de actividades para retirar plato de ajuste lado descarga.....	41
6.1.11 Guía de actividades para retirar plato regulador lado descarga.....	41
6.1.12 Guía de actividades para retirar álabes lado descarga.....	41
6.1.13 Guía de actividades para retirar tambores de soporte de álabes Succión y descarga.....	41
6.1.14 Guía de actividades para retirar cubierta superior exterior de Conjunto rodamientos.....	42
6.1.15 Guía de actividades para retirar carcasa conjunto rodamientos.....	42
6.1.16 Guía de actividades para desensamble conjunto rodamientos.....	42
6.1.17 Guía de actividades para desensamble de rodamientos.....	42
6.1.18 Guía de actividades para revisión sistema aceite control.....	43
6.1.19 Guía de actividades para revisión sistema aceite lubricante.....	43
6.1.20 Guía de actividades para revisión sistema accionamiento control.....	43
6.1.21 Guía de actividades para limpieza de componentes en general.....	44
6.1.22 Guía de actividades para revisión e inspección de partes.....	44
6.1.23 Guía de actividades para ensamblar e instalar conjunto de rodamientos en pedestal.....	44
6.1.24 Guía de actividades para colocar cubierta superior exterior de conjunto de rodamientos.....	45
6.1.25 Guía de actividades para instalar tambores soporte de álabes succión y descarga.....	45
6.1.26 Guía de actividades para balancear conjunto tambores-flecha de extensión.....	45
6.1.27 Guía de actividades para instalar álabes lado descarga.....	46
6.1.28 Guía de actividades para instalar plato regulador lado descarga.....	47
6.1.29 Guía de actividades para instalar plato de ajuste lado descarga	

.....	47
6.1.30 Guía de actividades para instalar concha soporte pistón.....	47
6.1.31 Guía de actividades para instalación pistón de mando del Ventilador.....	47
6.1.32 Guía de actividades para instalar álabes lado succión.....	47
6.1.33 Guía de actividades para instalación plato regulador lado Succión.....	48
6.1.34 Guía de actividades para instalación plato de ajuste lado Succión.....	48
6.1.35 Guía de actividades para instalación concha lado succión.....	48
6.1.36 Guía de actividades para acoplamiento ductos succión y Descarga.....	48
6.1.37 Guía de actividades para instalar sistema control pistón piloto.....	49
6.1.38 Guía de actividades para alineamiento ventilador flecha motor.....	49
6.1.39 Guía de actividades para acoplamiento ventilador flecha motor.....	49
6.1.40 Guía de actividades para instalación sistema aceite lubricación.....	50
6.1.41 Guía de actividades para instalación sistema aceite control.....	50
6.1.42 Guía de actividades para arranque y verificación de vibración.....	50
6.1.43 Guía de actividades para limpieza del área ventilador tiro Forzado.....	51
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
FUENTES	
CONSULTADAS.....	54

## ÍNDICE DE FIGUIAS

Fig. 1.1 Conducto de succión y conducto de presión.....	12
Fig.1.2 junta de expansión.....	12
Fig. 1.3 Escaleras y plataformas.....	14
Fig. 2.1 Conjunto de cojinetes principales.....	16
Fig. 2.2 Cubierta del conjunto de cojinetes.....	16
Fig. 2.3 Montaje del cubo (impulsor).....	17
Fig. 2.4 Montaje de los anillos guía.....	17
Fig. 2.5 Montaje de la concha-cople.....	18
Fig. 2.6 Alineación del motor.....	19
Fig. 2.7 Colocación de laines.....	19
Fig. 2.8 Montaje de los álabes en la espiga.....	20
Fig. 3.1 Operación de los ventiladores.....	23
Fig. 4.1 Desmontaje del sistema de control pistón piloto.....	26
Fig. 4.2 Desmontaje de los anillos de empuje axial del plato regulador.....	27
Fig. 4.3 Calentamiento del impulsor para su montaje.....	28
Fig. 4.4 Montaje de los álabes.....	28
Fig. 4.5 Alineación de la flecha flotante.....	29
Fig. 4.6 Desmontaje del conjunto de cojinetes.....	30
Fig. 4.7 Desmontaje de rodamientos.....	31
Fig. 4.8 Montaje de rodamientos lado	

descarga.....	31
Fig. 4.9 Montaje del deflector.....	32
Fig. 4.10 Montaje del conjunto de rodamientos en las guías.....	33
Fig. 5.1 Unidad de regulación hidráulica.....	34
Fig. 5.2 Montaje y alineación del servomotor.....	35
Fig. 5.3 Montaje de la válvula piloto.....	36
Fig. 5.4 Estación de control.....	37
Fig. 5.5 Conjunto de bombas.....	37
Fig. 5.6 Radiador.....	38

## **RESUMEN**

La Central Termoeléctrica "Francisco Pérez Ríos" se encuentra a 8 kilómetros de la Cd. de Tula de Allende, Hgo. Esta Central esta formada por cinco unidades generadoras con una capacidad de 300 MW cada una, dando un total de 1500 MW de capacidad instalada, haciéndola una de las Centrales más grandes en la actualidad.

Cada unidad tiene como equipo principal un generador de vapor y un turbo generador, las cuales se complementan con una serie de equipos y sistemas auxiliares requeridos para el proceso de generación de energía eléctrica. Dentro de estos equipos se encuentran los ventiladores de tiro forzado encargados de suministrar el aire necesario para la combustión.

Los ventiladores de tiro forzado están diseñados para estar en funcionamiento las 24 horas de los 365 días del año, por lo que se entiende que dichos ventiladores no deben presentar problemas o fallas durante su operación, sin embargo es necesario inspeccionarlos cada cierto tiempo para asegurar un buen funcionamiento y que de esta manera estén disponibles la mayor parte del tiempo, por lo que se hace imprescindible contar con una guía de mantenimiento.

En el presente trabajo se plantea una guía de mantenimiento en la cual se da a conocer una descripción amplia y sencilla de los pasos o actividades a seguir para dar mantenimiento tanto correctivo como preventivo a los ventiladores de tiro forzado, detallando todas estas actividades para cada una de las partes de los ventiladores.

Además de explicar las actividades para dar el mantenimiento al ventilador se tiene un apartado del sistema de control que es el encargado del movimiento de los álabes. También se hace una mención de las posibles fallas que pudieran llegar a presentarse durante la operación de los ventiladores.

## **INTRODUCCIÓN**

Se ha observado a través del tiempo que la gran parte del desarrollo de nuestro país se debe al aspecto industrial, pero a la vez, este requiere de materias primas y fuentes de energía, una de ellas es la electricidad, por tal razón en los últimos regímenes gubernamentales se ha preocupado constantemente por impulsar el sector eléctrico, por ser un factor de primer orden tanto para la industria como para la población en general.

Por lo anterior, es necesario que todas las unidades de la Central Termoeléctrica "Francisco Pérez Ríos" y las restantes del Sistema Eléctrico Nacional estén en constante operación y para lograr esto se deben realizar mantenimientos preventivos y correctivos a cada uno de los equipos que componen la unidad, para así tener una mayor eficiencia y aumentar la aportación de energía al sistema.

Dado que la Central Termoeléctrica "Francisco Pérez Ríos" es una de las principales fuentes de generación de energía eléctrica del centro del país, se hace imprescindible contar con una guía que explique de manera amplia y detalladamente la forma de cómo dar los mantenimientos a los ventiladores de tiro forzado, de modo que se den a conocer aspectos importantes en la realización de los mantenimientos.

Al contar con una guía de mantenimiento, se asegura que el mantenimiento sea de forma correcta reflejándose en la correcta operación de los ventiladores de tiro forzado, evitando así en lo posible una falla en cualquier ventilador que pueda originar la pérdida de la mitad de la carga o disminución de la eficiencia mientras se repara la falla, todo esto repercute en la producción y por lo tanto en lo económico.

El objetivo primordial es elaborar una guía de mantenimiento en la que se detalle de manera amplia y concisa las actividades a realizar (desmontaje, inspección y montaje) para el mantenimiento basándose en las recomendaciones del fabricante así como en los procedimientos propios de la central. Así mismo describir el funcionamiento de los ventiladores y las piezas metálicas que los conforman, con la finalidad de llegar a poner en servicio a los ventiladores.

En el capítulo 1 abordará todo lo relacionado a la instalación de los ventiladores de tiro forzado por lo que se hará una descripción del conducto de succión y del conducto de descarga, también se hará énfasis con lo relacionado a las juntas de expansión y del aislamiento que debe existir entre los conductos y el ventilador. Se hace la recomendación de poner escaleras y plataformas en los lugares que sean necesarios para facilitar el desmontaje y montaje de las piezas del ventilador.

En el capítulo 2 se hace mención de las partes que conforman al ventilador de tiro forzado. Se dan a conocer los pasos a seguir para hacer el montaje y desmontaje del conjunto de cojinetes, de la misma manera se describen las actividades de cómo instalar al impulsor del lado succión y del lado descarga. Para instalar los álabes se deben apretar con el esfuerzo de torsión indicado así como respetar la separación que debe existir entre la cubierta del impulsor y los álabes, por lo que en los apartados correspondientes se tratan estos temas. Con lo que respecta al motor eléctrico se mencionan los lineamientos necesarios para realizar la correcta alineación de este.

En el capítulo 3 se abarca el funcionamiento de los ventiladores de tiro forzado desde la puesta en marcha hasta el paro, se detalla la operación de dos ventiladores de tiro forzado así como los problemas de funcionamiento que se pueden presentar en la operación.

Con lo referente a la inspección, desmontaje y montaje de los impulsores, en el capítulo 4 se hace una descripción amplia y detallada de los pasos a seguir para realizar estas actividades hasta tener instalada la flecha flotante, también se trata la forma correcta de hacer el desmontaje, montaje e inspección de los cojinetes así como su instalación en el ventilador.

Los ventiladores de tiro forzado tienen su sistema de control el cual consta de

bombas, enfriadores de aceite y depósito de aceite. Su operación se describe en el capítulo 5.

En el capítulo 6 se hace una recopilación de todas las actividades que llegan a ser necesarias para realizar el mantenimiento a los ventiladores, entendiéndose por mantenimiento a todas aquellas actividades encaminadas a establecer condiciones tanto de funcionalidad como operacionales para el activo directo e indirecto.

## CAPÍTULO 1

### INSTALACIÓN DE LOS VENTILADORES

#### 1.1 CIMENTACIÓN.

El mejor resultado se logra usando una cimentación de concreto. Al realizar la cimentación, se deben dejar barrenos para los pernos.

Como los ventiladores se deben erigir en una posición perfectamente horizontal, será requerida una alineación cuidadosa. Alinee con las cuñas y mampostee.

Si el ventilador esta apoyado sobre una estructura de hierro, el bastidor base se debe apoyar por todas partes de fuera de su longitud y anchura, pues el bastidor base no es autosuficiente. El soporte debe ser de este modo diseñado que la frecuencia natural no se obtenga aliado de las revoluciones del ventilador ya que da lugar a la resonancia.

#### 1.2 ARREGLO DEL CONDUCTO.

##### 1.2.1 Conductos de Succión.

Para utilizar completamente la alta eficiencia de los ventiladores de flujo axial, el flujo de aire a la caja de entrada, se debe distribuir uniformemente sobre el conjunto del área transversal, además debe estar libre de remolinos. La manera más fácil de resolver estos requerimientos es teniendo un conducto recto delante de la abertura de la entrada del ventilador.

Si los cambios en el sentido del flujo delante de la abertura de la entrada son inevitables, los conductos deben ser así diseñados para que la distribución uniforme de la velocidad este conservada. La mejor manera de asegurar una velocidad uniforme después de que una curva esté por ajustarse, es que los álabes den vuelta en la curva. Un coeficiente bajo de la resistencia será logrado si el cociente de  $B: "a"$  es 5 o más. Donde  $B$  es igual al ancho del conducto y  $"a"$  es igual a la separación de los álabes fijos.

##### 1.2.2 Conductos de Presión.

Para facilitar el desmontaje cuando se reacondicionan los conductos de los ventiladores, el ventilador debe acoplarse con ciertos requisitos. El conducto debe ser así diseñado para que sea posible empujar el difusor 700 milímetros en el conducto.

El diámetro exterior del difusor es menor al diámetro interior del conducto de presión, y debe tener la separación adecuada, a la cual se debe agregar la tolerancia fuera de lo redondo del conducto.

En este capitulo se menciona como el difusor se monta sobre rieles viajeros para desplazar por medio de las herramientas adecuadas, después de quitar la junta de expansión.

La mayoría de los ventiladores tienen un paso de inspección en el lado del difusor y a través de esta entrada-hombre será posible examinar los componentes de regulación del ventilador en los conductos así como se muestra en la figura 1.1

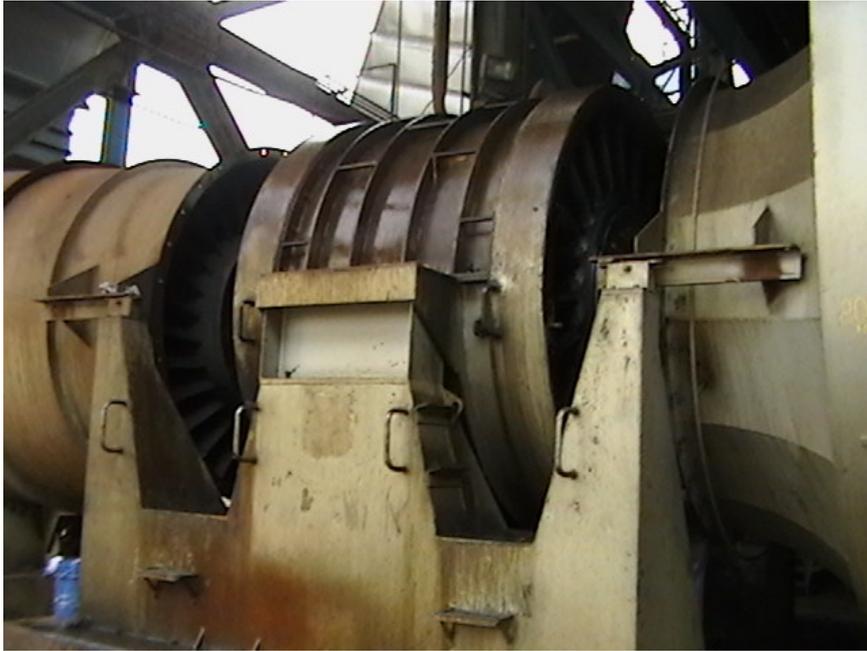


Figura. 1.1 Conducto de succión y conducto de presión: en esta figura se muestra de lado izquierdo el conducto de succión y de lado derecho el de presión observando también los ventiladores en la parte interior

### 1.2.3 Juntas de Expansión.

Los ventiladores deben estar instalados de manera que no ocurra ningún contacto metálico tanto en el lado de la succión como en el de la presión. Además, debe haber un margen para la extensión del calor para evitar cargas en las hojas de las partes metálicas del ventilador.

En la guía de mantenimiento se recomienda montar juntas de expansión de cualquier lado del ventilador para que en casos de expansión por temperatura del material tenga una mayor estabilidad y evitar algún rozamiento.

También otros tipos de juntas de expansión se pueden utilizar; la cuestión principalmente para que el contacto metálico este prevenido bajo todas las condiciones de funcionamiento.

Los ventiladores montados en amortiguadores de vibración será necesario que utilicen juntas de expansión muy flexibles, que puedan hacer frente al mayor movimiento que resulta de la entrada y del difusor así como se muestra la figura 1.2



Figura.1.2 Junta de expansión

### 1.3 AISLAMIENTO.

Para facilitar el desmontaje para la inspección de álabes y de las hojas de partes metálicas se deben considerar los siguientes puntos para aislar los ventiladores:

1. Para permitir mover el difusor en el conducto de presión, el diámetro externo del aislamiento no debe ser más grande que la abertura libre del conducto de presión. En la junta de expansión el aislamiento debe ser hecho en la forma de una correa desprendible para permitir desmontarlo de la junta de expansión. Los tacones que alzan el difusor y la caja de entrada no se deben quitar durante el aislamiento, pues deben estar disponibles para los propósitos de la inspección.
2. En todas las cubiertas y puertas el aislamiento debe ser desprendible para poder abrirse las puertas sin arruinar el aislamiento.
3. En el brazo de regulación y en la tubería de lubricación del ventilador el aislamiento debe estar arreglado para que con cualquier movimiento del brazo de regulación y la tubería de lubricación sea fácilmente accesible y reparable. La manguera de lubricación que esta sujeta en el difusor en la entrada, se debe unir a la superficie externa del aislamiento.
4. Donde el ventilador se ensancha como empalme el aislamiento debe también ser desprendible, y el segmento que cubre la cubierta de la inspección debe ser fácilmente desprendible por separado para facilitar la inspección periódica de los álabes.

### 1.4 PLATAFORMAS Y ESCALERAS.

Mientras que los ventiladores se instalan de diversas maneras en los sitios, estos normalmente se proveen sin la cubierta de la placa entre las viguetas del bastidor base y sin las escaleras.

Puesto que los ventiladores requieren una lubricación regular y una inspección periódica, será útil adoptar plataformas, corredores y escaleras para proporcionar el fácil acceso como se muestra en la figura 1.3

El acceso será requerido normalmente para:

- . Puntos de lubricación.
- . Limpieza exterior del acceso de la caja de entrada.
- . Puerta de inspección en marcos del impulsor.
- . Paso de inspección en difusor.
- . Servomotor.
- . Conducto de presión.



Figura. 1.3 Escaleras y plataformas: en la fig. 1.3 se observa las escaleras que permiten al personal checar las presiones de las bombas de lubricación ya que se encuentran en una área elevada

#### 1.4.1 Engranaje de elevación para las inspecciones.

Para facilitar el montaje y desmontaje de las piezas de los ventiladores en las inspecciones se recomienda montar vigas con orejas para colocar los diferenciales.

### **1.5 REGULACIÓN.**

#### 1.5.1 Servomotor.

Cuando se instalan los ventiladores se verifica que la ubicación elegida tenga acceso fácil al servomotor. Para un ventilador montado horizontalmente, el servomotor opera al brazo de regulación del ventilador para ser colocado en el bastidor base del ventilador o en el piso.

#### 1.5.2 Fuerzas de Regulación.

Aunque los ventiladores VARIAX se han balanceado cuidadosamente para la regulación debe ser entendido que las cargas impuestas durante el funcionamiento son tan pesadas que cierta cantidad de fuerza de regulación será requerida a pesar del uso extenso de los rodamientos de bolas esto es para evitar un mayor vibración.

## **CAPÍTULO 2**

### **INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL VENTILADOR**

#### **2.1 INSTALACIÓN O MONTAJE.**

El ventilador consta de las piezas que a continuación se mencionan:

Carcaza base del ventilador, pieza de conexión cilíndrica, difusor con eje de regulación, caja de entrada con ruedas de soporte, 2 estructuras del impulsor, pantalla cónica del acoplador, conjunto de cojinetes principales, arreglo apretado, 2 cubos, 2 sistemas de álabes, estructura de regulación, eje intermedio con los acopladores, nivelador de maniobras, estación central lubricadora con los instrumentos, y, si requiere pedestal el motor, bastidor base, y el motor principal.

#### **2.2 PARTES DE HOJA DE METAL.**

1. Se coloque la base del plato del ventilador con la parte inferior de la pieza de conexión - y el bastidor base, si lo hay, sobre la cimentación de concreto o la estructura de acero, Se alinea e inserta los pernos en los barrenos que se han hecho primero.
2. Después se coloca la carcaza base del ventilador, se alinea longitudinalmente también así transversalmente por medio de los bloques diseñados para el conjunto de cojinetes principales con respecto a la cuña de centro del pedestal del motor. Los soportes de los bloques están diseñados en cada perno.
3. No se mampostea hasta que el eje principal este ajustado y alineado exactamente por medio de un nivel.
4. Se monta la mitad superior de la pieza de conexión cilíndrica.
5. después los bastidores del impulsor se pueden montar en la pieza de conexión cilíndrica de acuerdo con las marcas de guía, después de lo cual el difusor y la caja de entrada sin la pantalla del acoplador pueden ser montados.
6. Alinear la corredera debajo de la rueda de soporte de la caja de entrada y mampostear.
7. Ahora es posible conectar los conductos con el ventilador; sin embargo, no se debe montar la junta de expansión hasta que las piezas mecánicas del ventilador hayan estado instaladas.

#### **2.3 PIEZAS MECÁNICAS.**

##### **2.3.1 Instalación del conjunto de cojinetes principales.**

Antes de que el conjunto de cojinetes principales pueda ser instalado, tire del difusor y de la caja de entrada con el bastidor de la pieza de conexión cilíndrica. Después afloje la parte superior de la última y levántela. Ahora baje el conjunto de cojinetes principales. que se provee en una unidad, sobre los bloques de soporte maquinados. Antes de que alcance su posición final conecte las mangueras de lubricación y los bulbos de temperatura, que amplían a través de la carcaza base del ventilador, hacia las marcas de guía de las conexiones de la tubería y a las conexiones y al buje en el conjunto de cojinetes. Figura. 2.1

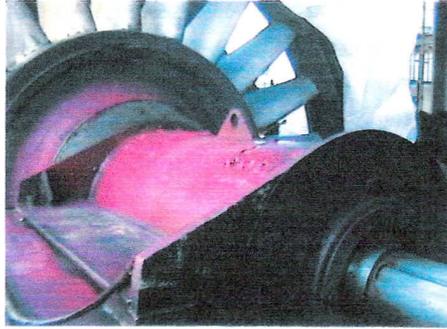


Figura. 2.1 Conjunto de cojinetes principales

Dirija el conjunto de cojinetes principales en el lugar de los pernos de guía cónicos, y asegúrelo con los tornillos. Cerciórese de que las tuberías de lubricación no tengan ningún codo ó curva agudos que puedan crear las bolsas de aire.

Quite la cubierta para el conjunto de cojinetes y complete el aceite al nivel máximo mostrado en el indicador de aceite. Monte la cubierta y el empaque de goma provistos. Figura. 2.2

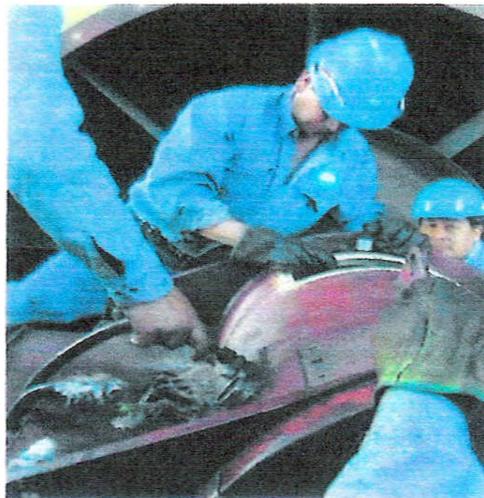


Figura. 2.2 Cubierta del conjunto de cojinetes

En el caso de los ventiladores de tiro forzado el siguiente paso es ajustar el sello de laberinto hacia el extremo del difusor del conjunto de cojinetes por medio de 6 pernos de soporte. Cerciórese de que se centre alrededor del eje principal. Antes la pieza de conexión cilíndrica es bajada en la posición y enseguida, coloque los empaques del embalaje alrededor de la circunferencia exterior del sello de laberinto así como en la línea de división entre la tapa y las mitades del fondo de la pieza de conexión.

### 2.3.2 Instalación del cubo

El cubo R, que debe ser utilizado en el extremo del difusor, tiene una cubierta acanalada.

El cubo K, que se utiliza en el extremo del acoplador, tiene una cubierta muy pesada sin las canaletas y los orificios de fijación sencillos en el cubo con rosca en el fondo para el accesorio de la cubierta.

Al llegar al sitio, desmonte la cubierta del cubo. Entonces desatornille las tuercas de los tornillos prisioneros que soportan los anillos guía y el disco de regulación juntos, y quite el anillo guía externo y el disco de regulación. Coloque la maniobra en uno de los bujes del cubo y levántelo a la misma altura del extremo del

Monte las cubiertas de ajuste en ambos extremos del eje principal. Ahora ajuste los discos de regulación y los anillos guía. Figura.2.3  
eje por medio de una grúa o de diferenciales. Antes de que monte el cubo en el eje desmonte ambas cubiertas de ajuste en los extremos del eje principal. Lubrique los extremos del eje principal



Figura. 2.3 Montaje del cubo (impulsor)

El muñón de soporte tiene un hilo de rosca largo en un extremo que debe ser ajustado en el eje principal en el extremo del acoplador. Tenga cuidado de no dañar los bujes del muñón que apoya el muñón en ambos extremos del eje principal.

Tire del cubo en la posición por medio del muñón de soporte que se debe asegurar en el extremo opuesto con una arandela y una tuerca. Cuando el cubo ha alcanzado su posición final, apriete la tuerca y la arandela de seguridad.

Monte el cubo en el extremo opuesto de manera semejante, con ayuda de los anillos guía. Figura. 2.4



Figura. 2.4 Montaje de los anillos guía

Conecte los discos de regulación con el muñón por medio de los discos de soporte. Para que el ajuste de los álabes sea en la misma posición en ambos cubos un disco de soporte debe de permanecer fijo preferiblemente del

lado de la descarga, mientras que el disco en el extremo del acoplador puede ser ajustado con la rosca y atornillar con una tuerca, la longitud de la cual se adapta a cada ventilador individualmente.

Atornille el disco de soporte ajustable en el extremo del acoplador en el muñón hasta que la tuerca se pueda atornillar, después atornille el disco de soporte y apriete. Asegure el disco de soporte al disco de regulación

Coloque el disco de soporte fijo en el extremo de regulación en el muñón de soporte de modo que los tornillos de fijación sean opuestos a los agujeros roscados en el disco de regulación. Tire de él sobre el muñón hasta que lo lleve contra el collar y asegúrelo al disco de regulación. Asegure el disco de soporte con la arandela de seguridad y la tuerca.

La cubierta de enfrente del extremo del acoplador es proporcionada con barrenos para los tornillos. Álcela dentro del ventilador usando la maniobra colocada en un barreno roscado por medio de un tornillo cónico. Entonces monte los tornillos y una la cubierta. Como se muestra en la Figura. 2.5



Figura. 2.5 Montaje de la concha- cople

Atornille el muñón de regulación con una junta en el disco de soporte en el extremo del difusor y ponga la cubierta del cubo en el cubo

Ahora dirija el borde con el excedente de soporte del cojinete sobre el muñón de regulación y únalo a la cubierta. Antes de montar el cojinete de soporte, limpie el exterior de la cubierta de cojinete del muñón de regulación y úntelo con grafito.

### 2.3.3 Alineación del motor.

Coloque el eje intermedio entre el eje y la cubierta del impulsor, manteniendo la separación axial apropiada. Con un comparador de carátula colocado en la cubierta alinee el eje intermedio exactamente de modo que el desplazamiento máximo del impulsor cuando este gire 360. No exceda 0,05 milímetros.

Atornille el muñón de regulación con una junta en el disco de soporte en el extremo del difusor y ponga la cubierta del cubo en el cubo

Ahora dirija el borde con el excedente de soporte del cojinete sobre el muñón de regulación y únalo a la cubierta. Antes de montar el cojinete de soporte, limpie el exterior de la cubierta de cojinete del muñón de regulación y úntelo con grafito.

En ciertos casos donde la longitud del extremo del eje del motor no se ha adaptado directamente al acoplador se provee un anillo intermedio, que se debe montar en el eje del motor para colocarlo contra el collar del eje antes de que se monte el acoplador. Coloque el motor en el pedestal y alinee temporalmente con la regla y la

lana por medio de las calzas provisionales.

Después monte el comparador de carátula de la mitad del acoplador en el eje del motor y haga la alineación final del motor hasta que la dislocación radial registrada por el comparador de carátula este por debajo de 0,05 milímetros y de la dislocación axial debajo de 0,2 milímetros cuando el eje del motor es girado 360° figura. 2.6



Figura. 2.6 Alineación del motor

Determine el grosor de las lanas que insertarán debajo del motor y móntelas como se muestra en la figura. 2.7. Cuando se han puesto estas lanas, una el motor y vuelva a inspeccionar la alineación. Cuando la alineación está correcta el motor esta listo para el funcionamiento sin estar acoplado al ventilador.

Los electricistas de la central eléctrica conectaran el motor y lo prueban para comprobar la dirección de la rotación que debe ser a la derecha visto desde la caja de entrada y comprobar que la vibración no sea excesiva.

Después de esta prueba de ensayo lubrique la superficie común para el acoplador con la goma provista. Ajuste y asegure de acuerdo con las marcas guía del acoplador.

Atornille debajo de los pernos de ajuste y compruebe que el eje intermedio tiene movimiento axial libre. Llene los acopladores con grasa y tape.



Figura. 2.7 Colocación de lana

#### 2.3.4 Instalación de álabes.

Monte los álabes con un esfuerzo de torsión en los tornillos de fijación especiales para álabes de 40-45lb/pie. Estos alabes deben estar limpios ya que se hace antes un examen visual para determinar si no tienen fisuras

Figura. 2.8



Figura. 2.8 alabes

### 2.3.5 Montaje en el ventilador.

El difusor puede ser ahora colocado en la posición; cerciórese de que el sello del laberinto esté centrado correctamente alrededor del cuello de la cubierta del cubo.

Una el difusor a la corredera y al bastidor y asegure el accionamiento de regulación entre el muñón de regulación y la manivela en el eje de regulación

Conecte las mangueras del aceite a la estación central de lubricación.

Ahora monte las dos piezas cónicas del acoplador las cuales deben ser aseguradas hacia la lámina de acero del sello del laberinto en la mitad del acoplador del motor.

## 2.4 ÁLABES.

### 2.4.1 Separación entre álabes y la cubierta del impulsor.

Mida la separación entre los álabes y la cubierta del impulsor antes de montar el disco de regulación en el cubo de manera que el ajuste de la separación pueda ser hecha con la tuerca del álabe

Las mediciones deben ser hechas tanto en la mínima distancia como en la máxima con respecto del álabe y la cubierta del impulsor estando estas dentro de los parámetros.

Separación con el impulsor montado:

1. Cuando el álabe más retirado es volteado alrededor de la cubierta del impulsor hacia otras posiciones, la separación no debe aumentar de la tolerancia 2,8-2,9 milímetros en relación al lugar más estrecho.
2. Cuando el álabe más cercano se da vuelta en la cubierta del impulsor donde la separación es la máxima en su valor máximo medido debe ser 4,4 milímetros.

Para que se obtengan los valores correspondientes, el ajuste por medio de la tuerca del álabe puede ser necesaria; el mismo ajuste se debe entonces hacer para todas las tuercas para conservar el equilibrio rotatorio.

El ajuste del álabe hacia el centro no debe exceder 0,7 milímetros, y el ajuste en la dirección opuesta no debe causar que la base del álabe sobresalga más de 0,8 milímetros sobre la superficie del impulsor.

## **2.5 AJUSTE.**

Para utilizar la capacidad completa del ventilador, el ajuste de los álabes debe ser hecho como se describe a continuación:

Después del retiro de los álabes a través de la inspección de la cubierta del bastidor del impulsor, monte la herramienta de ajuste del álabe. Fije los álabes en su posición cerrada y dé vuelta al tornillo de presión externo para presionar ligeramente contra el extremo del limitador; repita la misma operación con los álabes en la posición completamente abierta. Fije los álabes en la posición intermedia, rote ambos tornillos de presión una revolución (una vuelta), y asegúrelos con la tuerca de seguridad. Fije la escala graduada externa para el mecanismo en O. para los álabes ajustándolos en O. como medida para llegar a la herramienta de ajuste del álabe.

La palanca de regulación externa puede ahora ser colocada en el eje de regulación y ajustarla de acuerdo con el servomotor. Fije el extremo del limitador del servomotor de modo que los tornillos de presión del final de la horquilla estén apenas despejados al final de la horquilla en sus posiciones extremas.

## **2.6 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.**

Llene el conjunto de cojinetes principales con lubricante como fue descrito en la secc. 2.3.1 antes de encender el ventilador vea que el nivel de aceite está entre las marcas de max/min del cristal de la galga de aceite. Nota: Antes de que se comience el trabajo vea que el motor no se pueda encender accidentalmente.

Examine cuidadosamente los conductos que están antes y después del ventilador para cerciorarse de que están perfectamente limpios y libres de las herramientas que pueden ser aspiradas por el ventilador y causar un gran daño

Encienda el motor principal teniendo colocado el indicador del álabe en la posición O°.

Verifique que el cojinete principal tenga el aceite de lubricación necesario para realizar la prueba de funcionamiento. Las personas presentes en el funcionamiento de ensayo deben usar los tapones de oído o similares, ya que el nivel de sonido puede ser dañino a los oídos.

## **CAPÍTULO 3**

### **OPERACIÓN DEL VENTILADOR**

### **3.1 OPERACIÓN.**

#### **3.1.1 Arranque del ventilador.**

El control es efectuado desde la consola del cuarto de control. Cada uno de los ventiladores puede ser arrancado manualmente por medio de un interruptor de control. Al arrancar el ventilador los permisos serán: que exista la presión de lubricación necesaria, la compuerta de descarga cerrada y los álabes cerrados.

#### **3.1.2funcionamiento.**

Es el encargado de producir el flujo de aire con la presión y temperatura adecuada para lograr una eficiente combustión en el hogar y conducir los gases producidos hacia la atmósfera.

Es recomendable controlar la temperatura del conjunto de cojinetes principales frecuentemente. Estos ventiladores tienen dos sensores para medir la temperatura del metal de los cojinetes, los cuales envían una señal si la temperatura llega o sobrepasa los 75° C a lo cual están calibrados.

Al mismo tiempo vea que la presión del aceite está entre los límites indicados. Para el aceite de lubricación la presión de descarga de las bombas es de 4 Kg. /cm<sup>2</sup>, llegando el aceite a los cojinetes a 2.3 Kg. /cm<sup>2</sup>. Compruebe el nivel de aceite frecuentemente.

Si un ventilador comienza a vibrar durante el funcionamiento la causa debe ser encontrada y ser eliminada antes de que la vibración llegue a ser excesiva ya que de lo contrario pueden llegar a resultar daños considerables para el ventilador o las estructuras colindantes.

#### **3.1.3 Paro del ventilador.**

Cuando un ventilador por alguna razón debe ser parado los alabes estarán normalmente cerca de la posición cerrada y la compuerta de accionamiento neumático se cierra cuando se para el ventilador. Algunas razones de paro pudieran ser: colocar el interruptor de control en posición de paro, presión del aceite de lubricación inferior a 0.7 Kg. /cm<sup>2</sup>, sobrecalentamiento del motor.

### **3.2 OPERACIÓN PARALELA.**

Están instalados dos ventiladores de tiro forzado diseñados para 100% de carga entre ambos, los cuales van acoplados a motores eléctricos de inducción de corriente alterna de 2500 caballos de potencia a una tensión de 4160 volts de 3 fases y de velocidad constante.

Si un ventilador esta siendo parado para la inspección mientras que el otro está funcionando, la carga de la caldera se debe reducir a la cantidad que corresponde a la capacidad del ventilador. En este caso 50/50. Entonces, fije el sistema de control de ambos ventiladores a la operación manual, y regule gradualmente un ventilador cerrando sus álabes mientras que al otro va abriendo más el ángulo de ataque. Cuando los álabes de uno de los ventiladores son cerrados se cerrará del lado descarga la compuerta de accionamiento neumático y se parará el ventilador. Si el sistema de control lo permite, el otro ventilador se puede ahora fijar

a la operación automática.

Cuando reanude la operación de un ventilador que ha estado fuera por inspección, comiencela con los álabes y la compuerta de accionamiento neumático cerrados. Al arrancar el ventilador se podrá abrir la compuerta de accionamiento neumático y el ventilador se podrá regular manualmente, mientras que el otro ventilador se regula cerrando el ángulo de los álabes. Finalmente, cuando la carga en ambos ventiladores es igual, se fijan ambos a la operación automática, después de lo cual el generador de vapor puede estar operando otra vez a carga completa.



Figura. 3.1 Operación de los ventiladores

### **3.3 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO.**

Si la planta esta construida correctamente y los instrumentos dan la lectura exacta el ángulo del álabe, el ajuste del servomotor y el consumo de energía serán igual en ambos ventiladores en cualquier carga dada. Ambos ventiladores tienen escalas que indican el ángulo del álabe directamente, y como esta escala está en conexión mecánica con los álabes, la posibilidad de lecturas incorrectas es insignificante.

Si el panel de control muestra una diferencia en los ajustes del servomotor, aunque con el mismo amperaje, existe la posibilidad que los indicadores de posición fallen. Si ninguna diferencia en el ángulo de los álabes no puede ser comprobada la avería se debe encontrar en el indicador de posición o el transmisor del impulso del servomotor.

Si hay una diferencia de amperaje en la misma posición del indicador y el mismo ángulo del álabe puede que el amperímetro este fallando

### **3.4 ACEITE DE LUBRICACIÓN**

Los cojinetes principales se pueden lubricar con los siguientes tipos de aceite:

Chevron	Aceite hidráulico.EP 11
---------	----------------------------

Castrol	Hyspin AWS 46
Esso	Nuto H 44
Gulf	Mechanism LP 47
Mobil	DTE 13
Shell	Aceite Tellus 27
Texaco	Aceite Rando HDB

### 3.5 DATOS TÉCNICOS DE LOS VENTILADORES DE TIRO FORZADO

MARCA.....NORDISK VENTILADOR CO.

TIPO:.....CENTRÍFUGO DE FLUJO AXIAL DE ÁLABES DIRECTRICES

FLUJO:.....572,640 M3/H

PRESIÓN ESTÁTICA:.....494 MMH2O

VELOCIDAD:.....1170 RPM

MOTOR ELÉCTRICO:

MARCA .....CANADIAN WESTING-HOUSE CO.

POTENCIA.....2500 HP

TENSIÓN: .....4000 V

CORRIENTE .....306 A

VELOCIDAD: .....1190 RPM

## CAPÍTULO 4

### INSPECCIÓN DEL VENTILADOR

#### 4.1 INSPECCIÓN.

Los ventiladores VARIAX se diseñaron para una operación continua y se deben examinar una vez al año o después de aproximadamente 8000 horas de operación.

Todas las partes del impulsor y mecanismo de regulación deben ser examinadas cuidadosamente, mientras que normalmente los cojinetes principales necesitan solamente ser examinados si cualquier irregularidad, tales como operación ruidosa o aumento de la temperatura del cojinete se llegan a presentar.

Antes de que se comience la inspección, vea que el motor principal no se pueda encender accidentalmente.

#### **4.2 INSPECCIÓN DEL IMPULSOR.**

Durante la inspección anual el impulsor debe ser desmontado totalmente y todas las piezas deben ser limpiadas y examinadas.

Una inspección del impulsor lleva al retiro del difusor, de la caja de entrada, y de la flecha flotante entre el ventilador y el motor. Estas operaciones requerirán el uso de una grúa o el uso de diferenciales así como herramientas especiales y las herramientas normales de mano.

#### 4.2.1 Desmontaje.

1. Quite los tornillos de los carriles cercanos del difusor como se muestra en la figura. 4.1
2. Quite la barra del tirón del servomotor de la palanca de maniobra.
3. Desmonte el accionamiento cardán, mangueras de lubricación, cojinete de soporte y varilla De regulación.

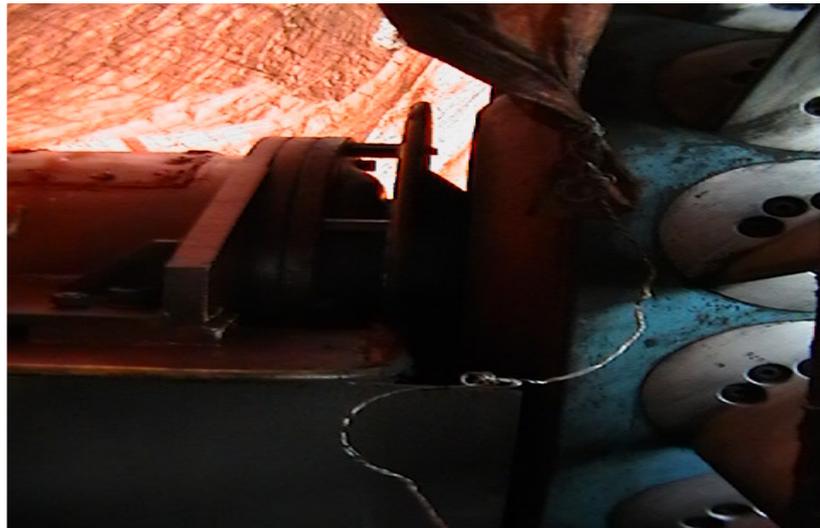


Figura. 4.1 Desmontaje del sistema de control pistón piloto

4. Quite los tornillos entre el marco del impulsor y la pieza central del difusor.
5. Empuje el difusor aproximadamente 700 milímetros lejos del marco de impulsor después del Retiro de la junta de expansión entre el difusor y el conducto:
6. Quite la cubierta del impulsor.
7. Desatornille el arreglo de ajuste de la mitad del acoplador en el motor principal.
8. Quite el panel entre la caja de entrada y el motor, quite las juntas de expansión de la caja de Entrada y el dueto de entrada. Desatornille el acoplamiento de la brida de la cubierta del impulsor Y ruede la mitad del acoplador del motor y el eje con las mitades de los acopladores a un lado.
9. Quite los tornillos entre la pieza central de la caja de entrada y el marco del impulsor.
10. Quite los pernos de los carriles cercanos de la caja de entrada.
11. Empuje la caja de entrada 600-700 milímetros hacia el motor y sujétela.
12. Quite la cubierta del impulsor en el lado del acoplador. Un diferencial acoplado en la parte Cónica de la cubierta en el lugar del tornillo insertado en la cubierta y utilizado para bajarla.
13. Quite los tornillos que unen el disco del muñón de soporte a los discos de regulación y Compruebe la separación entre el disco de soporte, después teniendo empujado el alojamiento De los discos de regulación levante y baje el disco en ambos extremos.
14. Quite uno de los discos del soporte del muñón y saque el disco de soporte, .Desmonte las Cubiertas de ajuste
15. Desmonte los dos impulsores según lo descrito abajo:
16. Quite las tuercas de los tomillos prisioneros de los anillos guía y quite el primer anillo guía y

el

Disco de regulación. El último anillo permanece en el impulsor.

17. Abra las arandelas de seguridad y desatornille la tuerca del conjunto del álabe.
18. Afloje los tornillos de fijación de la espiga y quite el balancín.
19. Quite el álabe y el conjunto álabe-espiga-balancín.
20. Por medio de una maniobra soporte el impulsor.
21. Afloje y retire los tornillos de la flecha de mando.
22. Enderece la arandela de seguridad y quite la tuerca junto con la arandela.
23. Quite el impulsor figura. 4.2

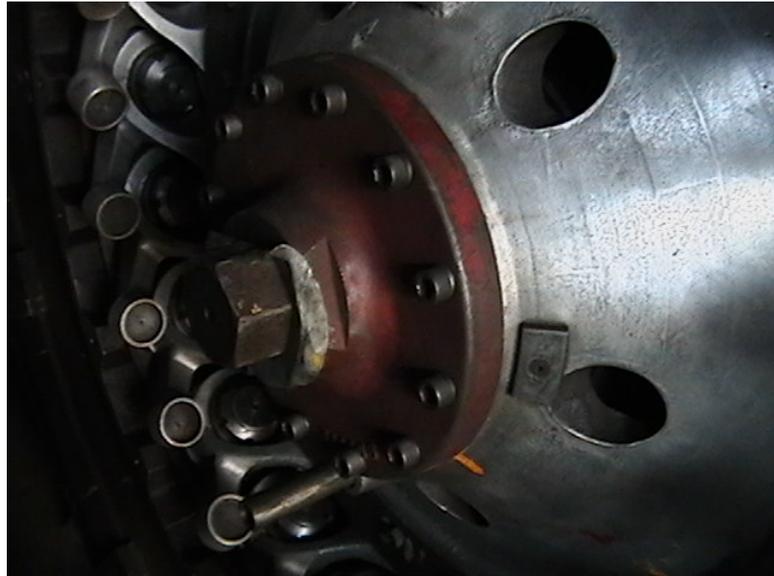


Figura. 4.2 Desmontaje de los anillos de empuje axial del plato regulación

#### 4.2.2 Inspección y reemplazo.

Limpie y examine todas las piezas desmontadas. Los rodamientos que muestran signos de desgaste deben ser substituidos

Limpie los impulsores cuidadosamente antes de montar. Lubrique las piezas después de limpiar, reparar y del reemplazo.

#### 4.2.3 Montaje.

Caliente el impulsor para colocarlo Figura. 4.3 en el eje después de lo cual ayudándose por medio de diferenciales colóquelos de tal manera que estos jalen el impulsor a su posición dentro del eje, no olvide colocar la cuña para asegurar el impulsor en el eje.



Figura. 4.3 Calentamiento del impulsor para su monta

Coloque los sellos de teflón de los álabes en el impulsor. Lubrique la espiga y los rodamientos de cada álabe con grasa de baja temperatura, a continuación introduzca el álabe en el orden correspondiente e instale la pista de rodamiento de diámetro mayor. Inserte el rodamiento. Instale la pista de rodamiento de diámetro menor. Fije el balancín junto con su cuña después de lo cual ponga la lina candado y la rondana cónica.

Atornille la tuerca figura.4.4 del álabe con un esfuerzo de torsión de 75 lbs/pie y regrésela 120. Libres. Mida el huelgo entre el álabe y la carcaza, colocando el álabe en la parte inferior de la carcaza, verificando que el huelgo se encuentre dentro de los límites. Apriete el prisionero del balancín estando el álabe en la parte inferior de la carcaza por ultimo trabaje la tuerca con la lina candado.



Figura. 4.4 Montaje de los álabes

Coloque los anillos de empuje axial del plato comenzando por el interno para poder así instalar el plato regulador y finalizando con el anillo de empuje exterior colocándole las rondanas y atornillando las tuercas.

Ahora podrá colocar el plato de ajuste así mismo los tomillos junto con la arandela de seguridad de la tuerca, atornille la contratuerca y asegure la tuerca.

Alce el conjunto concha-cople por medio de un diferencial enfrente del eje principal. Atornille el conjunto.

En el lado descarga retire el tapón provisional del alojamiento del pistón piloto, atornille el pistón piloto verificando que este centrado para apretar los tornillos definitivamente, instale el brazo de mando del pistón piloto verificando que las mangueras queden conectadas de acuerdo a su posición original coloque el brazo de control tornillo perno con la contratuerca y apriételo.

Prepare las maniobras correspondientes para ensamblar el conducto de succión y de descarga. Atornille los conductos con la junta carcasa y el soporte para así colocar la junta flexible en ambos conductos y atornillarla

Para el acoplamiento del eje flotante, figura. 4.5 lubrique e instale los anillos separadores de cople colocando una junta de modo que exista un huelgo de  $0.093'' \pm 0.002''$  en ambos coples. Ensamble los coples según corresponda y atorníllelos. Cabe mencionar que esto se realiza del lado concha-cople por lo que para el lado del motor se realizara el mismo procedimiento verificando que el huelgo deba de ser  $0.186'' \pm 0.002''$ .



Figura. 4.5 Alineación de la flecha flotante

Dado que las piezas se han colocado nuevamente se tendrá que realizar un alineamiento por lo que se realizará la maniobra para colocar los soportes de flecha apretándolos, la separación entre los coples será de  $0.480''$ . Coloque las abrazaderas para la alineación y los indicadores en posición tanto radial como axial. Las lecturas aceptables se encontraran dentro de  $\pm 0.001''$  en el lado de la concha-cople y del motor.

### **4.3 INSPECCIÓN DE COJINETES PRINCIPALES.**

#### **4.3.1 Diseño.**

El conjunto de cojinetes incorpora los cojinetes de bola y de rodillo SKF y se ha diseñado especialmente para el uso en centrales eléctricas donde es imprescindible grandes cargas.

las temperaturas o el ruido excesivo de los cojinetes principales del ventilador durante la operación dará lugar al desmontaje de los cojinetes y reemplazo de cualquier cojinete que pueda estar dañado.

#### 4.3.2 Desmontaje.

Para poder desmontar los cojinetes figura. 4.6 principales será necesario primeramente quitar los álabes y después los impulsores del lado succión y del lado descarga. Quite el sistema del pistón piloto así como también el servomotor y la válvula piloto.

Quite las mangueras de alimentación de aceite lubricante y drene el aceite del conjunto. Desatornille el conjunto de cojinetes, levántelo y quite las mangueras de lubricación conectadas al conjunto de cojinetes.

Retire los tubos de lubricación internos del conjunto de cojinetes para lo cual tendrá que quitar la tapa registro del conjunto. Afloje la tapa de ajuste del lado descarga también afloje la tapa lateral de sello lado succión para poder retirar los retenes de aceite de ambos lados.



" ...

Figura. 4.6 Desmontaje del conjunto de cojinetes

Desmonte la cubierta externa de los rodamientos lado descarga así como la cubierta externa del rodamiento de carga del lado succión. A continuación podrá retirar el conjunto de rodamientos con cubierta del cilindro. El retenedor de aceite del rodamiento radial autoalineable del lado descarga se podrá retirar. Verifique el estado de los rodamientos y cámbielos si es necesario asimismo verifique el estado de los amortiguadores del rodamiento axial.

Para extraer los rodamientos se tendrá que colocar la maniobra correspondiente para que de esta manera retire los anillos separadores de rodamientos radiales. Ayúdese calentando la pista del rodamiento radial autoalineable del lado descarga a una temperatura de 80-100

.C para extraer el rodamiento radial autoalineable lado descarga. Aplique una temperatura de 80-100 .C a la pista del rodamiento radial rígido y extraiga el rodamiento. Desmonte el separador entre el rodamiento radial autoalineable y el rodamiento axial. Caliente el rodamiento axial a una temperatura de de 80-100.C para extraerlo y tome referencia de esto figura. 4.7

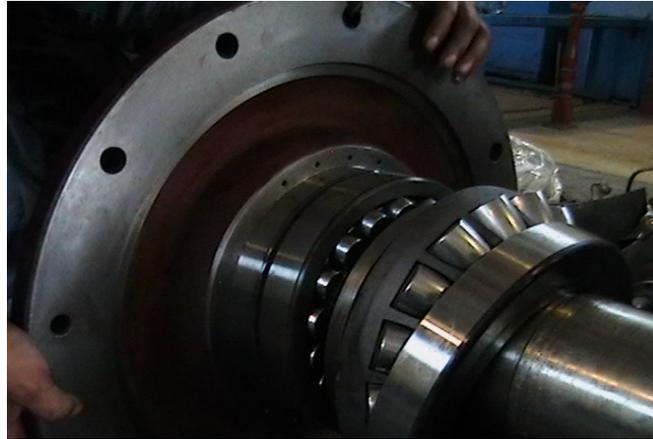


Figura. 4.7 Desmontaje de rodamientos

#### 4.3.3 Montaje.

Introduzca la cubierta interna del rodamiento radial rígido figura. 4.8 caliente el rodamiento radial rígido a unos 80 .C y móntelo en el eje de rodamientos lado succión. Monte el separador externo del rodamiento radial rígido e introduzca la cubierta externa con su correspondiente pista del rodamiento radial rígido

Coloque la cubierta interna del rodamiento axial y auto alienable así como también los amortiguadores del rodamiento axial. Caliente el rodamiento axial a 100 .C y póngalo en el eje de rodamientos del lado descarga verificando su posición. Monte el separador interno entre los rodamientos axial lado descarga y el autoalineable.



Figura. 4.8 Montaje de rodamientos lado descarga

Caliente el rodamiento axial a 100°C y móntelo en el eje de rodamiento lado descarga verificando su posición. Coloque el separador interno entre los rodamientos axial lado descarga y auto alienable después de lo cual ponga el retenedor de aceite del rodamiento radial auto alienable en la cubierta externa para así poder montar la cubierta externa de los rodamientos radial y axial y apretarla.

Introduzca el eje de rodamientos con sus juntas en el cilindro y apriete en ambos lados, verifique dicho apriete de los rodamientos en caso de ser necesario ajuste con juntas en la cubierta externa del cilindro lado descarga.

Monte el anillo y coloque los retenes de aceite en ambos lados del eje para así después colocar las tapas laterales en el lado succión y descarga, en seguida instale el deflector lado descarga figura.4.9 y verifique que este centrado. Verifique la excentricidad del eje en ambos lados.

Conecte la tubería de lubricación de los rodamientos

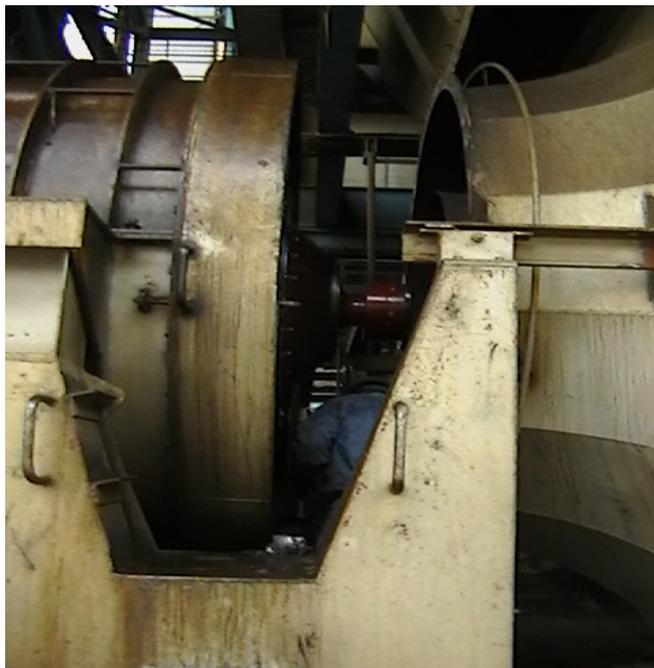


Figura. 4.9 Montaje del deflector

#### 4.3.4 Montaje en el ventilador

Ponga la cubierta del cojinete montada sobre la pieza del centro de la placa base del ventilador y conecte las mangueras bajo la cubierta del cojinete hacia la estación central de lubricación. Dirija la cubierta del cojinete por medio de las guías figura. 4.10 y apriete los tornillos. Dirija los sensores de los termómetros a través de las entradas atornilladas y sujételas en los agujeros de la guía

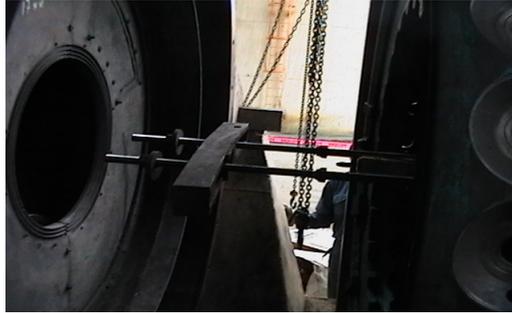


Figura. 4.10 Montaje del conjunto de rodamientos en las guías

Reponga el aceite al cilindro de rodamientos de modo que este dentro del nivel de trabajo después de lo cual atornille los registros.

#### **4.4 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.**

Verifique que existe una buena lubricación durante el funcionamiento del ventilador de los cojinetes principales. Cheque que el ventilador no tenga una vibración excesiva de lo contrario el ventilador tendrá que ser balanceado hasta que el ventilador este dentro de los límites de vibración.

Después de comprobar que el ventilador tiene el aceite suficiente y que esta balanceado, el ventilador estará listo para la operación.

## CAPÍTULO 5

### SISTEMA DE CONTROL

#### 5.1 OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE REGULACIÓN HIDRÁULICA PARA VENTILADORES VARIAX TIPO ASN/AST.

El sistema hidráulico consiste en una unidad de regulación, instalada en el impulsor y una estación central de aceite separada.

La unidad de regulación abarca un pistón estacionario y un cilindro inmóvil, que transfiere el movimiento a los álabes a través del muñón de soporte ó disco de soporte y del disco de regulación. Un extremo del cilindro forma la cubierta de la válvula de regulación, que junto con la tobera y la ranura de tubo cónico, baja la presión de la bomba a la presión atmosférica figura. 5.1

1. Si el brazo de maniobra y la válvula de regulación se aseguran en una posición dada, el cilindro se colocará en un estado de equilibrio sin oscilaciones (variaciones) de modo que el área de la presión  $x$  sea igual en cualquier lado del pistón.
2. Si los álabes van a ser abiertos el brazo de maniobra se debe ajustar a la posición requerida Indicada en la escala graduada del brazo externo en el Ventilador.  
Según lo descrito arriba, también la válvula de regulación será movida por medio del brazo Externo. La ranura de tubo cónico aumenta. En consecuencia la presión en el lado más grande Del pistón disminuye y el cilindro se moverá a "abierto" hasta que el estado de equilibrio Anteriormente se ha restablecido.
3. Si los álabes van a ser cerrados a un cierto ángulo el procedimiento será como sigue: Cuando la  
Válvula de regulación se mueve a "cerrado" la ranura se cerrará, y la presión será igual en cualquier lado  
Del Pistón. Debido a la diferencia en el área de los lados del pistón el cilindro se moverá hacia el impulsor  
Hasta que la condición descrita anteriormente se ha alcanzado, es decir hasta que ha viajado el cilindro  
La misma distancia que la válvula.  
Para asegurar que la velocidad de movimiento sea casi igual en ambas direcciones el aceite será  
Admitido hacia el compartimiento en el lado más grande del pistón a través de la ranura, mientras es  
Abierto cuando la ranura se cierra.



Figura. 5,1 Unidad de regulación

hidráulica

Nunca se obtendrá mover la válvula en las posiciones "completamente abierta" y "completamente cerrada". Cerca del equilibrio la válvula hará solamente desviaciones pequeñas, como aun la desviación más pequeña dará lugar a una alteración de la presión en el compartimiento en el lado del pistón donde hace frente al impulsor y, por lo tanto, a un movimiento del cilindro. En cada posición de la válvula el aceite atravesará completamente la flecha de mando de modo que sea posible utilizar la flecha de mando incluso en las altas temperaturas ambiente por medio de un refrigerante exterior de este flujo del aceite.

#### 5.1.1 Desmontaje de la unidad de regulación hidráulica.

1. Separe el tirón de bifurcación del anillo cardán desmontando los pernos ajustados.
2. Quite el abastecimiento y vuelva las mangueras del aceite en el sello rotatorio y en el eje de Regulación.
3. Desplace el disco de ajuste del ventilador de modo que el espacio requerido para desmontar la  
Unidad de regulación esté libre.
4. Una por medio de diferenciales al carcamo que alza la cubierta de soporte.
5. Quite los tornillos del cilindro hidráulico.
6. Quite los tornillos de la cubierta de soporte.
7. Quite la unidad de regulación del cubo por medio de diferenciales y póngala en una cama limpia y  
Sólida con el sello rotacional hacia arriba.

Cuando monte la unidad de regulación proceda en orden inverso.



Figura. 5.2 Montaje y alineación del servomotor

Durante el montaje alinee la cubierta de soporte y el sello rotatorio de modo que la excentricidad máxima no exceda 0,05 milímetros.

#### 5.1.2 Sustitución de la unidad de regulación hidráulica.

Después de desmontar la unidad de regulación con la cubierta de soporte según puntos 1-7, libere la unidad de regulación en el orden siguiente:

- . Desmonte los pernos guía figura. 5.3. Saque la válvula cuidadosamente de la cubierta de la válvula.
- . Afloje los tornillos del extremo del soporte de la cubierta desmontando la cubierta de soporte.



Figura. 5.3 Montaje de la válvula piloto

Al montar proceda en orden inverso.

#### 5.1.3 Substitución del sello rotacional.

1. Desmonte los pernos de ajuste forzado y quite la bifurcación del tirón del anillo cardán.
2. Quite el abastecimiento y vuelva las mangueras del aceite en el sello rotatorio.
3. Quite los pernos guía y saque la válvula cuidadosamente de la cubierta de la válvula.

4. Desmonte los tornillos y quite el sello rotatorio.

Al montar el sello rotatorio proceda en orden inverso.

Nota:

El sello rotatorio debe ser alineado que la excentricidad máxima no exceda 0,05 milímetros.

La alineación es hecha ajustando los tornillos.

#### 5.1.4 Estación central hidráulica para el tipo 5.

La estación central hidráulica provee a la unidad de regulación del impulsor un flujo continuo de aceite.

La estación central se arregla en un armazón cubierto con lámina galvanizada. Los 4 soportes de la estación central tienen un agujero cada uno de 12 milímetros para el montaje en la cimentación Figura. 5.4

La presión del aceite se puede leer de un manómetro a través de un cristal de plexiglás en el frente de la estación central.

En la parte posterior de la estación central hay dos conexiones para el abastecimiento y retorno del aceite a la unidad de regulación.



Figura. 5.4 Estación de control

En el armazón los componentes se arreglan en gradas.

#### 5.1.5 Grupo de bombas.

La tercera grada es el grupo de la bomba Figura. 5.5 que abarca dos bombas de alta presión cada una conectada al depósito de aceite, instalado en la segunda grada, por medio de una tubería de succión. La bomba de aceite No. 1 es la bomba de funcionamiento y la bomba de aceite No. 2 es la bomba de reserva.



Figura. 5.5 conjunto de bombas

#### 5.1.6 Depósito de aceite.

El depósito de aceite está instalado en la segunda grada junto con la tubería que lo llena de aceite y una varilla para medir el nivel de aceite. Además, las válvulas y un manómetro se han colocado en esta grada.

#### 5.1.7 Enfriador de aceite Figura. 5.6

El enfriador de aceite de la estación central con sus dos ventiladores está instalado en la grada inferior. El ventilador No. 1 es el ventilador de funcionamiento y el ventilador No. 2 es el ventilador de reserva.



Figura. 5.6 radiador

#### 5.1.7.1 Método de operación.

El aceite es bombeado por la bomba que esta en el tanque de aceite a través de la válvula de

rectificación y la válvula de limitación de presión para la conexión de la tubería de flujo en la parte posterior de la estación central y de ahí a la unidad de regulación. El aceite vuelve de la unidad de regulación a través de la conexión de la tubería de retorno, puesta debajo de la conexión de la tubería de flujo en la estación central, al enfriador y al filtro y de ahí al depósito de aceite.

#### 5.1.8 Sustitución del filtro de aceite.

El filtro de aceite está situado debajo del grupo de la bomba.

Para sustituir el filtro lubrique el anillo de ajuste de goma con aceite hidráulico antes de colocar el nuevo filtro. Atornille el filtro hasta que toque el anillo de ajuste toda la forma redonda. Entonces del filtro de vuelta

#### 5.1.9 Comprobación del nivel de aceite.

En la tubería que llena de aceite en la parte superior del depósito de aceite esta una bayoneta para el control del nivel "de aceite.

Quite el tapón de llenado donde la bayoneta tiene marcado un mínimo y máximo.

Cantidad de aceite: Min.=30 L y Máx.=40 L.

##### 5.1.9.1 Sustitución de aceite.

El aceite se debe sustituir después de 8000 horas de operación.

Quite ambos tapones en el fondo del depósito de aceite así como el tapón en el tubo de comunicación entre ambas mitades del enfriador. Cuando el depósito de aceite y el enfriador son vaciados monte los tapones enchufes y llene de aceite nuevo a través de la tubería que llena de aceite al deposito.

## CAPÍTULO 6

### GUÍA DE MANTENIMIENTO

#### 6.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

Para poder realizar el mantenimiento a los Ventiladores de Tiro Forzado es necesaria la guía en la cual se explique los pasos para poder hacer el montaje, desmontaje o alguna otra actividad relacionada con dicho mantenimiento, por lo que a continuación se describe:

##### 6.1.1 Guía de actividades para desacoplar cople motor - flecha ventilador.

1. Maniobrar, aflojar tornillería y retirar tolva de acoplamiento.
2. Estribar extensión y retirar soportes.
3. Marcar posición de coples, aflojar y retirar tornillería.
4. Retirar anillos separadores de ambos coples y juntas.
5. Maniobrar y retirar flecha extensión.

##### 6.1.2 Guía de actividades para desacoplar sistema control pistón pilotó.

1. Marcar, aflojar y retirar mangueras (tubos flexibles) del pistón piloto. 2. Aflojar y retirar

Tornillería de brazo de mando de pistón piloto.

3. Aflojar y retirar tornillería de pistón piloto y retirarlo.

4. Tapar alojamiento del pistón evitando derrame de aceite.

6.1.3 Guía de actividades para desacoplar doctos succión y descarga.

1. Aflojar y retirar tornillería de junta succión.

2. Aflojar tornillería de junta descarga lado dueto ventilador.

3. Aflojar y retirar tornillería junta carcasa lado succión.

4. Aflojar y retirar tornillería junta carcasa lado descarga.

5. Maniobrar y separar carcasa lado succión

6.1.4 Guía de actividades para retirar carcasa lado succión.

1. Maniobrar y soportar el conjunto concha - cople.

2. Aflojar y retirar tornillería del conjunto concha - cople.

3. Maniobrar y retirar el conjunto concha - cople.

6.1.5 Guía de actividades para retirar plato ajuste lado succión.

1. Separar candado.

2. Tomar lectura entre punta de flecha y tuerca.

3. Aflojar y retirar tuerca.

4. Retirar candado.

5. Medir entre punta de flecha y plato. Anotarla.

6. Aflojar y retirar tornillería y plato de ajuste.

6.1.6 Guía de actividades para retirar plato regulador lado succión.

1. Aflojar y retirar tuercas y rondanas del plato regulador.

2. Retirar anillo externo de empuje axial del plato regulador.

3. Marcar posición y retirar plato regulador.

4. Retirar anillo interno de empuje axial del plato regulador.

5. Verificar estado y claro de bujes y pernos. Cambiar si es necesario.

6.1.7 Guía de actividades para retirar alabes lado succión.

1. Enderezar candados de tuercas de la espiga.

2. Aflojar prisioneros aleen del balancín.

3. Retirar registro o ventana de carcasa para extracción de álabes.

4. Verificar que los componentes tuerca, balancín, espiga y álabe estén numerados, numerar o marcar

En caso necesario para no cambiar posición o componentes.

5. Aflojar y retirar tuerca del No. 1, extraer rondana cónica, candado de la tuerca, balancín, cuña, rondana plana, pista de rodamiento diámetro interior menor, conjunto de bolas y pista diámetro interior mayor. Extraer álabe por la ventana de la carcasa. Ensamblar conjunto

para no cambiar componentes.

6. Retirar sello de teflón del álabe.

7. Realizar en la siguiente secuencia: 1, 12, 13, 2, 3, 14, 15, 4, 5, 16, 17, 6,7,18,19, 8, 9, 20,21,10,11,22.

8. Verificación de estado y claro del buje de la espiga. Cambiar si es necesario.

6.1.8 Guía de actividades para desmontar carcasa, soporte pistón lado descarga.

1. Maniobrar y soportar concha - pistón.

2. Aflojar y retirar tornillería de la concha - pistón.

3. Retirar concha - pistón, verificando posición.

6.1.9 Guía de actividades para retirar pistón de mando del ventilador lado descarga.

1. Maniobrar y soportar concha protectora del pistón de mando.

2. Aflojar y retirar tornillería y guías de la concha.

3. Retirar concha protectora del pistón de mando.

4. Maniobrar y soportar pistón.

5. Aflojar y retirar tornillería del pistón.

6. Retirar pistón para limpieza e inspección. Verificar posición

6.1.10 Guía de actividades para retirar plato de ajuste lado descarga.

1. Retirar candado de tuerca de flecha de mando.

2. Aflojar contratuerca de flecha de mando y retirar.

3. Retirar rondana seguro de la tuerca.

4. Aflojar y retirar tuerca del plato.

5. Aflojar y retirar tornillería del plato.

6. Retirar el plato verificando posición del mismo. 7. Retirar flecha de mando del ventilador.

6.1.11 Guía de actividades para retirar plato regulador lado descarga.

1. Aflojar y retirar tuercas del plato regulador.

2. Retirar anillo externo de empuje radial del plato regulador.

3. Marcar posición y retirar plato regulador.

4. Retirar anillo de empuje rodal del plato.

5. Verificar estado y claro de bujes y pernos. Cambiar si es necesario.

6.1.12 Guía de actividades para retirar alabes lado descarga.

1. Enderezar candados de tuercas de la espiga.
2. Aflojar prisioneros aleen del balancín.
3. Retirar registro o ventana de carcaza para extracción de álabes.
4. Verificar que los componentes tuerca, balancín, espiga y álabe estén numerados. Numerar o marcar  
en caso necesario para no cambiar posición o componentes.
5. Aflojar y retirar tuerca del número 1, extraer rondana cónica, candado de la tuerca, balancín, cuña, rondana plana, pista de rodamiento diámetro interior menor, conjunto de bolas y pista diámetro interior mayor. Extraer álabe por la ventana de la carcaza. Ensamblar conjunto para no cambiar componentes.
6. Retirar sello de teflón del álabe.
7. Realizar en la siguiente secuencia 1, 12, 13, 2, 3, 14, 15, 4, 5, 16, 17, 6, 7,18,19, 8, 9,20,21,10,11,22.
8. Verificar estado y claro del buje de la espiga. Cambiar si es necesario.

#### 6.1.13 Guía de actividades para retirar tambores de soporte de alabes succión y descarga.

1. Maniobrar y soportar tambor lado succión.
2. Retirar candado de contratuerca del tambor lado succión.
3. Aflojar tuerca del tambor y retirar.
4. Retirar arandela candado.
5. Maniobrar y retirar tambor lado succión. Apoyándose de un previo calentamiento.
6. Realizar el mismo procedimiento en tambor lado descarga.

#### 6.1.14 Guía de actividades para retirar cubierta superior exterior de conjunto rodamientos.

1. Maniobrar y soportar carcaza superior
2. Aflojar y retirar tornillería de carcaza.
3. Retirar carcaza.
4. Retirar junta sello guardapolvo.

#### 6.1.15 Guía de actividades para retirar carcaza conjunto rodamientos.

1. Aflojar y retirar mangueras alimentación aceite lubricante y drenar aceite del conjunto.
2. Aflojar tornillería de los registros del cilindro de rodamientos y retirarlos.
3. Aflojar y retirar termopares de los rodamientos.
4. Maniobrar y soportar conjunto rodamientos.
5. Aflojar y retirar guías y tornillería.
6. Maniobrar y retirar conjunto.

#### 6.1.16 Guía de actividades para desensamble conjunto rodamientos.

1. Aflojar y retirar tornillería tapa registro del conjunto.
2. Aflojar y retirar tubos de lubricación interno.
3. Aflojar y retirar tornillería tapa de ajuste lado descarga.
4. Aflojar y retirar tornillería tapa lateral de sello lado succión.
5. Retirar retenes de aceite ambos lados.
6. Aflojar y retirar tornillería de la cubierta externa de los rodamientos lado descarga.
7. Aflojar y retirar tornillería de la cubierta externa del rodamiento de carga lado succión.
8. Retirar conjunto de rodamientos con cubiertas del cilindro.
9. Aflojar tornillos y retirar el retenedor de aceite del rodamiento radial autoalineable lado descarga.
10. Verificar estado de rodamientos. Cambiar en caso necesario.
11. Verificar estado amortiguador del rodamiento axial.
12. Realizar limpieza y cambiar juntas dañadas.

#### 6.1.17 Guía de actividades para desensamble de rodamientos.

1. Maniobrar para extracción de rodamientos.
2. Retirar anillos separadores de rodamientos radiales.
3. Aplicar temperatura de 80. C - 100. C a la pista del rodamiento radial autoalineable lado descarga.
4. Extraer rodamiento radial autoalineable lado descarga.
5. Maniobrar y aplicar temperatura de 800 C - 1000 C a la pista del Rodamiento radial rígido.
6. Extraer rodamiento radial rígido.
7. Extraer se parador entre rodamiento radial autoalineable y rodamiento axial.
8. Maniobrar y aplicar temperatura de 80. C -100. C al rodamiento axial.
9. Extraer rodamiento axial y tomar referencia.
10. Realizar limpieza en carter y componentes en general.

#### 6.1.18 Guía de actividades para revisión sistema aceite control.

1. Drenar aceite entrada y salida al enfriador.
2. Aflojar y retirar mangueras succión y descarga de bomba normal y de reserva.
3. Aflojar y retirar tornillería de bomba motor y retirarla.
4. Cambiar bomba en caso necesario.
5. Cambiar filtros de aceite control.
6. Revisar y limpiar válvula desahogo (contrapresión).
7. Aflojar y retirar tornillería y enfriador.
8. Realizar limpieza de partes y componentes.

#### 6.1.19 Guía de actividades para revisión sistema aceite lubricante.

1. Bloquear alimentación depósito aceite.
2. Drenar aceite entrada y salida al enfriador
3. Aflojar y retirar mangueras succión y descarga de bomba reserva.
4. Aflojar y retirar tornillería de bomba motor y retirarla.
5. Cambiar bomba en caso necesario.
6. Cambiar filtros de aceite lubricación.
7. Revisar y limpiar válvula desahogo (contrapresión).
8. Aflojar y retirar tornillería y enfriador.
9. Aflojar y retirar tornillería y enfriador.
10. Realizar limpieza de partes y componentes

#### 6.1.20 Guía de actividades para revisión sistema accionamiento control.

1. Limpieza de escala lectura apertura del ventilador.
2. Verificar holgura de bujes de acoplamiento del brazo.
3. Verificar estado del resorte del brazo secundario.
4. Cambiar pernos en caso necesario.
5. Lubricación de bujes.
6. Verificar movimiento del brazo libre de 0% a 100%.

#### 6.1.21 Guía de actividades para limpieza de componentes en general.

1. Realizar limpieza a los siguientes componentes:
  - Acoplamientos
  - Tornillería
  - Carcaza succión y descarga.
  - Plato de ajuste succión y descarga.
  - Plato regulador succión y descarga.
  - Alabes lado succión y descarga
  - Carcaza soporte pistón.
  - Pistón de accionamiento.
  - Tambores soporte álabes succión y descarga.
  - Junta cubierta superior.
  - Carcaza y componentes, conjunto rodamientos.
  - Enfriadores de aceite, lubricación y control

#### 6.1.22 Guía de actividades para revisión e inspección de partes.

1. Pernos y bujes de los platos reguladores succión y descarga (cambio en caso necesario).
2. Conjunto álabes succión y descarga con líquidas penetrantes.
3. Sellos teflón de álabes (cambio en caso necesario).
4. Bujes de álabes succión y descarga (cambio en caso necesario).
5. Rodamientos de álabes succión y descarga (cambio en caso necesario).
6. Candados de tuercas de espiga de álabes (cambio).
7. Sello guardapolvo de carcasa superior rodamientos (cambio en caso necesario).
8. Juntas de acoplamientos (cambio).
9. Juntas de ductos succión y descarga (cambio en caso necesario).
10. Pernos y dados de balancín (cambio en caso necesario).

#### 6.1.23 Guía de actividades para ensamblar e instalar conjunto de rodamientos en pedestal.

1. Introducir cubierta interna del rodamiento radial rígido.
2. Aplicar calor al rodamiento radial rígido con calentador para rodamientos a 80. C e instalarlo en eje de  
Rodamientos lado succión.
3. Introducir separador externo del rodamiento radial rígido.
4. Introducir cubierta externa con su respectiva pista del rodamiento radial rígido.
5. Introducir cubierta interna del rodamiento axial y autoalineable.
6. Colocar los amortiguadores del rodamiento axial.
7. Calentar rodamiento axial a 100. C con el calentador para rodamientos e instalarlo en eje de  
Rodamientos lado descarga verificando su posición.
8. Introducir el separador interno entre los rodamientos axial lado descarga y autoalineable.
9. Calentar rodamiento axial a 100. C con el calentador para rodamientos e instalarlo en eje de  
Rodamientos lado descarga verificando su posición.
10. Introducir el separador interno entre los rodamientos axial lado descarga y autoalineable.
11. Colocar el retenedor de aceite del rodamiento radial autoalineable en la cubierta externa.
12. Introducir la cubierta externa de los rodamientos axial y radial y apretar.
13. Introducir el eje de rodamientos con sus respectivas juntas en el cilindro y apretar en ambos  
lados.
14. Verificar el apriete de los rodamientos, en caso necesario, ajuste con juntas en la cubierta  
externa del  
Cilindro lado descarga.
15. Colocar el anillo.
16. Colocar retenes de aceite en ambos lados.
17. Colocar tapas laterales en ambos lados.
18. Instalar el deflector lado descarga y verificar el centrado.
19. Verificar la excentricidad del eje en ambos lados.
20. Instalar tuberías de lubricación de los rodamientos.
21. Maniobrar y transportar el conjunto de rodamientos al pedestal.
22. Instalar mangueras de lubricación de aceite y termopares. '
23. Colocar guías y apretar tornillería.

24. Reponer aceite al cilindro de rodamientos a nivel requerido de trabajo.
25. Cerrar registros del cilindro y apretar uniformemente.
26. Instalar mangueras cobre - polvos en el pedestal y en el deflector lado descarga.
27. Poner en servicio la bomba de lubricación y verificar que no existan fugas de aceite.

6.1.24 Guía de actividades para colocar cubierta superior exterior de conjunto de rodamientos.

1. Instalar junta sello guardapolvo sellado con silicón.
2. Maniobrar e instalar cubierta superior y tornillería. Apretar.
3. Retirar maniobra

6.1.25 Guía de actividades para instalar tambores soporte de alabes succión y descarga.

1. Maniobrar e instalar tambor lado descarga, aplicando previamente calentamiento.
2. Instalar arandela de candado.
3. Instalar tuerca apretar y candadear la misma.
4. Retirar maniobra.
5. Realizar el mismo procedimiento en tambor lado succión

6.1.26 Guía de actividades para balancear conjunto tambores - flecha de extensión.

1. Instalar concha o soporte de pistón de acuerdo a posición original.
2. Instalar tornillería de la concha y apretar.
3. Maniobrar e instalar concha - copie lado succión de acuerdo a posición original.
4. Instalar tornillería y apretar el conjunto concha - copie.
5. Retirar maniobra.
6. Medir en el copie el alineamiento tanto radial como axial, en caso de tener mucha excentricidad  
 Corregir en lainando en forma escalonada, entre la cara del tambor y la zona de asiento de la concha –  
 Cople. De tal forma que corrija la excentricidad radial sin afectar los parámetros de la medición axial  
 $\pm 0.003''$ .
7. Alinear ventilador - flecha de extensión - motor de acuerdo a Guía de actividades para alineamiento  
 Ventilador flecha motor.
8. Acoplar ventilador - flecha de extensión - motor de acuerdo a Guía de actividades para acoplamiento  
 Ventilador flecha motor.
9. Instalar sistema de aceite de lubricación de acuerdo a Guía de actividades para instalación sistema  
 Aceite lubricación.
10. Arranque y verificación de vibración de acuerdo a Guía de actividades para arranque y verificación  
 De vibración.
11. Balancear en caso necesario de acuerdo a Guía de actividades para limpieza del área ventilador tiro

Forzado.

12. Verificar fuera interruptores de ventilador y bombas.
13. Maniobrar y retirar concha o soporte de pistón de mando.
14. Maniobrar y desacoplar motor - flecha extensión - motor.
15. Maniobrar y retirar concha - copie lado succión.
16. Retirar maniobras en succión y descarga.

#### 6.1.27 Guía de actividades para instalar alabes lado descarga.

1. Instalar bujes y sellos de teflón de los álabes en tambor.
2. Lubricar espiga No. 1 y rodamiento con grasa para baja temperatura.
3. Introducir álabe No. 1 por la ventana de la carcaza.
4. Instalar pista de rodamiento diámetro interior mayor.
5. Instalar bolas del rodamiento.
6. Instalar pista de rodamiento la de diámetro interior menor.
7. Instalar cubierta de rodamiento.
8. Instalar balancín.
9. Instalar cuña de balancín.
10. Instalar lana candado.
11. Instalar rondana cónica.
12. Instalar tuerca y semi apretar.
13. Realizar el mismo procedimiento en la secuencia siguiente: 1,12,11,22,21,10, 9,20,19, 8, 7,18,17, 6, 5, 16, 15,4, 3, 14,13 Y 2.
14. Apretar tuercas a 751bs/pie y regresar 1200 libre el álabe.
15. Medir el huelgo entre álabe y carcaza, colocando el álabe en la parte inferior de la carcaza.
16. Apretar prisionero de balancín, colocando el álabe en la parte inferior de la carcaza.
17. Candadear tuerca con lana candado

#### 6.1.28 Guía de actividades para instalar plato regulador lado descarga.

1. Instalar anillo interno de empuje axial del plato.
2. Instalar plato regulador de acuerdo a posición original.
3. Instalar anillo externo de empuje rodal.
4. Instalar rondanas de presión y tuercas. Apretar

#### 6.1.29 Guía de actividades para instalar plato de ajuste lado descarga.

1. Instalar flecha de mando en alojamiento.
2. Instalar plato de acuerdo a posición original.

3. Instalar tornillos y apretar.
4. Instalar y apretar tuerca de plato.
5. Instalar rondana candado.
6. Instalar y apretar contratuerca en flecha de mando.
7. Candadear tuercas con rondana seguro.

6.1.30 Guía de actividades para instalar concha soporte pistón.

1. Instalar concha o soporte de acuerdo a posición original.
2. Instalar tornillería de la concha y apretar.
3. Maniobrar e instalar concha protectora del pistón de mando.
4. Verificar excentricidad en concha con indicador de carátula.
5. Corregir en caso necesario, excentricidad aceptable 0.002".
6. Rimar alojamiento de guías, en caso necesario.
7. Montar guías y apretar tornillería.

6.1.31 Guía de actividades para Instalación pistón de mando del ventilador.

1. Maniobrar e instalar pistón y tornillería. Apretar.
2. Verificar excentricidad del pistón con indicador de carátula.
3. Corregir en caso necesario excentricidad aceptable = 0.05 in ó 0.002".
4. Girando y tomando lectura sobre perímetro del pistón.

6.1.32 Guía de actividades para instalar alabes lado succión.

1. Instalar bujes y sellos de teflón de los álabes en tambor.
2. Lubricar espiga No.1 y rodamiento con grasa para baja temperatura.
3. Introducir álabe No. 1 por la ventana de la carcasa.
4. Instalar pista de rodamiento diámetro interior mayor.
5. Instalar bolas del rodamiento.
6. Instalar pista de rodamiento diámetro interior menor.
7. Instalar cubierta de rodamiento.
8. Instalar balancín.
9. Instalar cuña de balancín.
10. Instalar lana candado.
11. Instalar rondana cónica.
12. Instalar tuerca y semi apretar.
13. Realizar el mismo procedimiento en la secuencia siguiente: 1,12,11,22,21,10, 9,20,19, 8, 7,18,17, 6,  
5, 16, 15,4, 3, 14, 13 Y 2.
14. Apretar tuercas a 75 lbs/pie y regresar 1200 libre el álabe.
15. Medir el huelgo entre álabe y carcasa, colocando el álabe en la parte inferior de la carcasa.
16. Apretar prisionero de balancín. Colocando el álabe en la parte inferior de la Carcasa.
17. Candadear tuerca con lana candado.

6.1.33 Guía de actividades para instalación plato regulador lado succión.

1. Instalar anillo interno de empuje axial del plato.
2. Instalar plato regulador de acuerdo a posición original.

3. Instalar anillo externo de empuje axial del plato.
4. Instalar rondanas de presión tuercas y apretar.

#### 6.1.34 Guía de actividades para instalar plato de ajuste lado succión.

1. Instalar plato de acuerdo a posición original.
2. Instalar tornillería del plato y apretar.
3. Instalar arandela de seguro de la tuerca.
4. Instalar contratuerca y apretar.
5. Candadear tuerca.

#### 6.1.35 Guía de actividades para instalación concha lado succión.

1. Maniobrar e instalar de acuerdo a posición original el conjunto concha copie.
2. Instalar tornillería y apretar el conjunto concha - copie.
3. Retirar maniobra.
4. Medir en el cople la excentricidad tanto radial como axial, en caso de tener mucha excentricidad,  
Corregir.

#### 6.1.36 Guía de actividades para acoplamiento ductos succión y descarga.

1. Maniobrar y ensamblar dueto descarga.
2. Instalar tornillería de junta carcasa y soporte y apretar.
3. Instalar junta flexible en dueto descarga y apretar tornillería.
4. retirar maniobra
5. Maniobrar y ensamblar dueto succión.
6. Instalar tornillería de junta carcasa y apretar.
7. Instalar junta flexible y tornillería y apretar.
9. Retirar maniobra.

#### 6.1.37 Guía de actividades para instalar sistema control pistón piloto.

1. Retirar tapón provisional del alojamiento del pistón piloto.
2. Instalar pistón piloto y semi apretar tornillería del pistón piloto.
3. Centrar pistón piloto y apretar definitivamente la tornillería, el centrado deberá ser +/- 0.002".
4. Instalar brazo de mando del pistón piloto.
5. Instalar tubos flexibles (mangueras) de acuerdo a posición original.
6. Apretar mangueras.
7. Instalar brazo de control, tomillo perno con contratuerca y apretar.

#### 6.1.38 Guía de actividades para alineamiento ventilador flecha motor.

1. Maniobrar e instalar flecha en posición original.
2. Instalar soportes de flecha y tornillería y apretar.
3. Dejar separación entre copies de 0.480".
4. Colocar abrazaderas para alineación e indicadores en posición radial y vertical en ambos coples.
5. Retirar maniobra.
6. Alinear flecha ventilador con tomillos gato instalados en soportes de flecha. Lectura aceptable en  
Radial y axial +/- 0.001".
7. Alinear flecha motor con indicador en copie motor, lectura aceptable en radial y axial +/- 0.001".
8. Retirar abrazaderas e indicadores.

#### 6.1.39 Guía de actividades para acoplamiento ventilador flecha motor.

1. Lubricar con grasa kolub 4 cople dentado.
2. Instalar anillos separadores de copie.
3. Instalar junta de ajuste según lo requiera, el huelgo entre copies deberá ser de 0.093" +/- 0.002" en  
Ambos copies.
4. Ensamblar copies de acuerdo a posición original.
5. Instalar tornillería y tuercas. Apretar.
7. Realizar el mismo procedimiento para el copie flecha motor.
8. Aflojar y retirar tomillos gato soportes de flecha.
9. Medir la excentricidad en la extensión y ambos copies.
10. Medir el huelgo total entre copies deberá ser de 0.186" +/- 0.002", en caso necesario corregir,  
Metiendo o retirando juntas de ajuste en el copie lado motor.
11. Maniobrar e instalar tolva superior de acoplamiento.
12. Instalar y apretar tornillería.
13. Retirar maniobra.
14. La tolva inferior no se coloca, para poder parar el ventilador en caso necesario de que gire en  
Sentido contrario.

#### 6.1.40 Guía de actividades para instalación sistema aceite lubricación.

1. Instalar enfriador tornillería y mangueras y apretar.
2. Ensamblar válvula desahogo (contra presión) y calibrar.
3. Instalar filtros de aceite nuevos.
4. Instalar bomba de aceite normal y reserva.
5. Instalar tornillería y mangueras y apretar.
6. Abrir válvula bloqueo aceite del depósito.

7. Verificar nivel aceite reponer en caso necesario.
8. Puesta en servicio del sistema, verificando que no existan fugas y tenga la presión adecuada.

#### 6.1.41 Guía de actividades para instalación sistema aceite control.

1. Instalar enfriador tornillería y mangueras. Apretar.
2. Ensamblar válvula desahogo (contrapresión) y calibrar.
3. Instalar filtros de aceite nuevos.
4. Instalar bomba de aceite normal y reserva.
5. Instalar tornillería y mangueras. Apretar.
6. Reponer aceite al depósito.
7. Abrir válvula alimentación de aceite.
8. Puesta en servicio del sistema, verificando que no existan fugas y tenga la presión adecuada

#### 6.1.42 Guía de actividades para arranque y verificación de vibración.

1. Instalar equipo para tomar lecturas de vibración.
2. Colocando cinta reflejante en la flecha de acoplamiento para lectura de sensor óptico y registrar  
Velocidad en rpm.
3. Colocar sensor magnético de vibración en la parte del soporte principal con anclaje del ventilador en  
Posición horizontal.
4. Se solicita al Departamento Operación poner en servicio el ventilador.
5. Previa puesta en servicio de bombas de aceite lubricación y control se pone en servicio el ventilador.
6. Se registra lectura de vibración y condiciones operativas. El ventilador se pone fuera de servicio.
7. Aflojar y retirar tornillería y tapa de registro e instalar peso de prueba en tambor de alabes lado  
Succión.
8. Se procede a colocar peso de prueba de 200 gr. a 90. Antes del ángulo de fase registrado.
9. Se solicita al Departamento de Operación poner en servicio el ventilador, se registra lectura de  
Vibración con ángulo de fase, realizar prueba de apertura de compuertas succión a 25%, 50%, 75% Y  
100%. No hay cambio en la lectura, el ventilador queda disponible para operación normal.
10. En caso necesario corregir ubicación del peso de corrección en posición y masa.

#### 6.1.43 Guía de actividades para limpieza del área ventilador tiro forzado.

1. Retirar equipo de toma lectura vibración.
2. Retirar maderas, tambores, tubos, calzas, trapos y objetos utilizados en el mantenimiento.
3. Realizar limpieza barrer, si es necesario lavar con agua a presión.

## **CONCLUSIONES**

Dada la importancia de la energía eléctrica se hace imprescindible contar con esta fuente de energía tan necesaria. Por lo cual se hace indispensable que las centrales del Sistema Eléctrico Nacional estén en operación los 365 días del año.

Es por esta razón que el presente trabajo tuvo como objetivo primordial el realizar una guía de mantenimiento la cual explicara y detallara los pasos a seguir al dar un mantenimiento a los ventiladores de tiro forzado así como aplicarla dentro del mantenimiento basándose en las indicaciones del fabricante así como en los procedimientos propios de la central, para mantener en funcionamiento la mayor parte del tiempo posible la unidad I de la central.

Se consiguió lograr la compilación de los pasos más importantes para dar un mantenimiento ya sea preventivo o correctivo a los ventiladores de tiro forzado, detallando ampliamente los pasos a seguir en dicho mantenimiento. Se hace mención en la guía de los aspectos que al dar el mantenimiento se pudieran estar pasando por alto al no contar anteriormente con dicha guía.

Al aplicar la guía en los mantenimientos a los ventiladores se vio la importancia de contar con esta ya que de otra manera se hubiera pasado por alto algunos aspectos relevantes al dar dichos mantenimientos. Los resultados obtenidos al contar y aplicar la guía fueron satisfactorios encontrándose viable su aplicación en los mantenimientos, es importante aclarar que cuando el personal ya ha hecho algún mantenimiento a los ventiladores la guía le será solo de ayuda para algunos detalles que pudieran llegar a surgir al realizar las actividades pero cuando el personal nunca haya realizado algún mantenimiento esta le será de bastante ayuda para poder ir entendiendo tanto el funcionamiento así como el orden de las actividades para poder realizar el trabajo.

Por lo cual se puede llegar a concluir que se han cumplido con el objetivo planteado de realizar una guía de mantenimiento para los ventiladores.

## **RECOMENDACIONES**

Dado que los ventiladores de tiro forzado están diseñados para una operación continua es conveniente realizar las inspecciones de rutina así como los mantenimientos preventivos por lo que se hace imperativo hacerles una revisión aproximadamente alrededor de un año o después de 8000 horas.

Se deberá realizar las inspecciones diarias correspondientes a los ventiladores dentro de estas actividades estarán: comprobación del nivel de aceite de los sistemas de control y de lubricación, el correcto funcionamiento de las bombas, el nivel del

deposito de aceite; así también se deberá poner énfasis en la revisión anual en las partes del impulsor, el sistema de abertura de los álabes y los cojinetes podrán ser solamente examinados, si llegase a existir una operación ruidosa o aumento de temperatura de los rodamientos estos deberán ser reemplazados y por último se deberá hacer una revisión del sistema de lubricación y control.

Dado que los ventiladores están en constante rotación se deberán hacer una toma de vibraciones mensualmente o antes si llegase a existir alguna señal de ruidos extraños para así poder detectar la falla y corregirla lo antes posible.

Se recomienda llevar un registro de las actividades hechas a los ventiladores así como de las irregularidades que llegarán a presentarse en la operación de estos y de los detalles que surjan al estar dándoles su mantenimiento para que en un futuro se logre complementar esta guía con la experiencia adquirida del personal de operación así también del personal que realiza el mantenimiento basándose en las anotaciones y observaciones hechas por cada uno de ellos.

Se debe tomar en cuenta que cualquier situación no prevista en la guía para realizar el mantenimiento se deberá realizar de acuerdo al procedimiento de la central o según indique el supervisor a cargo. Conforme el personal adquiera más experiencia la periodicidad y los puntos a revisar irán cambiando según convenga.

## FUENTES CONSULTADAS

Manual del fabricante.1980. Variax Axial Flow Fan. Novenco, (nc. Springfield, ILL)

Departamento Mecánico. 2005. Procedimiento para el mantenimiento a los Ventiladores de Tiro Forzado. C.T. "Francisco Pérez Ríos". Tula, Hgo.

C.T. ,"Francisco Pérez Ríos". 1990. Prontuario de datos técnicos. C.T. "Francisco Pérez Ríos", Tula, Hgo.