



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACION

TEMA:

**“MANUAL DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE AGUA DE
ENFRIAMIENTO EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA AGOYAN”**

Proyecto de Pasantía de Grado, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

Autor:

Franklin Patricio Hurtado Lascano

Tutor:

Ing. Mauricio Carrillo

Ambato – Ecuador

2006

Dedicatoria

El presente proyecto esta dedicado a mis padres y a toda mi familia quienes me apoyaron en la culminación de mi carrera profesional.

Agradecimiento

A Dios que me regalo vida y salud y la oportunidad de culminar una de mis metas personales. Expreso mis mas sinceros agradecimientos al personal de la Central Hidroeléctrica Agoyán por haber permitido el desarrollo del presente proyecto.

INTRODUCCION

El presente trabajo de pasantía esta orientado a la elaboración de un manual específico sobre el Sistema de Agua de Enfriamiento en la Central Hidroeléctrica Agoyán, éste se enfocará principalmente a la descripción y operación de los componentes del sistema antes mencionado.

La elaboración del manual permitirá tener información sobre la operación misma del Sistema de Enfriamiento así como se detalla mediante cuadros el tipo de actividad asociado directamente con el elemento.

Con la implementación del manual se pretende que la Central Agoyán tenga a disposición información específica sobre el Sistema de Agua de Enfriamiento muy necesaria para la operación y mantenimiento de la Central.

En el Capitulo I, se describe el Tema, Planteamiento del problema, además la justificación y los objetivos tanto generales como específicos.

El Capitulo II presenta el Marco Teórico, en el que se incluye información sobre algunos de los componentes del Sistema de Enfriamiento así como una breve descripción del mismo.

En el Capitulo III se detalla la Metodología, es decir el Enfoque la Modalidad y el Tipo de Investigación, además la Población, Recolección y Procesamiento de la Información.

En el Capitulo IV se indica el Análisis e Interpretación de Resultados

En el Capitulo V se establece las Conclusiones y Recomendaciones.

Capitulo VI se realiza la propuesta para la elaboración de manuales de operaciones de los demás sistemas dentro de la Central Hidroeléctrica Agoyán y el desarrollo en si del Manual de Operaciones del Sistema de Enfriamientos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“MANUAL DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA AGOYAN”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios en la economía mundial y la situación de crisis que enfrentan todos los países en los últimos años, han configurado nuevos escenarios para el desarrollo industrial.

El proceso de globalización mundial se impone como un sistema de libre competencia, en que las acciones de la oferta, demanda y el consumismo actúan libremente, es decir todas fronteras abiertas.

La importancia de aplicar este proceso de globalización mundial permitirá el fortalecimiento de la capacidad industrial, el desarrollo de la tecnología, adquisición de bienes y servicios a bajo costo.

El sector eléctrico ecuatoriano se encuentra sumido en una profunda crisis, fundamentalmente de carácter económico, producto de factores endógenos y exógenos al mismo, que pone en peligro el suministro continuo y confiable de la energía eléctrica en las cantidades suficientes, y al menor costo posible, para el desarrollo de la sociedad ecuatoriana. La crisis económica que se abatió sobre el país, durante los años 1999 y 2000, y que afectó directamente al sector eléctrico, es uno de los ejemplos de factores exógenos, a los que nos referimos con anticipación. El incumplimiento de la ecuación económica, prevista en el artículo 53 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, la falta de

inversiones para la expansión del sistema, fundamentalmente en el campo de la generación, el elevado porcentaje de pérdidas totales de energía eléctrica, los niveles altos de cartera vencida y la ineficiencia registrada en la mayoría de las empresas eléctricas distribuidoras, constituyen los factores mas relevantes, de carácter endógeno.

Las Centrales Hidroeléctricas son uno de los pilares fundamentales dentro del desarrollo económico del país, en virtud de lo cual es necesario que las mismas generen al 100% de su capacidad para poder satisfacer la demanda actual existente y así evitar la aparición de racionamientos eléctricos con consecuencias económicas considerables.

El conducir y operar en forma exitosa la Central Hidroeléctrica Agoyán requiere que el personal que se encuentra a cargo de la operación, este completamente informado y capacitado, para lo cual es necesario entre otras cosas elaborar un Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento, pues lo que se pretende con esto es que el operador posea un documento en el cual se describa en forma detallada cada uno de los pasos a seguir para lograr un correcto funcionamiento del sistema antes mencionado, y por tanto prolonguen la vida útil de la maquinaria hidroeléctrica instalada.

1.3 JUSTIFICACION

La Central Hidroeléctrica Agoyán *carece* de un Manual de Operación del Sistema de Agua de Enfriamiento, esto se debe a la poca atención que le da la alta dirección a este tipo de información que es muy necesaria para la correcta operación de la Central Agoyán, razón por la cual es necesario su elaboración.

El manual de operaciones consta de una descripción de sus principales componentes así como también enumera los pasos necesarios para su operación adecuada, de ahí la importancia de realizarlo.

Con la elaboración del Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento para la Central Agoyán se pretende informar al personal encargado de la operación de forma específica, como también perfeccionar sus técnicas de operación y así contribuir al buen manejo de la Central Agoyán.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- * Elaborar un Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento en la Central Hidroeléctrica Agoyán para perfeccionar técnicas de operación en el personal.

1.4.2 Objetivos Específicos

- * Determinar la función principal de un Sistema de Enfriamiento.
- * Determinar los pasos necesarios en la operación del Sistema de Agua de Enfriamiento.
- * Elaborar un mapa físico del Sistema de Agua de Enfriamiento.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Revisada la bibliografía en bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato específicamente en la Facultad de Ingeniería en Sistemas se ha llegado a la conclusión de que no existe Tesis o proyecto de monografía con un tema similar al que se va a realizar.

2.2 FUNDAMENTACION LEGAL

HIDROAGOYAN S.A., es una Empresa Privada constituida en aplicación de normas de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico de su Ley Reformatoria, y la Ley de Compañías, fundado en el año de 1999 y con una economía mixta, cuyo objeto social es el de operar las Centrales de Agoyán y Pucará, con la finalidad de generar energía eléctrica para diversas Empresas del país.

2.3 CATEGORIZACIONES FUNDAMENTALES

2.3.1 Manual de operaciones

Documento que permite hacer tangible y transmisible el conocimiento. El Manual de Operaciones es la norma de funcionamiento, si no hay Manual ¿cómo podrá un supervisor pedirle a un operador que actúe de tal o cuál manera, si no hay ninguna norma descrita y objetiva a la que atenerse?

a) Funciones principales del Manual de Operaciones

- Guía de referencia.
- Homogeneidad en la información disponible.
- Hacerlo fácilmente transmisible.

- Acelerar el tiempo de formación de un operador.
- Facilitar los cambios de procedimientos

b) Fases para desarrollar un Manual de Operaciones

Las principales fases que deben cubrirse a la hora de desarrollar un Manual de Operaciones son:

- Detectar las variables claves
- Detectar las operaciones
- Definir la estructura del Manual
- Identificar y Extraer las actividades
- Documentar las actividades

2.3.2 CENTRALES HIDROELECTRICAS

Las centrales Hidroeléctricas dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios-bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

2.3.2.1 Componentes de una central hidroeléctrica

a) Presa

Barrera artificial que se construye en algunos ríos para embalsarlos y retener su caudal. Los motivos principales para construir presas son concentrar el agua del río en un sitio determinado, lo que permite generar electricidad,

regular el agua y dirigirla hacia canales y sistemas de abastecimiento, aumentar la profundidad de los ríos para hacerlos navegables, controlar el caudal de agua durante los periodos de inundaciones y sequía.

Una presa debe ser impermeable; las filtraciones a través o por debajo de ella deben ser controladas al máximo para evitar la salida del agua y el deterioro de la propia estructura. Debe estar construida de forma que resista las fuerzas que se ejercen sobre ella.

b) Compuertas

Son necesarios para extraer el agua del embalse, especialmente cuando se realiza operaciones de mantenimiento a la represa. El agua extraída puede descargarse río abajo, puede llevarse los sedimentos acumulados. Regulan además la entrada del agua hacia el túnel de carga. Se encuentran a la altura del nivel mínimo del embalse.

c) Vertederos

Después de determinar el nivel del embalse en condiciones normales, hay que establecer los procedimientos que aseguren que este nivel no se supere. Los vertederos son necesarios para descargar el excedente de agua para que éste no dañe: la presa, la central eléctrica ni la ribera del río delante de la presa. El tipo más común es el derrame. Este sistema consiste en que una zona de la parte superior es más baja. Para permitir el aprovechamiento máximo de la capacidad de almacenamiento, estas partes más bajas están cerradas con unas compuertas móviles. En algunas presas, los excedentes de agua son tan grandes que hay aliviaderos

en todo el ancho de la presa, de forma que la estructura es una sucesión de pilares que sujetan compuertas levadizas.

d) Generadores

Un generador es una máquina eléctrica acoplada con el eje de la turbina. El generador sincrónico de corriente alterna tiene dos elementos, un campo magnético que consiste en un ensamble de electroimanes (polos) que rotan (de ahí el nombre de rotor) dentro de un estator (unidad estacionaria) que es un sistema de conductores (inducidos bobinados). El desplazamiento relativo entre el rotor y el estator induce una fuerza electromotriz alternante. La turbina se regula para operar con una velocidad constante y el generador se diseña con un número apropiado de polos para producir la frecuencia diseñada a la velocidad seleccionada.

Los tamaños de los generadores varían dependiendo de sus capacidades nominales y de la disposición del eje (ya sea vertical u horizontal). La capacidad nominal de los generadores de corriente alterna se mide en kilovoltios-amperios (kVA). La capacidad (producción) aparente nominal difiere de la producción real. Los generadores deben estar ventilados de manera adecuada para evitar el sobrecalentamiento, lo que se logra mediante refrigeración, aire y/o agua.

e) Transformadores y líneas de transmisión

Los transformadores que conectan la fuente de poder (generadores) y el circuito receptor (línea de transmisión) elevan el voltaje para transmisión, reduciéndose así la pérdida de potencia y permitiendo el uso de conductores más pequeños (cables) en la línea de transmisión. Por lo general los transformadores están localizados en un patio de

maniobras exterior adyacente, como precaución necesaria para evitar los altos voltajes.

e) Turbinas

Por Turbina se entiende todo dispositivo mecánico capaz de convertir la energía del agua (potencia hidráulica) en energía mecánica (potencia en el eje).

La aplicación inmediata del trabajo mecánico desarrollado en la turbina, es la de hacer girar al rotor del generador, el cual realiza la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica. Todo ello, como consecuencia de estar rígidamente unidos, los ejes de ambas máquinas, turbina-generador, formando un eje único con el que se obtiene sincronización de giro entre las mismas, es decir, idéntico número de revoluciones durante espacios de tiempo iguales.

En determinadas máquinas, particularmente en las que proporcionan pequeñas potencias y trabajan con poca altura de salto, se suele disponer de un multiplicador de velocidad, instalado entre ambos ejes, a fin de que las dimensiones del generador sean reducidas.

Por turbinas hidráulicas, se entiende a las máquinas motrices accionadas por el agua, instaladas en las Centrales Hidroeléctricas, se puede decir que turbina hidráulica es la máquina destinada a transformar la hidráulica, de una corriente o salto de agua, en energía mecánica. Por lo tanto, toda turbina convierte la energía del agua manifestada en forma de presión (energía potencial o de posición) como de velocidad (energía cinética), en trabajo mecánico existente en un eje de rotación. En términos generales, se puede

definir a las turbinas hidráulicas como motores hidráulicos destinados a aprovechar las corrientes y saltos de agua.

Originalmente en la mayoría de los casos la energía potencial es de tipo gravitacional, esta se convierte en energía cinética al pasar sucesivamente por el distribuidor y el rodete, debido a la diferencia de nivel existente entre la entrada y la salida de la conducción. En consecuencia, se provocan cambios en la magnitud y dirección de la velocidad del fluido, lo que hace que se produzcan fuerzas tangenciales en el rodete, generándose así energía mecánica al girar éste.

El rendimiento de las instalaciones con turbinas hidráulicas, siempre es elevado, pudiendo llegar desahogadamente al 90 % o más, después de tener en cuenta todas las pérdidas hidráulicas por choque, caudal, fricción en el generador, mecánicas, etc.

Los problemas de la regulación de velocidad son importantes, principalmente a causa de las grandes masas de agua que entran en juego, con sus aceleraciones positivas y negativas, que se transforman en ondas de presión. La continuidad de las columnas de agua transmiten ondas, produciéndose fuertes choques o golpe de ariete que es necesario evitar o por lo menos controlar.

En la actualidad se tiene 3 tipos de turbinas utilizadas con mayor frecuencia en centrales hidroeléctricas debido a su eficiencia. Estas son:

- o Turbinas PELTON
- o Turbinas FRANCIS
- o Turbinas KAPLAN

Para establecer una relación de orden indicado, hay que basarse en el empleo de las turbinas en función de su altura del salto, si bien no hay límites perfectamente definidos que separen los márgenes de utilización de un tipo con respecto a los otros.

- **Turbinas Francis**

Son conocidas como turbinas de sobrepresión; por ser variable la presión en las zonas del rodete, o de admisión total ya que éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia. También se conocen como turbinas radiales-axiales y/o turbinas de reacción.

El campo de aplicación es muy extenso, dado el avance tecnológico conseguido en la construcción de este tipo de turbinas. Pueden emplearse en saltos de distintas alturas donde se disponga de caudales medios y grandes.

Las turbinas Francis se clasifican a su vez en función de la velocidad específica del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

- Turbina Francis lenta. Para saltos de gran altura (alrededor de 200 m o más).
- Turbina Francis normal. indicada en saltos de altura media (entre 200 y 20 m)
- Turbinas Francis rápidas y extrarápidas. Apropriadas para saltos de pequeña altura (inferiores a 20 m).

Las turbinas Francis, son de rendimiento óptimo, pero solamente dentro de un determinado rango (60 % - 100 % del caudal máximo), siendo esta una de las razones por la

que se disponen varias unidades en cada central, con el objeto de que ninguna trabaje, individualmente, por debajo del 60 % de la carga total.

Al igual que las turbinas Pelton, las turbinas Francis pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal, o vertical, siendo esta última disposición la más generalizada por estar ampliamente experimentada, especialmente en el caso de unidades de gran potencia. Fig. 1.1

*** Componentes de una turbina Francis**

Los componentes fundamentales, considerando como referencia, siempre que ello sea factible, el sentido de circulación del agua por la turbina, es el siguiente

- Cámara espiral
- Distribuidor
- Rodete
- Tubo de aspiración
- Eje
- Equipo de sellado del eje de turbina
- Cojinete guía de turbina
- Cojinete de empuje

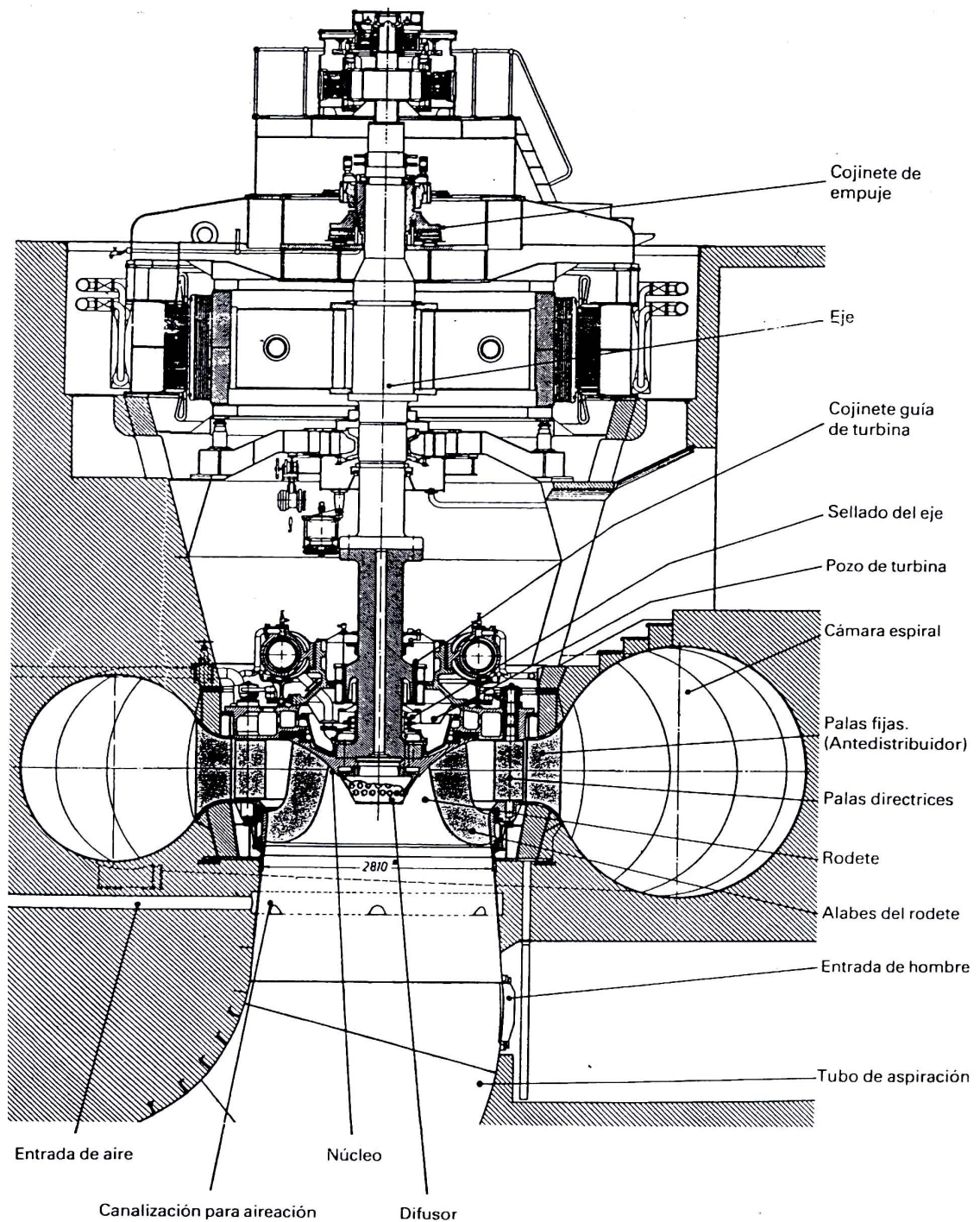


Fig. 1.1 Componentes de una turbina Francis de eje vertical

- **Cámara espiral o caracol de una turbina Francis**

Aunque existen varios diseños de cámaras, la mas generalizada es la cámara con espiral.

Está constituida por la unión sucesiva de una serie de virolas tronco-cónicas, cuyos ejes respectivos forman una espiral. Desde el acoplamiento con la tubería forzada, donde el diámetro interior de la virola alcanza su valor máximo hasta la sección interior circular; en la mayoría de los casos, va decreciendo paulatinamente hasta la virola que realiza el cierre de la cámara sobre sí misma, cuyo diámetro interior se reduce considerablemente. Esta disposición se conoce como **CARACOL** de la turbina Fig. 1.2, en el que, debido a su diseño, se consigue que el agua circule con velocidad constante y sin formar torbellinos, evitándose pérdidas de carga.

Todo el conjunto, construido con chapas de acero unidas, mediante soldadura; suele estar rígidamente sujeto en la obra de hormigón de la central, por sus zonas periféricas externas. Antes de proceder a unir el exterior de la cámara con el hormigón, ésta se somete a presión con agua, a fin de descubrir posibles fugas por las uniones.

En la zona periférica interna, totalmente concéntrica con el eje de la turbina, y siguiendo planos paralelos, perpendiculares a dicho eje, se encuentra una abertura circular, formando un anillo, cuyos extremos están enlazados perpendicularmente por una sucesión de palas fijas, situadas equidistantemente unas de otras, a lo largo del contorno de la circunferencia descrita por dicho

anillo, a través del cual, y por toda su periferia, fluirá el agua, cubriendo la totalidad de los orificios así formados. La zona mencionada, se suele denominar **anillo**.

Dada la curvatura y orientación de las palas fijas, se consigue que la proyección del agua salga dirigida casi radialmente, hacia el centro del espacio circular limitado por el anillo mencionado.

La cámara espiral contiene, entre otros accesorios, entradas de hombre para revisiones, tomas de agua para control de caudales y presiones, drenajes, etc.

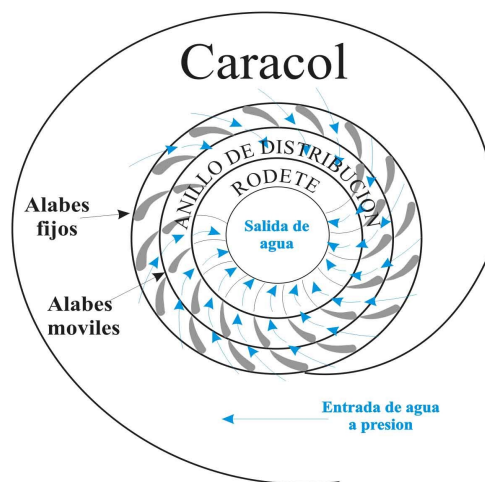


Fig. 1.2 Caracol de una turbina Francis

- **Distribuidor de la turbina Francis**

El distribuidor propiamente dicho, está formado por un determinado número de palas o álabes móviles, cuyo conjunto constituye un anillo que está situado concéntricamente y entre las mismas cotas de altura que el anillo, en definitiva es el camino continuado del agua en su recorrido hacia el centro de la turbina.

Su función es la de distribuir, y regular o cortar totalmente, el caudal de agua que fluye hacia el rodete.

Los elementos componentes más destacados del distribuidor son:

- **Palas o álabes directrices**

También se las suele llamar **álaves directrices** o **directores**. Cada una de ellas, al unísono con las demás, puede orientarse, dentro de ciertos límites, al girar su eje respectivo, pasando de la posición de cerrado total, cuando están solapadas unas palas sobre otras. A la de máxima apertura que corresponde al desplazamiento extremo, tendiendo a quedar en dirección radial y manteniendo, entre sí, una convergencia hacia el eje.

Cada uno de los ejes, a modo de generatrices del anillo que compone el distribuidor, están asentados por su parte inferior en cojinetes situados en una corona circular denominada escudo inferior, y guiados en su parte superior por cojinetes dispuestos en la tapa de la turbina, o en otra corona circular, escudo superior. Dichos cojinetes se conocen como **cojinetes bocines** y disponen de un adecuado sistema de engrase.

Dado que cada álabe queda perfectamente centrada entre los escudos, se disponen mecanismos, de distinta índole, que permiten regular durante el montaje la suspensión de la misma; de modo que no

existan rozamientos, ni holguras excesivas que puedan provocar pérdidas de carga.

En la parte superior de cada eje, se instalan juntas de estanqueidad, para evitar el paso de agua.

Todas las palas directrices, cuyo número oscila aproximadamente entre 12 para las turbinas pequeñas y 24 para las grandes, son exactamente iguales y conservan entre sí idénticas posiciones respecto al eje de turbina. Las generatrices de cada pala, paralelas al eje de giro pero no concéntricas desarrollan formas de configuración cilíndrica.

- **Equipo de accionamiento de álabes directrices**

Se trata de un conjunto de dispositivos mecánicos, a base de servomecanismos, palancas y bielas, que constituyen el equipo de regulación de la turbina, gobernado por el regulador de velocidad.

En la regulación de la velocidad se mencionan los siguientes componentes:

- * **Servomotores**

Normalmente son dos, cada uno accionado por aceite a presión según órdenes recibidas del regulador, desplazan una gran biela, en sentido inverso una respecto de la otra, a modo de brazos de un par de fuerzas, proporcionando un movimiento de giro alternativo a un aro móvil, llamado **anillo de distribución**, concéntrico con el eje de la turbina

- * **Anillo de distribución**

En sus movimientos de giro, transmite desplazamientos uniformes a todas y cada una de los álabes por medio de palancas de unión entre

éste y la parte superior de cada uno de los ejes respectivos de aquellas. El desplazamiento conjunto y uniforme de las palas directrices, permite variar la sección de paso de agua a través del distribuidor. Fig. 1.3

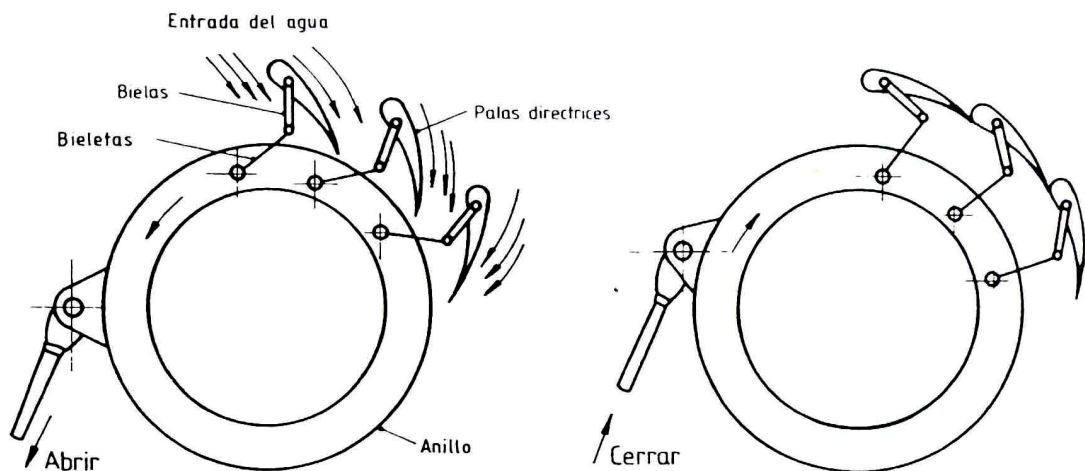


Fig. 1.3 Anillo de distribución

- **Rodete de una turbina Francis**

Se trata de la pieza fundamental donde se obtiene la energía mecánica deseada. No obstante, las diferencias constructivas entre ambos son bastante considerables. Está unido rígidamente a la parte inferior del eje de la turbina en situación perfectamente concéntrica con el distribuidor, ocupando el espacio circular que éste delimita.

Está constituido, inicialmente, por un núcleo central, alrededor del cual se encuentra dispuesto un número determinado de palas de superficie alabeada, aproximadamente entre 12 y 21, equidistantemente repartidas y solidarias al mismo, formando una pieza

única en bloque por fundición o soldadura es decir, sin uniones ni fijaciones por medio de accesorios. Los álabes suelen estar unidos entre si por su parte externa inferior, mediante una llanta o banda que hace igualmente cuerpo con dichos álabes.

- **Tubo de aspiración de una turbina Francis**

Consiste en una conducción, normalmente acodada, que une la turbina propiamente dicha con el canal de desagüe. Tiene como misión recuperar al máximo la energía cinética del agua a la salida del rodete o, dicho de otra forma, aprovechar el salto existente entre la superficie libre del agua y la salida del rodete.

En su inicio, partiendo de la unión circular con la turbina, se trata de un conducto metálico que, en la mayoría de los casos, va aumentando gradualmente de diámetro, tomando forma tronco-cónica, tramo conocido como **cono de aspiración**, Sobre el mismo se dispone, lateralmente, de una o dos entradas de hombre, a fin de poder realizar revisiones, trabajos, etc.

Sigue a continuación la zona acodada de la conducción, metálica o de hormigón, la cual, una vez rebasado el ángulo correspondiente, continúa con sección circular o puede hacer una transición a sección rectangular, en cuyo caso, la conducción es de hormigón hasta el final de la misma. En la parte

inferior del codo, se dispone de colectores con rejillas para vaciado del tubo de aspiración.

Todas las partes metálicas están embebidas en la obra de hormigón de la central. Se construyen de acero especialmente aleado aquellas zonas que se prevén estarán sometidas a efectos de cavitación.

En algunas turbinas, para conseguir un equilibrio de presiones, entre la parte inferior y superior del rodete, se establece una comunicación, entre ambas zonas, por medio de un conducto que, partiendo del cono de aspiración, permite el paso de agua. En dicho conducto se suele colocar una válvula de compensación.

Dependiendo de instalaciones, y en el lugar adecuado del desagüe de cada turbina, se encuentra instalado el dispositivo de obturación, generalmente a base de válvulas y/o ataguías, a fin de poder llevar a efecto revisiones en el grupo. El cierre del conducto de desagüe por medio de válvulas, normalmente del tipo de compuerta o mariposa, es característico de grupos que están expuestos a una posible inundación, por encontrarse a un nivel inferior respecto al del agua en el cauce de salida.

- **Cojinete guía de una turbina Francis**

Esta situado lo más cerca posible del rodete, sobre la tapa superior de turbina, inmediatamente por encima del cierre del sellado del eje.

Consta de un anillo dividido radialmente en dos mitades o bien de una serie de segmentos que asientan con perfecto ajuste sobre el eje. Dicho anillo

o segmentos son, generalmente, de metal blanco antifricción (aleación a base de estaño, antimonio, cobre, plomo, cadmio, etc, en distintos porcentajes), y suelen tener tallados, vertical o diagonalmente, unos canales sobre la superficie de contacto con el eje, para favorecer la circulación de aceite y así lograr su autolubricación.

A objeto que no se produzca temperaturas anormales en la zona de fricción con el eje, el aceite, alojado en una **cuba** que rodea al cojinete, es refrigerado convenientemente mediante agua, tomada normalmente de los colectores pertenecientes al sistema general de refrigeración de los distintos equipos de la central. Fig. 1.4

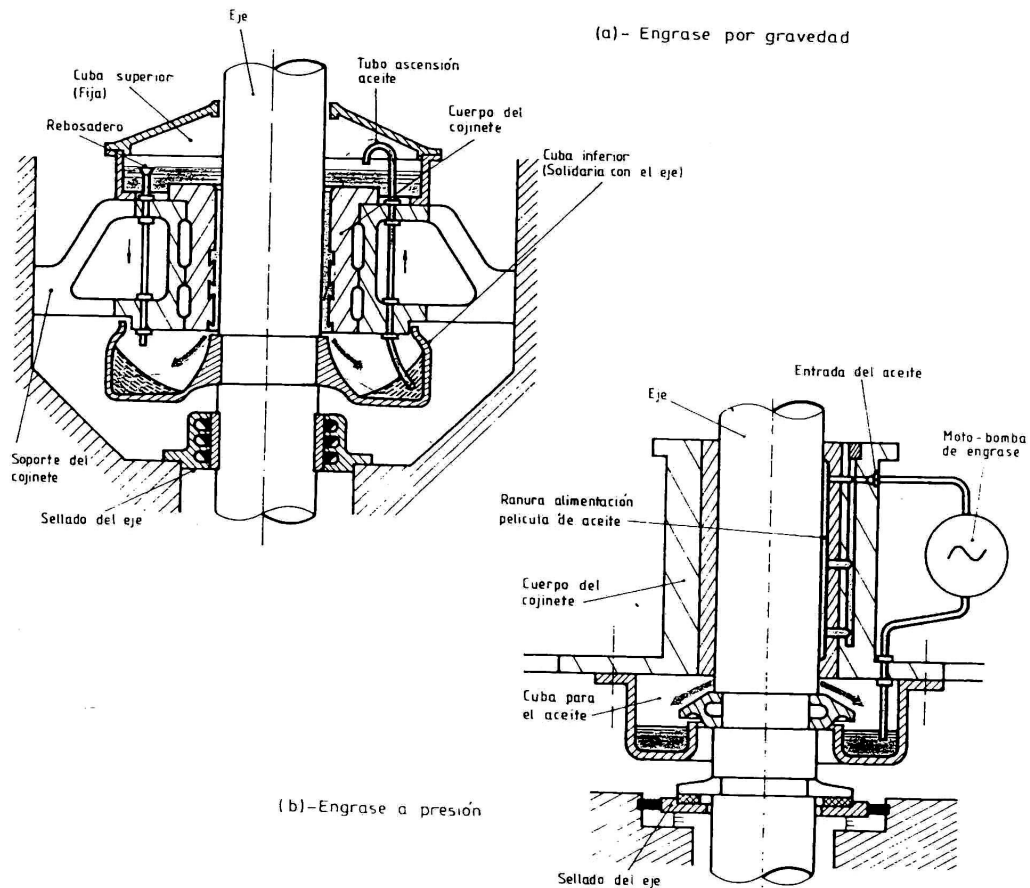


Fig. 1.4 Sistemas de lubricación de cojinetes guías

- **Cojinete de empuje**

Característico y necesario en todas las centrales hidroeléctricas con turbinas Francis de eje vertical.

Como más significativos, se tiene los siguientes tipos de cojinetes.

- * Cojinete de empuje de zapatas rígidas.
- * Cojinete de empuje de zapatas pivotantes.
- * Cojinete de empuje de resortes.
- * Cojinete de empuje esférico.

Todos ellos, destinados a soportar esfuerzos axiales, se destacan dos partes cuyas funciones son comunes.

Así se tiene, para cada cojinete, la parte giratoria,

totalmente solidaria con el eje del grupo, la cual descansa sobre la parte fija, enclavada en zonas inmóviles de la estructura rígida, próximas al eje, como son puentes, etc. Fig 1.5

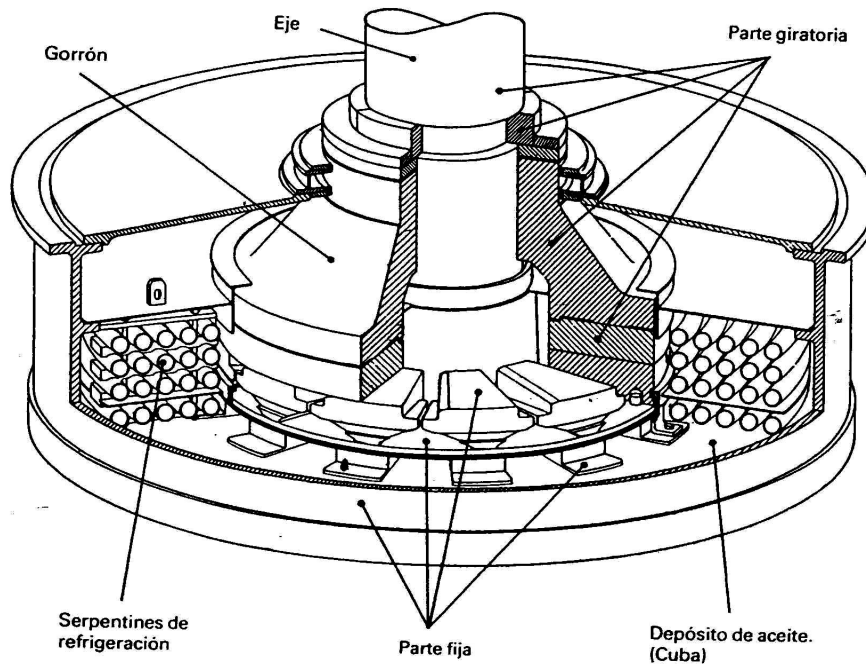


Fig 1.5 Cojinete de empuje

La parte giratoria consta, entre otras, de una pieza de fundición especial y forma toroidal, cuya superficie plana en contacto con la parte fija está perfectamente pulimentada. Debido a estos aspectos constructivos, se denomina espejo, plato de fricción, collar o corona. El espejo está unido al gorrón, pieza que se encaja rígidamente en el eje.

La parte fija está constituida, esencialmente, por un número determinado de zapatas o segmentos, conocidos como patines, en los que la superficie en contacto con el plato de fricción se encuentra

revestida de metal blanco. Dichas zapatas pueden estar montadas rígidamente o, por el contrario, disponer de movimientos radiales, tangenciales y axiales, los cuales se consiguen mediante pivotes, rótulas o resortes situados adecuadamente, lográndose con tales oscilaciones una mejor adaptación entre las superficies en fricción. Fig 1.6

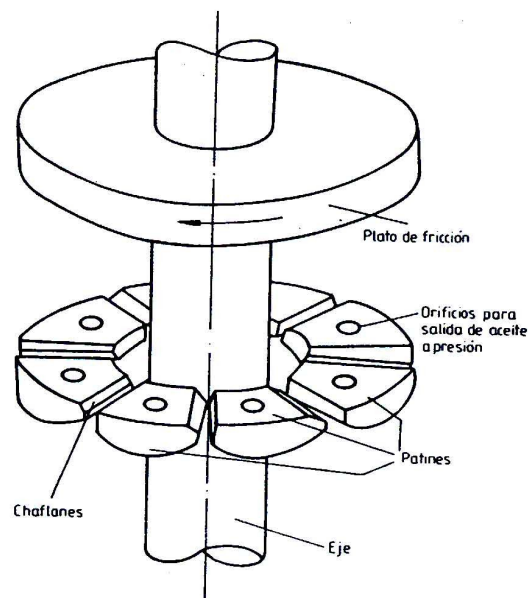


Fig. 1.6 Partes de un cojinete de empuje

La mayoría de los cojinetes de empuje, especialmente los de grandes grupos, además de estar sumergidos en un depósito de aceite, cuba, disponen de un sistema de aceite a presión, a fin de favorecer la lubricación total de las piezas sometidas a fricción, desde el instante, o antes, de que el grupo comienza a girar, con lo que se logra la formación de una capa o película de aceite que soporta la carga total. Dicha película, de poquísimos espesores

(milésimas de milímetro), ha de mantenerse desde el momento de arranque del grupo hasta la parada total del mismo. Una vez que éste adquiere la velocidad normal, el sistema de aceite a presión (Fig. 1.7) queda desconectado, manteniéndose la capa de lubricación como consecuencia del baño de aceite que cubre las zonas en contacto.

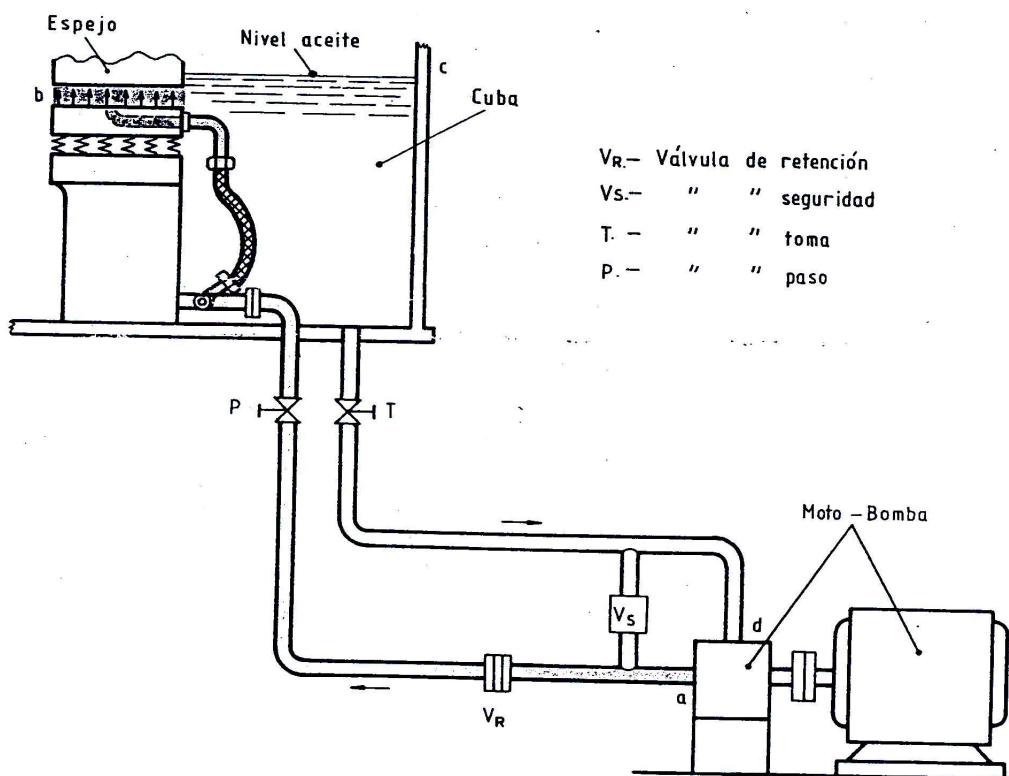


Fig. 1.7 Sistema de aceite a presión para cojinetes de empuje

Para facilitar el libre paso de aceite a presión, los segmentos disponen de unos orificios centrales, suficientemente abocardados, perpendiculares al plato de fricción, que reciben el aceite antes de ponerse a girar la turbina. Así mismo, en las superficies antifricción de dichos segmentos, suelen

existir chaflanes y surcos radiales que permiten la penetración, entre las superficies en contacto, del aceite depositado en la cuba, debido a un efecto hidrodinámico de arrastre de partículas de aceite y de presión.

Dado que el aceite debe de mantener unos valores de temperatura y viscosidad entre unos límites adecuados, es necesario refrigerarlo convenientemente. La refrigeración se puede efectuar por dos procedimientos distintos.

El primero, consiste en hacer circular agua a través de serpentines instalados en el interior del propio depósito de aceite, en el cual se encuentra sumergido el cojinete; con este sistema, se corre el peligro que, por una fuga en los serpentines de agua, ésta pase hacia el aceite, lo que ocasionaría graves daños al cojinete. Para evitar lo anterior, se recurre a otro procedimiento, consistente en hacer pasar el aceite a través de serpentines instalados en refrigeradores de agua situados en el exterior del depósito de aceite, el cual, impulsado por una bomba, circula a una presión mayor que el agua, con lo que, ante una perforación de serpentines, se evita el paso de agua al circuito de aceite. Fig. 1.8

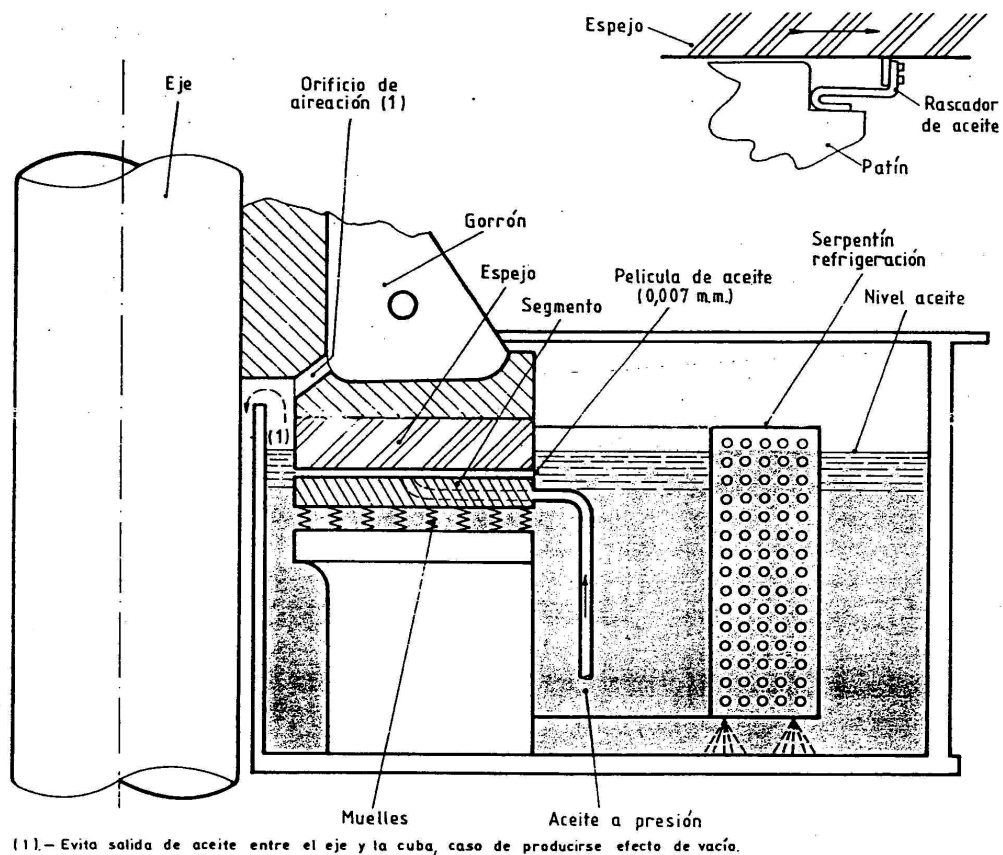


Fig 1.8 Serpentes de enfriamiento

En grupos de pequeñas dimensiones, puede recurrirse a una refrigeración del aceite por medio de una circulación forzada de aire frío.

Cuanto más elevada es la temperatura del aceite, su viscosidad se debilita, corriéndose el riesgo de que la película de aceite se rompa, llegándose a producir un agarrotamiento (gripado) entre las zonas en fricción, si se sobrepasan los límites admisibles de temperatura. Se deduce que tal riesgo es mayor durante las paradas que en los arranques, por lo que

al realizar la parada de determinados grupos se pone en servicio el sistema de aceite a presión.

En determinados tipos de cojinetes de empuje, se instalan radialmente pletinas metálicas entre patines, las cuales, actuando como rascadores de aceite sobre la superficie del plato de fricción, evitan que el aceite caliente pase de unos patines a otros, haciéndola retornar a la cuba donde se refrigera.

Para controlar los niveles de aceite, temperaturas en el aceite y en metales antifricción (valores máximos 75 °C y 800 °C respectivamente), así como las presiones de aceite durante el arranque, se instalan los correspondientes dispositivos de control, tales como niveles, termostatos, presóstatos, etc

2.3.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

La finalidad de un sistema de enfriamiento es reducir de manera considerable la temperatura de distintos equipos y máquinas sometidas a variaciones constantes, la manera de disminuir la temperatura puede ser de manera directa o indirecta, directa cuando el medio y el equipo entran en contacto mientras que indirecta cuando no lo existe. Por lo general el principal medio de refrigeración es a través de agua y/o aire.

El sistema de enfriamiento en estudio se realiza mediante agua, esta provisto de una serie de componentes que forman un sistema centralizado. En este tipo de sistemas, los equipos están condicionados a una serie de consideraciones propias del proyecto, que se relacionan con el tipo de sistema adoptado, la capacidad de la planta de tratamiento, las características del agua y de la fuente de abastecimiento, así como las condiciones del terreno en el que se va a instalar el sistema.

Se puede mencionar tres tipos de sistemas de enfriamiento:

- o Sin recirculación (o de un paso): agua tomada de una fuente térmica enorme (de Temp. estable, ríos, lagos), la que es descargada, luego de ser usada, hacia la fuente de origen. En general, no se le realiza tratamiento (gran costo y problemas de contaminación). Lo único que se hace es bajar la temperatura lo que se logra usando grandes caudales.
- o Con recirculación en circuito abierto: se recircula el agua de enfriamiento, extrayéndose el calor absorbido por contacto directo con el aire atmosférico (transferencia de calor) y por evaporación (transferencia de masa), generalmente en Torres de Enfriamiento.
- o Con recirculación en circuito cerrado: el calor absorbido se extrae en un intercambiador de calor, donde no hay contacto directo con el refrigerante. El agua de torre va por tubos, pues es la que más incrusta y los tubos son de más fácil acceso.

Se realiza un tratamiento similar al de un generador de vapor de baja presión. Se trata de evitar corrosión (desairear el agua) que se da esencialmente en zonas de mayor temperatura. Sólo se reponen pérdidas físicas del circuito con agua tratada. Siendo exigente, agua desmineralizada.

- Problemas que se presentan en sistemas de enfriamiento

a) Crecimiento microbiano

Es uno de los problemas más frecuentes: agua a temperaturas próximas a 35°C, altas concentraciones de O₂, luz UV, constituyen un microclima adecuado para crecimiento de microorganismos (algas, bacterias, hongos).

Uno de los efectos que se producen es la obstrucción de tuberías, relleno, etc., disminuyendo la eficiencia del sistema.

Otros microorganismos favorecen la corrosión: absorben o desprenden O_2 , favorecen reacciones catódicas (generan H_2), forman depósitos (favorecen la aireación diferencial).

No es viable un control mecánico de los microorganismos que se desarrollan, por lo que se impone un tratamiento químico de los mismos con agentes desinfectantes como Cloro, Bromo, Dióxido de cloro, etc.

Solución: dosificación de biocidas específicos para cada tipo de microorganismo, de forma tal de que la concentración del biocida sea adecuada.

b) Incrustaciones

El agua utilizada para enfriamiento es un agua de origen natural, que se verá sometida a calentamiento, aún cuando sea mucho menor al que se da en un generador de vapor. Por lo tanto, encontraremos formación de incrustaciones, principalmente $CaCO_3$ (también $MgCO_3$, $CaSO_4$).

c) Corrosión

Los sistemas de enfriamiento contienen diversos materiales, como: aceros, acero galvanizado, aleaciones de cobre, etc. A esto, debe agregarse los productos utilizados para controlar incrustaciones o crecimiento microbiano, que estarán disueltos en el agua del circuito, lo que constituye un medio muy complejo.

Es frecuente el uso de inhibidores de corrosión, los que actúan protegiendo la superficie del material metálico, cuya acción es la

de despolarizar (disminuir o detener el flujo eléctrico) las reacciones de corrosión.

Existen inhibidores anódicos y catódicos, dependiendo sobre cual reacción actúan.

En general, los catódicos precipitan sobre el metal formando una barrera protectora al ataque del oxígeno. Los anódicos promueven la formación de óxidos estables del metal, lo que limita la disolución del mismo.

2.3.3.1 Componentes del sistema de enfriamiento

A continuación se describen los principales componentes que forman parte de un sistema de agua de enfriamiento.

a) Tuberías y tubos

- **Tubo:** Pieza hueca, generalmente cilíndrica y abierta por ambos extremos, que se utiliza en distintas aplicaciones.
- **Tubería :** Las tuberías son tubos fabricados de acuerdo a los tamaños normalizados.

Una notación importante de señalar es que los diámetros exteriores de cualquier tamaño nominal es el mismo para cualquier peso o espesor de pared para tuberías de iguales dimensiones, o sea, el diámetro nominal interior varía con su espesor.

Dentro de los **materiales** con los que son construidas las tuberías se pueden clasificar principalmente dentro de dos grupos.

- Tuberías metálicas

Dentro de los materiales de fabricación de las tuberías el más utilizado es el acero al carbón. Este es fabricado en gran variedad de tamaños y formas para facilitar su obtención.

Para condiciones de trabajo en las cuales sea necesaria una buena resistencia a la corrosión se recomiendan aquellas cuyo material de fabricación sean aleaciones de níquel y cromo.

Tuberías de Níquel, Morel e Incomel pueden ser obtenidas en tablas desde $\frac{1}{2}$ hasta 4" de diámetro nominal.

Tuberías del tipo Hastelloy encuentran el rango de sus dimensiones y tamaños en $\frac{1}{2}$ a 4"

Tuberías de aluminio sin costuras son construidas para algunas dimensiones estándar y para tuberías extrafuertes.

Tuberías de aluminio-bronce se encuentran desde $\frac{1}{2}$ a 4".

- **Tuberías no metálicas**

Las tuberías no metálicas están fabricados en una gran variedad de materiales dentro de los cuales se destacan: Plásticos, Cerámicos, Vidrio, Sílice fundida, Carbón Rubber

De todos estos materiales, el grupo más utilizado es el de los plásticos.

Las tuberías de plástico tienen gran resistencia a las soluciones alcalinas, cerca de todo tipo de ácidos y otros fluidos corrosivos.

Además son resistentes a todo tipo de bacteria, algas y principalmente son no tóxicas.

b) Accesorios de tuberías

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

Entre los tipos de accesorios mas comunes se puede mencionar:

- Bridas

Son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado. La ventajas de las uniones bridadas radica en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento. Entre las principales tenemos:

- Brida con cuello para soldar es utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuya a contrarrestar la corrosión en la junta.
- Brida con boquilla para soldar.
- Brida deslizante es la que tiene la propiedad de deslizarse se hacia cualquier extremo del tubo antes de

ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio requiere soldadura por ambos lados.

- Brida roscada. Son bridas que pueden ser instaladas sin necesidad de soldadura y se utilizan en líneas con fluidos con temperaturas moderadas, baja presión poca corrosión, no es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.
- Brida loca con tubo rebordeado. Es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.
- Brida ciega. Es una pieza completamente sólida sin orificio para fluido, y se une a las tuberías mediante el uso de tornillos, se puede colocar conjuntamente con otro tipo de brida de igual diámetro, cara y resistencia.
- Brida orificio. Son convertidas para cumplir su función como bridas de orificio, del grupo de las denominadas estándar, específicamente del tipo cuello soldable y deslizantes.
- Brida de cuello largo para soldar.
- Brida embutible. Tiene la propiedad de ser embutida hasta un tope interno que ella posee, con una tolerancia de separación de 1/8" y solo va soldada por el lado externo.
- Brida de reducción.

- **Disco ciego**

Son accesorios que se utilizan en las juntas de tuberías entre bridas para bloquear fluidos en las líneas o equipos con un fin determinado.

- **Codos**

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

- **Te**

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

- **Reducción**

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.

- **Válvulas**

Accesorio que se utiliza para regular y controlar el fluido de una tubería. Este proceso puede ser desde cero (válvula totalmente cerrada), hasta de flujo (válvula totalmente abierta), y pasa por todas las posiciones intermedias, entre estos dos extremos. Entre las principales tenemos:

- **Válvula de Globo**

Siendo de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado respectivamente. Las válvulas de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso. Por lo tanto, se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas. El cierre estanco se logra con obturadores provistos de una arandela de teflón. En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Por este motivo se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas son mayores que en una válvula de simple asiento. Fig. 2.1.

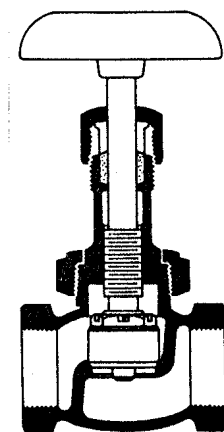


Fig. 2.1 Válvula de globo

Recomendada para

- * Para accionamiento frecuente.
- * Para corte positivo de gases o aire.
- * Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.
- * Estrangulación o regulación de circulación

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- * Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- * Control preciso de la circulación.
- * Disponible con orificios múltiples.
- * Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.

Desventajas

- * Costo relativo elevado.
- * Gran caída de presión

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Instalar de modo que la presión este debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

• Válvula de Compuerta

Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Fig. 2.2. Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando esta en posición de apertura total.

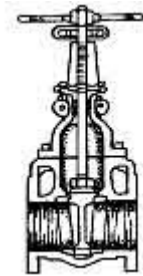


Fig. 2.2 Válvula de compuerta

Recomendada para

- * Para uso poco frecuente.
- * Para resistencia mínima a la circulación.

- * Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.
- * Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.

Aplicaciones

Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Ventajas

- * Cierre hermético.
- * Bajo costo.
- * Diseño y funcionamiento sencillos.
- * Poca resistencia a la circulación.
- * Alta capacidad

Desventajas

- * Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- * Produce cavitación con baja caída de presión.
- * Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- * La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.
- * Control deficiente de la circulación

Variaciones

- * Materiales
- * Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.
- * Componentes diversos.
- * Cuña maciza, cuña flexible, cuña dividida.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- * Corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.
- * Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.
- * No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- * Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- * Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.
- * Lubricar a intervalos periódicos.

- **Válvula de Bola**

El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula esta cerrada. En posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño a 75% del tamaño de la tubería. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión.

Una válvula de bola típica es la válvula de macho que consiste en un macho de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90 grados. Se utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal. Fig. 2.3

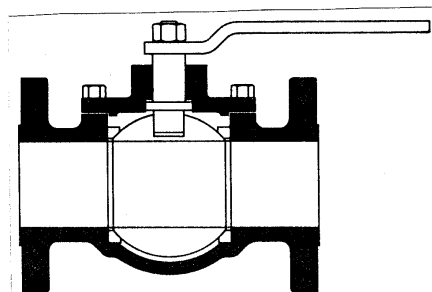


Fig. 2.3 Válvula de bola

Recomendada para

- * Cuando se requiere apertura rápida.
- * Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- * Para temperaturas moderadas.
- * Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones

Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Ventajas

- * Alta capacidad.
- * Corte bidireccional.
- * Circulación en línea recta.
- * Pocas fugas.
- * Se limpia por si sola.
- * Poco mantenimiento.
- * No requiere lubricación.
- * Tamaño compacto.
- * Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas

- * Alta torsión para accionarla.

- * Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- * Propensa a la cavitación.
- * Características deficientes para estrangulación

- **Válvula de Check**

Evitar el cambio de dirección del fluido que se conduce a través de la tubería. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay de dos tipos distintos, conocidos como *válvulas de retención a bisagra* y *de retención horizontal*.

Fig. 2.4 a y b

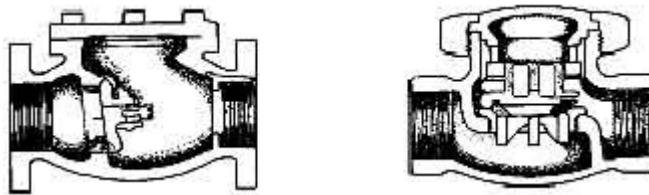


Fig. 2.4 (a)Válvula check a bisagra

(b)Válvula check horizontal

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Dejar suficiente espacio para accionar una manija larga.

- **Válvula de Macho**

Es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° . Fig. 2.5

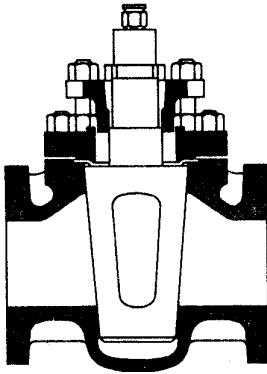


Fig. 2.5 Válvula de macho

Recomendada para

- * Servicio con apertura total o cierre total.
- * Para accionamiento frecuente.
- * Para baja caída de presión a través de la válvula.
- * Para resistencia mínima a la circulación.
- * Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

- * Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.
- * Ventajas
- * Alta capacidad.
- * Bajo costo.
- * Cierre hermético.
- * Funcionamiento rápido.

Desventajas

- * Requiere alta torsión (par) para accionarla.
- * Desgaste del asiento.
- * Cavitación con baja caída de presión.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- * Dejar espacio libre para mover la manija en las válvulas accionadas con una llave.
- * En las válvulas con macho lubricado, hacerlo antes de ponerlas en servicio.
- * En las válvulas con macho lubricado, lubricarlas a intervalos periódicos.

- **Válvula de Diafragma**

Son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

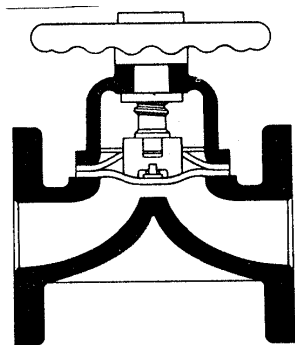


Fig. 2.6 Válvula de diafragma

Recomendada para

- * Servicio con apertura total o cierre total.
- * Para servicio de estrangulación.
- * Para servicio con bajas presiones de operación.

Aplicaciones

Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

Ventajas

- * Bajo costo.
- * No tienen empaquetaduras.
- * No hay posibilidad de fugas por el vástago.
- * Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas

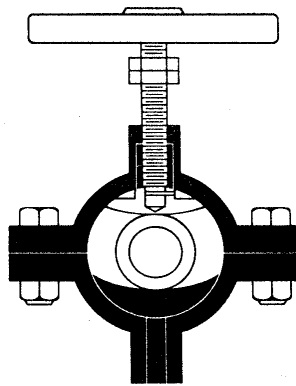
- * Diafragma susceptible de desgaste.
- * Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- * Lubricar a intervalos periódicos.
- * No utilizar barras, llaves ni herramientas para cerrarla.

- **Válvula de Apriete**

Es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o mas elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre si para cortar la circulación.



2.7 Válvula de apriete

Recomendada para

- * Servicio de apertura y cierre.
- * Servicio de estrangulación.
- * Para temperaturas moderadas.
- * Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula.
- * Para servicios que requieren poco mantenimiento.

Aplicaciones

Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.

Ventajas

- * Bajo costo.
- * Poco mantenimiento.
- * No hay obstrucciones o bolsas internas que la obstruyan.
- * Diseño sencillo.
- * No corrosiva y resistente a la abrasión.

Desventajas

- * Aplicación limitada para vacío.
- * Difícil de determinar el tamaño.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Los tamaños grandes pueden requerir soportes encima o debajo de la tubería, si los soportes para el tubo son inadecuados.

- **Válvula de Desahogo(alivio)**

Es de acción automática para tener regulación automática de la presión. Es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla.

El tamaño de las válvulas de desahogo es muy importante y se determina mediante fórmulas específicas.

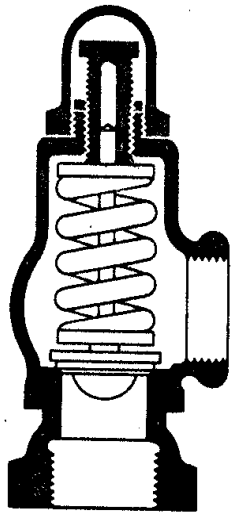


Fig. 2.8 Válvula de desahogo (alivio)

Recomendada para

Sistemas en donde se necesita una gama predeterminada de presiones.

Aplicaciones

Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores.

Ventajas

- * Bajo costo.
- * No se requiere potencia auxiliar para la operación.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Se debe instalar de acuerdo con las disposiciones del Código ASME para recipientes de presión sin fuego.

Se debe instalar en lugares de fácil acceso para inspección y mantenimiento.

- **Válvulas Reguladoras de Presión**

Se utilizan cuando es necesario reducir la presión, manteniéndola en valores prefijados, al margen de la cantidad de fluido que pasa a través de ellas.



Fig. 2.9 Válvulas reguladoras de presión

- **Válvulas Reguladoras de Caudal**

Las válvulas reguladoras de caudal funcionan de manera similar a las reguladoras de presión, reduciendo y manteniendo el caudal de salida. En las plantas de tratamiento, estas válvulas son muy utilizadas en diámetros mayores de seis pulgadas para mantener constante el caudal de operación de los filtros rápidos de este tipo. Fig 2.10

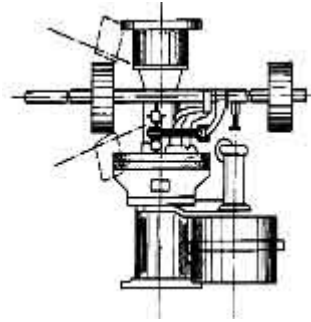


Fig. 2.10 Válvula reguladora de caudal

- Empacaduras

Es un accesorio utilizado para realizar sellados en juntas mecanizadas existentes en líneas de servicio o plantas en proceso.

- Tapones

Son accesorios utilizados para bloquear o impedir el pase o salida de fluidos en un momento determinado. Mayormente son utilizados en líneas de diámetros menores.

c) Filtros de agua

La filtración es un proceso en el cual las partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a su través, pero retiene las partículas sólidas. Unas veces, interesa recoger el fluido; otras, las partículas sólidas y, en algunos casos, ambas cosas.

- Los elementos que intervienen en la filtración son:

- **Medios filtrantes**

Se pueden dividir en dos grupos:

- * Los que actúan formando una barrera delgada que permite el paso sólo del fluido y no de las partículas sólidas en suspensión en él (filtros de tela, los de criba y el papel de filtro común de los laboratorios.).
- * Los que actúan formando una barrera gruesa al paso del fluido (filtros de lecho de arena, los de cama de coque, de cerámica porosa, metal poroso y los de precapa).

Un medio filtrante delgado ofrece una barrera en la que los poros son más pequeños que las partículas en suspensión, que son separadas del fluido y retenidas en el filtro. En los medios filtrantes gruesos los poros pueden ser más gruesos que las partículas que se van a separar, las cuales pueden acompañar al fluido alguna distancia a través del medio, pero son retenidas más pronto o más tarde por el medio filtrante en los finos intersticios que existen entre las partículas que lo constituyen.

El medio filtrante acaba cegándose por las partículas acumuladas; se debe entonces lavar con fluido claro para limpiarlo y permitir que siga la filtración. Los medios filtrantes delgados también pueden cegarse cuando por ellos se filtran líquidos gelatinosos o que contienen partículas blandas y elásticas en suspensión.

Como medios filtrantes, para temperaturas menores de 100° C, se emplean fieltros de algodón o lana; ciertas

fibras sintéticas hasta los 150° C; vidrio y amianto o sus mezclas hasta 350° C. Para temperaturas muy altas se usan mallas metálicas, elementos porosos cerámicos, de acero inoxidable.

- **Fuerza de filtración**

El fluido atravesará el medio filtrante sólo cuando se le aplique una fuerza, que puede ser causada por la gravedad, la centrifugación, la aplicación de una presión sobre el fluido por encima del filtro, o de un vacío debajo del mismo o por una combinación de estas dos cosas.

La fuerza de la gravedad se usa en los grandes filtros, de lecho de arena y en las filtraciones sencillas de laboratorio. Las centrifugadoras pueden considerarse como filtros en los que la fuerza gravitatoria es sustituida por la fuerza centrífuga, muchas veces mayor que la primera. El líquido es obligado por la fuerza centrífuga a pasar a través de las paredes de un tambor giratorio (rotor) finamente agujereadas y tapizadas muy a menudo con una tela filtrante.

En filtraciones lentas, se aplica en el laboratorio muchas veces un vacío parcial. La mayoría de las filtraciones industriales se realizan con ayuda de la presión o el vacío, dependiendo del tipo de filtro usado.

- **Tipos de filtros**

Los filtros se pueden clasificar, de acuerdo con la naturaleza de la fuerza que causa la filtración, en filtros de gravedad, de presión y de vacío.

También se clasifican, según sus características mecánicas, en filtros de platos y marcos, de tambor rotatorio, de discos, de lecho de arena y de pre-capa, entre otros.

- **Filtros de gravedad**

Son los más antiguos y también los más sencillos; entre ellos, citaremos los filtros de lecho de arena, instalados en las plantas depuradoras de agua de las ciudades, que funcionan con un excelente rendimiento. Están formados por tanques o cisternas que tienen en su parte inferior una rejilla o falso fondo sobre el que hay una capa de arena o grava de igual tamaño.

- **Filtros de presión o de vacío**

Son los más usados en la industria, con preferencia a los de gravedad. La fuerza impulsora es suplida por presión o vacío y es muchas veces mayor que la de la gravedad, lo que permite más altos rendimientos de filtración. El tipo más común de filtros de presión es el filtro prensa, del que hay diferentes tipos.

d) Presión

Presión es la fuerza ejercida por unidad de área en forma perpendicular y se expresa en N/m^2 en el sistema internacional; presión en sólidos (esfuerzo), líquidos (presión hidráulica) y gases (presión neumática).

La intensidad de la presión medida por encima del cero absoluto se denomina **presión absoluta**. Evidentemente es imposible una presión absoluta negativa. Por lo común los manómetros se diseñan para medir intensidades de presión

por encima o por debajo de la presión atmosférica, que se emplea como base.

Las presiones medidas en este modo se denominan **presiones relativas** o manométricas. Las presiones manométricas negativas indican la cantidad de vacío y en condiciones normales; al nivel del mar; son posible presiones de hasta -14,7 litros por pulgadas cuadradas (pero no más bajos) (-1 atmósfera). La presión absoluta es siempre igual a la manométrica mas la atmosférica.

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{manométrica}} + P_{\text{atmosférica}}$$

El [método](#) más usual para **medir presiones** es por medio del barómetro de Bourdon, que consiste en un tubo aplanado de bronce o [acero](#) curvado en arco. A medida que se aplica presión al interior del tubo, éste tiende a enderezarse, y éste [movimiento](#) se transmite a un cuadrante por intermedio de un mecanismo amplificador adecuado. Los tubos Bourdon para altas presiones se hace de [acero](#). Puesto que la exactitud del aparato depende en gran parte del tubo, sólo deben emplearse tubos fabricados de acuerdo con las [normas](#) mas rigurosas y envejecidos cuidadosamente por el fabricante. Es costumbre utilizar los manómetros para la mitad de la presión máxima de su [escala](#), cuando se trata de presión fluctuante, y para los dos tercios de ella, cuando la presión es constante. Si un tubo Bourdon se somete a presión superior a la de su límite y a presiones mayores que las que actuó sobre él en el [proceso](#) de envejecimiento, puede producirse una deformación permanente que haga necesaria su calibración.

- **Manómetros**

Un manómetro es un tubo; casi siempre doblado en forma de U, que contienen un líquido de peso específico conocido, cuya superficie se desplaza proporcionalmente a los cambios de presión.

Los manómetros son de dos tipos, entre los cuales tenemos:

- **Manómetros del tipo abierto**

Con una superficie atmosférica en un brazo y capaz de medir presiones manométricas.

- **Manómetro diferencial**

Sin superficie atmosférica y que sólo puede medir diferencias de presión.

- **Presóstatos**

La medición de presiones puede tener como objetivo informar el valor de la presión en un punto determinado, o dar la entrada requerida por un sistema de control, p.ej. para mantener constante la presión en un reactor, o alternativamente, censar que la presión pasa mas allá del rango considerado seguro para un proceso, p.ej. para encender una alarma o detener el proceso Fig. 2.11. Para esta última tarea, se utiliza el dispositivo llamado presóstato el cual consta de:

- Un sensor o elemento sensible, que convierte la presión en un desplazamiento proporcional a la misma, pero que en el caso del diafragma, se fabrica

habitualmente, en material elastomérico, con una placa de apoyo en su superficie posterior (la que encuentra en contacto con el medio de proceso) sobre la que apoya un resorte que determina el rango y la sensibilidad del dispositivo.

- Un barral mecánico extensible que conecta el desplazamiento producido por el sensor con la palanca actuadora de la llave eléctrica o conmutador, para que, una vez pasada la presión de disparo, el barral actúe el conmutador. La presión de disparo, por lo general es modificable por enroscado o desenroscado del barral cuando este es extensible, o, cambiando la posición relativa del barral y el conmutador, o, cambiando la tensión del resorte que equilibra el movimiento del sensor. Algunos modelos incluso dan la posibilidad de ajustar la presión de disparo girando un botón o un dial sobre una escala graduada.
- El conmutador, cuya tarea es comandar un actuador del tipo on/off, puede tomar varios formatos distintos, pero por lo general se trata de una llave eléctrica a la cual, la señal originada por la presión cambia la posición de sus contactos. En algunos casos se trata de un simple conmutador para, p.ej. encender o apagar directamente una bomba, otras veces se utiliza un conmutador simple para operar un contactor, y otras se trata de llaves complejas operadas directamente por la señal de presión. Este tipo de conmutador debe especificarse para operación normal-abierto o normal-cerrado, según se necesite, y suele incluir un buen

grado de histéresis de modo que una vez actuado el conmutador, se requiera un retorno considerable del barral antes de des-actuar la llave. El problema con los conmutadores mecánicos es su desgaste con el tiempo, por lo que en aplicaciones en que la confiabilidad es primordial, se prefieren conmutadores electrónicos.

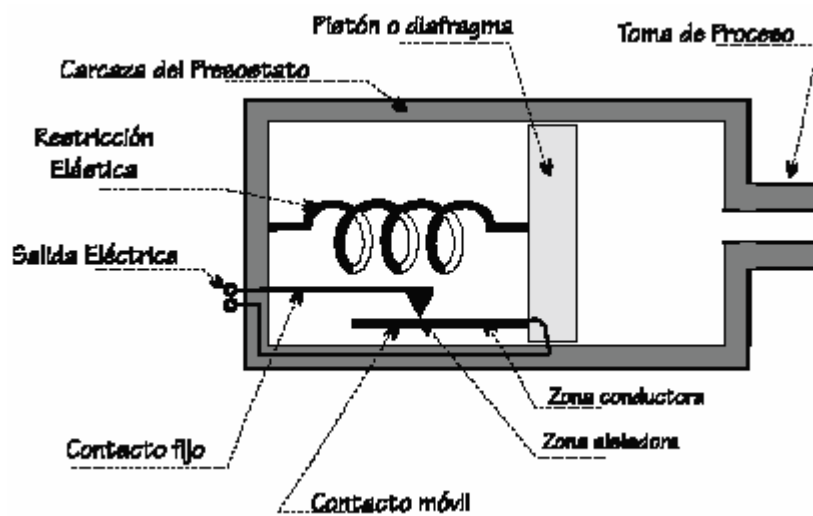


Fig 2.11 Esquema de un presóstato

e) Compresores

Instrumento mecánico que reduce el volumen ocupado por un gas (aire) a través de cierta presión ejercida sobre él.

Esta presión se obtiene mediante un trabajo mecánico que reciben los elementos que componen el compresor, para así dar cumplimiento a su funcionamiento.

- **Compresores dinámicos**

En un compresor dinámico, el aumento de presión se obtiene comunicando un flujo de gas, cierta velocidad o energía cinética, que se convierte en presión al desacelerar el gas, cuando este pasa a través de un difusor.

En este tipo de compresores tenemos: los Centrífugos y los Axiales.

- **Centrífugos :**

En los compresores centrífugos, el desplazamiento del fluido es esencialmente radial. El compresor consta de uno o más impulsores y de números de difusores, en los que el fluido se desacelera.

- **Axiales:**

Se caracterizan, y de aquí su nombre, por tener un flujo axial en forma paralela al eje. El gas pasa axialmente a lo largo del compresor, que a través de hileras alternadas de paletas, estacionarias y rotativas, comunican cierta velocidad del gas o energía, que después se transforma en presión.

- **Compresores de desplazamiento**

- **Compresores de pistón**

Son los tipos de compresores de desplazamiento positivo más antiguos y conocidos. Los de simple efecto, son normalmente del tipo entroncado, mientras que los de doble efecto utilizan un diseño de cruceta.

- **Compresores de diafragma**

Son compresores de desplazamiento positivo, exentos de aceites, que utilizan una membrana flexible o diafragma, en lugar de pistón.

El diafragma puede activarse mecánica o hidráulicamente.

f) Bomba

Es una máquina que tiene como función impulsar el agua a través de tuberías, a distancias o niveles diferentes.

Su mecanismo es sencillo: dentro de ella, se produce un vacío que permite succionar el agua de una fuente o suministro para luego impulsarla.

Debido a sus múltiples aplicaciones, las bombas se han construido en gran variedad de diseños y tamaños. Las más conocidas son las siguientes: las bombas centrífugas (cinéticas) y las de desplazamiento positivo del tipo recíprocante (de pistón). Fig 2.11

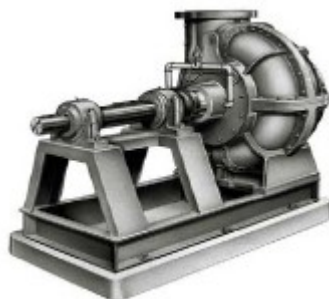


Fig. 2.12 Bomba centrífuga

- **Bomba centrífuga**

Consiste en una carcasa de fundición en cuyo interior se forma una cámara, se monta un impulsor o rodete; apropiada para impulsar grandes volúmenes de agua. De bajo costo y muy segura, es una bomba de alta velocidad de rotación, lo cual permite su conexión directa a un motor eléctrico.

g) Medidores de flujo

Se denomina flujo a la cantidad de fluido que pasa a través de la sección por unidad de tiempo. Por ejemplo, en cierta tubería puede haber un régimen de flujo de 100 galones de agua por minuto. Esto quiere decir que durante cada minuto que transcurre pasan 100 galones de agua. Si se considera el número de galones que van a pasar a partir de cierto momento, después de dos minutos 200 galones, etc. Si el régimen de flujo se mantiene con el mismo valor, después de cierto tiempo habrá pasado un número total de galones igual al régimen de flujo multiplicado por el tiempo transcurrido; por ejemplo, después de 15 minutos habrán pasado $100 \times 15 = 1.500$ galones.

Al contrario dividiendo el número total de galones entre el tiempo, se obtiene el régimen de flujo. En el ejemplo anterior $1.500/15 = 100$ gal/min.

- **Unidades para medir cantidad de fluido.**

La cantidad de cierto líquido, gas o vapor se puede medir en unidades de masa, y el régimen de flujo en unidades de masa por unidad de tiempo, por ejemplo, en libras por

hora. En la práctica se utilizan dichas unidades cuando se trata de vapor de agua.

Con mucha frecuencia se mide la cantidad de un fluido en unidades de volumen y el régimen de flujo en unidades de volumen por unidad de tiempo, por ejemplo, galones por minuto, barriles por día, pies cúbicos por hora. Generalmente la cantidad de agua se mide en galones a 60 °F, la de otros líquidos manejados en la industria del petróleo, en barriles a 60 °F; la cantidad de gas en pies cúbicos a 60 °F.

- **Tipos de medidores de flujo**

Entre los principales se puede mencionar:

- **Medidores mecánicos**

Los captadores transmiten el desplazamiento del flotador o la inclinación de la balanza, por medio de juegos de palancas, levas, u otro dispositivo mecánico, a un eje que gira arrastrando la pluma del registrador. Este eje ha de salir al exterior atravesando la pared de la cámara del flotador, que esta bajo presión. Esto se consigue por medio de una chumacera o cojinete estanco que, para no falsear la medida ha de producir el mínimo rozamiento posible sobre el eje.

- **Medidores eléctricos**

Se utilizan frecuentemente sistemas de medida de caudal con transmisión eléctrica, cuando el

instrumento de medida o registro se localiza lejos del elemento primario.

Se utiliza la elevación del nivel del mercurio en la rama de baja presión de un tubo U para variar la resistencia de un circuito eléctrico. La corriente eléctrica que fluye por este circuito será, por tanto, función de la presión diferencial aplicada al cuerpo medidor y en consecuencia función de la velocidad del fluido que atraviesa el elemento primario.

2.3.4 CENTRAL HIDROELECTRICA AGOYAN

La Central Hidroeléctrica Agoyán se encuentra ubicada en el sector denominado Agoyán, de la parroquia Ulba, Cantón Baños, en la provincia de Tungurahua.

La Central ha sido diseñada y construida en el indicado sitio para aprovechar un desnivel de 130m.(que incluye los 50 m. de caída de la cascada Agoyán), y el caudal del río Pastaza formado por los ríos Patate y Chambo procedentes de las provincias de Tungurahua y Chimborazo respectivamente.

2.3.4.1 Componentes de la central Agoyán

La Central Agoyán esta constituida de los siguientes componentes:

- 1.- Embalse
- 2.- Presa
- 3.- Túnel de carga
- 4.- Chimenea de Equilibrio
- 5.- Tubería de Presión
- 6.- Casa de Maquinas
- 7.- Acceso a Casa de Maquinas

- 8.- Túneles y estructuras de descarga
- 9.- Válvulas mariposa
- 10.- Turbinas
- 11.- Generadores
- 12.- Ducto de barras y cubículos de: transformadores de potencial y pararrayos, interruptor de unidad, y seccionador bajo carga.
- 13.- Cables de fuerza
- 14.- Transformadores principales
- 15.- Subestación
- 16.- Edificio de Control
- 17.- Servicios auxiliares
- 18.- Líneas de transmisión y Subestaciones
- 19.- Sistemas de telecomunicaciones y teletransmisión de datos.

a) Embalse

El embalse de la Central Agoyán, es un embalse de regulación diaria, que tiene las siguientes características:

- | | |
|--|-----------------------|
| - Nivel máximo de operación | 1.651 m.n.s.m |
| - Nivel mínimo de operación | 1.645 m.n.s.m |
| - Variación útil del nivel del embalse | 6 m. |
| - Volumen regulado útil | 760.00 m ³ |

Los caudales característicos del río Pastaza, en el sitio de la presa, son los siguientes:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| - Caudal medio anual | 124 m ³ /s |
| - Caudal firme | 60 m ³ /s |
| - Crecida máxima observada | 954 m ³ /s |

b) Presa

La presa de la Central es de tipo hormigón-gravedad (estructuras de hormigón de sección triangular; la base es

ancha y se va estrechando hacia la parte superior; la cara que da al embalse es prácticamente vertical. La estabilidad de estas presas radica en su propio peso. Debido a su peso las presas de gravedad de más de 20 m de altura se construyen sobre roca).

Tiene una altura de 43 m., una longitud en su cresta de 300 m. y la elevación de la corona está en la cota 1.653 m.s.n.m. La presa esta formada por 18 bloques de hormigón, numerados de izquierda a derecha.

En los bloques 5,8 y 9 se encuentran los tres vertederos de excesos, en los bloques 6 y 7 los dos desagües de fondo, en el bloque 10 la compuerta de toma y en el bloque 13 las compuertas del desarenador.

c) Vertederos de exceso

Los tres vertederos de exceso son controlados por tres compuertas planas de 15m x12m. y 95 Tn. métricas de peso cada una. Las compuertas en su parte superior están provistas de una clapeta que sirve para una regulación fina del nivel del embalse. Cada compuerta es accionada con un sistema de izaje mecánico compuesto de 1 motor, 1 freno, 2 reductores, 2 tambores de izajes unidos por 1 eje, poleas y cables. Las clavetas son accionadas por un cilindro hidráulico ubicado en su parte media posterior.

La regulación del nivel del embalse se puede llevar a cabo en forma totalmente automática, por medio de la acción de las clapetas y las compuertas de los vertederos.

d) Túnel de carga

El túnel de carga que conduce el agua desde la presa hasta Casa de Máquinas, tiene las siguientes características:

Tipo	Bajo presión revestido de hormigón
Diámetro interior	6 m.
Longitud tramo tubería embaulada	508 m.
Longitud tramo túnel vertedero	1.870 m.
Longitud total	2378 m.

e) Chimenea de equilibrio

La chimenea de equilibrio es subterránea y está unida al túnel de carga. Sirve para amortiguar las sobrepresiones durante los rechazos de carga, o en la toma rápida de carga de las unidades generadoras.

Esta formada de un pozo vertical, una cámara superior, una cámara inferior y un orificio restringido.

Tiene las siguientes características:

Tipo	Subterránea con dos cámaras y orificio restringido
Pozo vertical	
Altura	36 m.
Diámetro	12.50 m.
Cámara superior	
Longitud	39 m.
Diámetro	6 m.
Orificio restringido	
Diámetro	3.50 m. (construido de acero)

f) Tubería de presión

La tubería de presión es vertical, subterránea y parcialmente blindada. Esta formada de un tramo revestido de hormigón armado, un tramo blindado con acero, un codo de 90°, un

bifurcador, y dos ramales que salen a la casa de máquinas y se acoplan a dos válvulas mariposas de las turbinas.

Las características de generales son las siguientes:

- Tramo revestido en hormigón
 - Longitud 121.90 m.
 - Diámetro 5.50 m.
- Tramo blindado en acero
 - Longitud 57 m.
 - Diámetro 4.50 m.
 - Diámetro del bifurcador 4.5/3.2/3.2 m.
- Ramales
 - Longitud 19.42 m.
 - Diámetro 3.20 m.
 - Diámetro de acople a válvulas mariposas 2.7 m.

g) Casa de máquinas

La casa de maquinas es del tipo subterráneo, tiene una longitud de 50.40 m., un ancho de 18.00 m y una altura de 34.10 m.

Esta dividida en cuatro pisos que son los siguientes:

Piso de válvulas	1484 m.s.n.m.
Piso de turbinas	1490 m.s.n.m.
Piso de generadores	1494 m.s.n.m.
Piso principal	1499 m.s.n.m.

- Acceso a casa de máquinas

Dadas las condiciones topográficas y geológicas exteriores a la casa de máquinas que han impedido construir un acceso directo por carretera a la casa de máquinas, ha sido necesario construir un pozo vertical de 121 m. de profundidad y 8.50 m. de diámetro.

El pozo de transporte cuenta en su parte superior con un grúa pórtico que tiene las siguientes características generales:

Capacidad nominal del gancho principal	40 Tn
Luz	10 m.
Alcance(desde el nivel 1628.20 hasta el 1499 m.s.n.m.)	129.2 m.

h) Túneles y estructuras de descarga

Los túneles de descarga que devuelven el agua turbinada al río serán de baja presión, de sección circular con diámetro 4.50 m. revestidos de hormigón. De 110 m. de longitud el túnel N° 1 y de 98 m. el túnel N° 2. Cada túnel esta provisto de una cámara de equilibrio de 6 x 15 m. y 221 m. de altura que permite operar en forma estable el equipo electromecánico durante las maniobras transitorias.

i) Válvula mariposa

En el extremo de cada uno de los dos ramales de la tubería de presión, antes de los caracoles de las turbinas, se ha instalado en cada unidad, una válvula mariposa de las siguientes características:

Tipo	Mariposa
Diámetro nominal	2700 mm.
Diámetro del servomotor	450 mm.
Carrera del servomotor	1.352 mm.
Presión de aceite	36 a 39 Kg/cm ²
Peso de contrapeso	6100 Kg.

La apertura de la válvula se la hace por medio de un servomotor accionado por la presión de aceite procedente del

sistema de regulación de velocidad de la turbina; y el cierre por la fuerza de un contrapeso.

j) Turbinas

Las turbinas tienen las siguientes características generales:

Tipo	Francis de eje vertical
Caída neta	149 m.
Caudal	58.1 m ³ /s
Potencia	78 KW
Velocidad	225 r.p.m.
Nº. De álabes móviles	20
Nº. de Servomotores para accionamiento de los álabes	2
Presión de aceite para accionamiento de los servomotores	36 a 38 Kg/cm ²

k) Generadores

Directamente acoplada al eje de cada turbina, se encuentra el generador eléctrico, que tiene las siguientes características generales:

Nº unidades	2
Potencia nominal por unidad	85 KVA
Factor de potencia	0.9
Voltaje nominal	13.800V
Corriente nominal	3556 A
Frecuencia nominal	60 c/s
Velocidad nominal	225 r.p.m.
Velocidad de embalamiento	395 r.p.m.
Nº. de polos	32
Peso del rotor	145 Tn.
Sentido de giro	Agujas del reloj

Aislamiento	Clase F
Excitación	Estática
Voltaje nominal de excitación	310 V.
Corriente nominal de excitación	1020 A
Potencia nominal de excitación	316 KW
Capacidad del transformador de excitación	700 KVA
Relación de transformación del transformador de Excitación	13.800/460 V

El generador por su configuración física es de tipo “Umbrella” (paraguas), ya que el cojinete de empuje se encuentra ubicado debajo del rotor.

l) Ducto de barras

La energía eléctrica producida en los generadores a un voltaje de 13800 V es conducida hasta los cables de fuerza de cada unidad, por intermedio del siguiente equipo:

- Un conducto de barras colectoras de fases separadas. De éste se deriva una alimentación para el transformador de excitación de la unidad.
- Un cubículo de transformadores de potencial y pararrayos.
- Un cubículo que contiene el interruptor de unidad.
- Un cubículo que contiene el seccionador bajo carga. De éste sale una alimentación en 13800 V hacia el transformador de servicios auxiliares de la unidad.
- Una caja de conexión de las barras con los cables principales de 13800 V.

m) Cables de fuerza

Los cables de fuerza conducen la energía desde la caja de empalmes o conexiones, siguen a través del pozo de

transporte y llegan a los transformadores principales, ubicados en la subestación exterior. Se utilizan dos cables por cada fase (seis por cada unidad).

Los cables tienen las siguientes características:

Voltaje nominal	22 KV
Material conductor	Cobre
Sección del material conductor	2000 mm ²
Tipo de aislamiento	XLPE
Espesor del aislamiento	8 mm.
Tipo de recubrimiento	PVC
Espesor del recubrimiento	4 mm.

n) Transformadores principales

Los transformadores principales ubicados directamente sobre la caverna de casa de maquinas en un área exterior de 25 x 87 m² en la cota 1618.20 m.s.n.m.

Los transformadores principales tienen las siguientes características generales:

Potencia nominal	85.000 KVA
Modelo	CUB
Norma	ANSI – C57.12
Tipo	Núcleo
Clase	FOA
Frecuencia	60 c/s
Nº. de fases	3
Relación de transformación	B.T. 13800 V (3560 A) A.T. 145000 V (338 A)
Cambiador de Taps sin carga	alto voltaje
Pos. 1	152300 V 322 A
Pos. 2	148600 V 330 A
Pos. 3	145000 V 338 A

	Pos. 4	141000 V	347 A
	Pos. 5	137800 V	356 A
Nivel de ruido		81 Db.	
Peso total		69900 Kg.	

o) Subestación

Dadas las condiciones topográficas exteriores de la zona, la subestación es de tipo compacto. Utiliza equipo encapsulado aislado con gas SF6. Esta situada sobre el hall de transformadores, en una loza de 31 x 18 m. a 1627 m.s.n.m.

Los equipos instalados en esta plataforma son conocidos como “GIS” (Gas Insulation System)

La subestación en SF6 está conformada por las cinco posiciones siguientes:

Posición 11	Línea N°. 1 a Totoras
Posición 12	Unidad N°. 1
Posición 13	Acople a barras
Posición 14	Unidad N°. 2
Posición 15	Línea N°. 2 a Totoras

p) Edificio de control

El edificio de control y oficinas técnicas esta ubicado junto a las subestación.

En este lugar existe el panel principal para la operación de la Central. El edificio cuenta con el suministro y aire acondicionado. Los equipos necesarios se encuentran en un cuarto principal del edificio de control.

q) Servicios auxiliares

Se conocen como servicios auxiliares todos los servicios que complementan las necesidades de la Central para una

operación segura y confiable. Se pueden dividir en servicios auxiliares propios de la unidad y servicios auxiliares generales de la Central.

r) Líneas de transmisión y subestaciones

Forman parte del proyecto las siguientes líneas de transmisión y subestaciones:

a) Línea de transmisión (L/T)

- L/T Agoyán – Totoras de 32 Km de longitud, a 138 KV, doble circuito.
- L/T Totoras Ambato, de 8 Km a 138 KV, un circuito
- L/T Totoras Santa Rosa (Quito), de 120 Km, a 230 Kv doble circuito.

b) Subestaciones

- Subestacion Totoras
- Subestación Ambato
- Subestación Santa Rosa (Quito).

s) Sistemas de telecomunicaciones y teletransmisión de datos

Se ha previsto un sistema de telecomunicaciones consistente de lo siguiente:

Teletransmisión de nivel y tubería del agua del río Pastaza, por vía VHF, desde la estación hidrológica de Baños hasta la caseta de control de la presa, y de allí al edificio de control.

Comunicación telefónica interna entre la caseta de control de la presa, edificio de control y subestación.

Transmisión de nivel de la descarga de las turbinas y la turbulencia del agua en el tanque desarenador al edificio de control y a la caseta de control de la presa.

Para la comunicación se dispone de un sistema de onda portadora PLC con comunicación a todas las centrales, subestaciones, oficinas centrales y oficinas de despacho de carga del Sistema Nacional Interconectado. Este sistema sirve también para la protección por disparo transferido.

2.3.5 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

El sistema de agua de enfriamiento está previsto para las dos unidades, automáticamente suministra las cantidades necesarias de agua para enfriadores de generadores, turbinas y compresores de aire de servicios. Provisto de un sistema para el funcionamiento en condiciones normales y uno para emergencia.

a) Sistema normal

El suministro de agua de enfriamiento tiene dos rutas:

La primera es tomada de la captación de la Quebrada de Chaguarpata pasa por la planta de tratamiento de agua y se utiliza en el sistema de sellos del eje de la turbina.

La otra línea es abastecida desde el túnel de carga hacia el desarenador por medio de una tubería de 300 mm. de diámetro y sale de éste por una tubería similar. El ingreso del agua al desarenador esta limitado por una válvula accionada por un flotador para obtener un volumen necesario. El desarenador está conformado básicamente por 3 cámaras, en dos de las cuales se produce la sedimentación de los sólidos y en la tercera donde a través de unas rejillas pasa el agua limpia que se utilizará en el enfriamiento, tiene una capacidad de 1000 m³. Además al desarenador ingresan dos tuberías de 400 mm., destinado a su lavado para lo cual utilizan el agua del túnel de carga y la arena es evacuada a través de la descarga del desarenador.

El agua de enfriamiento desciende a través de la tubería que baja por el túnel de transporte hasta el nivel 1469.4. msnm. En el nivel 1500.25 msnm. se encuentra ubicado el tanque acumulador (PULMON) el mismo que contiene agua y aire, se utiliza para prevenir fluctuaciones excesivas que pueden ocurrir en el sistema debido a la abertura o cierre brusco de alguna válvula, el aire proviene de un compresor instalado junto al tanque y sus operaciones de arranque -parada están relacionadas con el nivel del agua en el tanque acumulador.

La tubería de agua de enfriamiento en el nivel 1490 se divide en dos líneas, una se utilizará como suministro normal, mientras que la otra permanecerá como reserva. Cada una de estas líneas tiene su tren de válvulas compuestas por:

- a) Una válvula manual de compuerta
- b) Una válvula motorizada de compuerta
- c) Una válvula reductora de presión. Reduce la presión de 14 Kg/cm² a 6.5 Kg/cm².
- d) Una válvula antiretorno(check)
- e) Una válvula de seguridad que opera cuando la presión llega a 8.5 Kg/cm²

El agua de enfriamiento se dirige hacia el filtro respectivo ubicado en el nivel 1484 msnm. En cuyo tamiz quedan los sólidos grandes que han pasado del desarenador. el lavado del filtro se lo realiza mediante un diferencial de presión, el que al llegar al valor de 1.16 Kg/cm² ordena arrancar el motor de giro del tamiz y la apertura de la válvula motorizada de drenaje 20 SM y ordena terminar la operación cuando este diferencial ha bajado a 0.6 Kg/cm². Este lavado se lo efectúa cada 24 horas de operación del filtro, tiempo marcado por el timer.

El agua de enfriamiento destinada para cada unidad pasa por una válvula manual de compuerta y una válvula motorizada antes de

llegar a la tubería de distribución de l agua a los distintos elementos a enfriar los mismos que son cojinete de empuje, cojinetes de guía inferior y superior del generador, radiadores del estator, aceite del regulador de velocidad y cojinete de la turbina, de donde sale el agua caliente hacia el drenaje, previamente pasa por la placa orificio respectiva, de donde sale la señal hacia el tablero de medición de flujo.

Existe además una tubería destinada al enfriamiento de los compresores de servicio. Ésta a su vez se ramifica en dos ramales, uno principal y uno de reserva y cada uno de los cuales pasa por un tren de válvulas pero con la ausencia de la válvula check y el filtro es únicamente de canasta, luego el agua de enfriamiento pasa por una válvula solenoide que es operada con el arranque del compresor, el que a su vez entra en operación con el presóstato de mínima presión.

b) Sistema de emergencia

En caso de que ocurra una falla en el sistema principal de agua de enfriamiento, inmediatamente entra en operación el sistema de reserva.

El sistema de emergencia es suministrado desde la tubería de succión de cada unidad, mismo que mediante bombas de vaciado impulsan el agua a los distintos elementos a enfriar.

Para el funcionamiento del sistema de emergencia solamente basta una bomba de vaciado, permaneciendo el otro en reserva, puesto que el caudal que arroja cada bomba es de $12 \text{ m}^3/\text{min}$.

El agua para el enfriamiento de las unidades con el sistema de emergencia en operación, coinciden con el sistema principal a la entrada a los filtros, desde donde continua su recorrido. Para el enfriamiento de compresores, el agua llega antes de los reductores de presión, para continuar con la línea del sistema principal.

2.3.5.1 Sistema de suministro de agua principal

La línea principal de suministro esta prevista con una doble línea intercambiable, el intercambio de líneas puede realizarse mediante el interruptor de control ubicado en el panel mímico.

El agua es suministrada al enfriador de aire del generador, al cojinete guía superior, al cojinete guía de la turbina, al cojinete de empuje del generador, a los compresores de aire de servicio y al enfriador del tanque sumidero del regulador.

Equipo	Cantidad de agua de enfriamiento (lt/min)
Enfriador de aire del generador	5000
Cojinete de empuje y guías superior e inferior	650
Cojinete guía de la turbina	140
Sello del eje	60
Compresor de aire de servicio	40
Tanque sumidero del regulador	40

2.3.5.2 Radiador del generador

El radiador es un intercambiador de calor “aire agua”. Para cada unidad existen ocho intercambiadores equidistantes unos de otros.

Su estructura es la siguiente: una serie de tubos finos de cobre ASTM B57-81, están sujetos a dos planchas, sobre una de ellas esta una cámara para la recepción del agua que viene del sistema de refrigeración y en la parte inferior esta

la otra cámara para recolectar el agua y proceder a su evacuación.

El intercambio de calor se produce principalmente por convección. Al circular el agua por los tubos los enfría y éstos a su vez al aire que se ve forzado a pasar por los espacios dejados por ellos.

2.3.5.3 Sistema de enfriamiento del generador

Un sistema de ventilación cerrado con radiadores montados en la estructura del generador esta provisto para su enfriamiento. La circulación del aire se lo consigue mediante ventiladores radiales localizados en la parte superior e inferior del rotor.

El aire caliente que sale de la maquina se ve forzado a pasar por los radiadores para su enfriamiento y recirculación.

2.3.5.4 Cojinete combinado

El cojinete de empuje y el cojinete guía están instalados en un reservorio de aceite en la parte central de la araña inferior.

2.3.5.5 Cojinete de empuje

El cojinete de empuje es del tipo autorregulable. Este cojinete tiene capacidad para soportar el peso combinado de la parte rotativa del generador y de la turbina incluyendo el máximo empuje hidráulico sobre ésta. El diseño del cojinete permite un arranque rápido y frecuente de la maquina sin que se presenten daños. El cojinete es auto lubricado, tiene laberintos presurizados por aire para evitar que los vapores de aceite salgan al recinto del generador.

El cojinete es segmentado en doce partes, revestidos con metal blanco ASTM B23-78 grado 3. Cada uno de los segmentos están soportados por platos diseñados para minimizar las deformaciones de las partes debido a la carga y a la gradiente de temperatura. Los platos están insertados en la cama, existiendo un pequeño espacio libre que permita el movimiento de la parte rotativa, ya que la carga deberá ser repartida uniformemente en todos los segmentos.

2.3.5.6 Cojinete guía inferior

El cojinete guía es de tipo segmentado y cada parte está soportado por pernos de ajuste de manera que el cojinete sea desmontado fácilmente. Esta revestido con metal blanco ASTM B23/78 grado 3. El cojinete esta inmerso en la cuba de aceite del cojinete de empuje y sellos de aire están provistos para evitar que los vapores de aceite entren al recinto del generador.

2.3.5.7 Cojinete guía superior

El cojinete guía superior esta compuesto de ocho segmentos de acero revestidos con metal blanco ASTM B23-78 grado 3. La estructura soporte esta unida a la araña superior. La cubierta del cojinete en su parte final tiene un laberinto que junto al eje y aire a presión proveniente del recinto del generador forman un sello para evitar que los vapores de aceite escapen al exterior.

2.3.5.8 Sello del eje

Es un sello de teflón de ubicado de tal manera que se impida el paso de filtraciones hacia el eje.

2.3.5.9 Elementos del sistema de agua de enfriamiento y cantidad

a) Sistema centralizado de suministro principal de agua de enfriamiento compuesto de	1 Juego
- Válvulas principales operadas por motor (20WC-A/B)	2 Juegos
- Válvulas de la unidad operadas por motor (20WC-1/2)	2 Juegos
- Filtros principales (88 WM-A/B)	2 Juegos
- Válvulas de drenaje del filtro (20SW A/B)	2 Juegos
- Válvulas principales del reductor (310 A/B)	2 Juegos
- Válvulas de seguridad (311 A/B)	2 Juegos
- Válvulas motorizadas de emergencia (20EAW-A/B)	2 Juegos
b) Suministro para el sistema centralizado del agua de enfriamiento de los compresores	1 Juego
- Válvulas operadas por motor (20 AWC – A/B)	2 Juegos
- Válvulas reductoras (313 A/B)	2 Juegos
- Filtros (V-16 A/B)	2 Juegos
- Válvulas de seguridad (V-123 A/B)	2 Juegos
- Válvulas de emergencia operadas con motor (20 EAW-A/B)	2 Juegos
c) Un sistema centralizado para el suministro de Agua de enfriamiento para ele sello del eje	1 Juego
- Válvulas operadas por motor (20WC)	1 Juego
- Válvula reductora (V-56)	1 Juego
- Válvula de seguridad (312)	1 Juego
- Válvula de emergencia operada con motor (20ESW-1/2)	2 Juegos
- Filtros para el sello del eje (304 – A/B)	2x2 Juegos

- Separador de arena (314)	2 Juegos
d) Bomba de desagüe, compuesta de,	2 Juegos
- Bomba de agua accionadas por motor (350 A/B)	2 Juegos
- Motores eléctricos (88 WDM-A/B)	2 Juegos
- Filtros de succión (V-151 A/B)	2 Juegos
- Válvula accionada por motor (20 WD)	1 Juego
e) Tubería y válvulas para los sistemas principales de Agua de enfriamiento para el compresor de aire de servicio, sistema de agua de enfriamiento para el sello del eje	1 Juego
f) Equipo eléctrico para el sistema completo de suministro de agua de enfriamiento	1 Juego
- Interruptores de presión diferencial para los filtros principales (63 WM – A/B)	2 Juegos
- Interruptores de presión diferencial para el filtro del sello del eje (63 WSS)	2 Juegos
- Interruptores de presión de aguas abajo del reductor principal (63 WCM – A/B)	2 Juegos
- Interruptores de presión diferencial de los reductores del compresor(63 WCN – A/B)	2 Juegos
- Interruptores de presión diferencial de los filtros (63 WN – A/B) (del compresor)	2 Juegos
- Interruptores de presión de vacío (63 WD – A/B) para las bombas de succión	2 Juegos
- Cajas de control para las válvulas accionadas por motor	12 Juegos
- Cajas de control para los motores de las bombas de desagüe	2 Juegos
- Cajas de control para los motores del filtro	2 Juegos

- Interruptores de posición de válvulas	
* Para válvulas remotas (V-47 A/B)	2 Juegos
* Para válvulas remotas (V-51 A/B)	2 Juegos
* Para válvulas remotas (V-52)	1 Juego
* Para válvulas manuales (V-45 A/B)	2 Juegos
g) Panel mímico	1 Juego
h) Tanque de acumulación para el circuito principal de agua de enfriamiento que incluye	1 Juego
- Sistema compresor de aire	1 Juego
- Interruptor del nivel de agua (71 WAC)	1 Juego
- Caja de control	1 Juego
i) Repuestos	1 Juego

2.3.5.10 Características de los elementos del sistema de agua de enfriamiento

Se describe las principales características de los elementos que forman parte del Sistema de Agua de Enfriamiento, bombas, motores, electroválvulas, filtros, entre otros.

Cuadro N° 1 Características de los elementos del S.A.E.

DISPOSITIVO	DESCRIPCION	RANGO
350 A/B	Bomba de desagüe Modelo Capacidad Altura total Revoluciones Referencia según detalle	MFW 250-I 10 m ³ /min 55m 1750 rpm WE-33755; WE-33434; WE-33439
88WDM	Motor para la bomba de desagüe Tipo Potencia Voltaje Velocidad	SF-RV 150 Kw 460V 60 Hz, 4p 3ph 1800 rpm
303 A/B	Filtro para el circuito principal de A. E. Flujo Malla	14 m ³ /min Diámetro 2 mm.
88 WM-A/B	Motor para el filtro del cambio del A.E. principal Potencia Voltaje Velocidad	0.75 Kw 460 V 60 Hz, 4p, 3ph 1800 rpm.

DISPOSITIVO	DESCRIPCION	RANGO
304 A,B	Filtro para el agua de suministro de los sellos Flujo nominal Malla	60 lit/min Diámetro 60 µ.
V 16 A,B	Filtro para el A. E. del Compresor de Aire de Servicio Tipo Flujo Nominal Malla Referencia como se detalla	Operación manual neta (40 A) 80 lt/min Diámetro 60 µ. WA- B4150
310 A,B	Válvula de reducción de presión para el suministro principal de agua Tipo Flujo nominal Presión de entrada (Nor) Presión de salida Referencia como se detalla	WVR-01(200A) Max 24000 lt/min 12.5 – 14 Kg/cm ² 6.5 Kg/cm ² WA-B4144
313 A,B	Válvula de reducción de presión para el compresor de aire de servicio Tipo Flujo nominal Presión de entrada (Nor) Presión de salida Referencia como se detalla	Rd – 16 (25 A) Max 150 lt/min Nor 80 lit/min 12.5 – 14 Kg/cm ² 3 Kg/cm ² WA – B4146 WE – 33993
V – 56	Válvulas reductoras de presión para el sello del eje Tipo Flujo Nominal (Max.) (Nor.) Presión de entrada (Nor.) Presión de salida Referencia como se detalla	RD-16 (40A) 350 lit/min 150 lit/min 13.5 – 15 Kg/cm ² 4 Kg/cm ² WA – B4 145 WE – 33993 WA – B4136
80 WW 80 WS 80WQ 80WA – A,B	Relé de flujo (Tipo placa orificio) Relé de flujo (Tipo placa orificio) Relé de flujo (Tipo placa orificio) Relé de flujo (Tipo placa orificio)	4.5 k – 140 lit/min. 4.5 k – 60 lit/min 4.5 k – 36 lit/min. 4 k - 40 lit/min.
80 WFR	Medidor de Flujo de la turbina	Tipo Winter Kennedy
20 WC – A,B 20AWC – A,B 20 WC – 1,2 20 WC 20 EW – A,B 20 EAW – A,B 20 WD 20 SM – A,B 20 ESW – 1,2	Válvula de control (Tipo LTKD - 05) Válvula de control (Tipo LTRH - 01) Válvula de control (Tipo LTKD - 02) Válvula de control (Tipo LTRH - 01) Válvula de control (Tipo LTKD - 05) Válvula de control (Tipo LTRH - 01) Válvula de control (Tipo LTKD - 05) Válvula de control (Tipo LTKD - 05) Válvula de control (Tipo LTKD - 01) Válvula de control (Tipo LTRH - 01) Referencia como se detalla	20 k 350 A, 2.2 Kw 20 k 40 A, 0.1 Kw 10 k 250 A, 0.75 Kw 20 k 50 A, 0.1 Kw 10 k 350 A, 2.2 Kw 20 k 40 A, 0.1 Kw 10 k 350 A, 2.2 Kw 10 k 125 A, 0.4 Kw 10 k 25 A, 0.1 Kw JEJW – 830098 JEJW – 830099 JEJW – 890218
311 – A,B (V - 5A)	Válvula de Seguridad para el circuito principal de Agua de Enfriamiento Tipo Fuelle 255 Db	Presión de seteo 7.2 Kg/cm ² Presión Max. 9 Kg/cm ² Diámetro 200 mm.
312 (V - 129)	Válvula de Seguridad para el sello del eje Tipo agujero 5F – 16C	Presión de seteo 5.4 Kg/cm ² Presión Max. 6.44 Kg/cm ² Diámetro 50 mm.

DISPOSITIVO	DESCRIPCION	RANGO
V – 123 A/B	Válvula de seguridad para el agua de suministro al Compresor de aire Tipo agujero 5F-16C Referencia como se detalla	Presión de seteo 4.3 Kg/cm ² Presión Max. 4.95Kg/cm ² Diámetro 40 mm. WA – B4147 WA – B4148 WA – B4149
63 WM – A,B	Interruptor de presión diferencial	Tipo AEW – 1 ON 1.16 K OFF 0.6 K
63 WSS – 1,2	Interruptor de presión diferencial	Tipo CL – 10 ON 0.085 K OFF 0.05 K
63 WS – 1,2	Interruptor de presión diferencial	Tipo AEW – 1 ON 0.2 K OFF 0.8 K
63 WCM – A,B	Interruptor de presión	Tipo Mercoid DA – 523 – 3 – 85 ON 7K
63 WCS	Interruptor de presión	OFF 5K Tipo Mercoid DA – 523 – 3 – 85 ON 5.5 K
63 WCN – A,B	Interruptor de presión	OFF 3 K Tipo Mercoid DA – 523 – 3 – 85 ON 4.5 K
63 WN – A,B	Interruptor de presión	OFF 2.5 K Tipo Mercoid DA – 523 – 2 – 1S ON 1K
63 WD – A,B	Interruptor de Vacío	OFF 1.5 K Tipo BMW - 1 ON 0.136 K Kab
63 WP – 1,2	Interruptor de presión	OFF 0.4 K Kab Tipo Mercoid DA – 524 – 29S FF 2K

2.4 HIPOTESIS

La elaboración del Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento en la Central Hidroeléctrica Agoyán aportará efectivamente al proceso de perfeccionamiento del personal a cargo del sistema antes mencionado y permitirá su correcta operación.

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente

Manual de operaciones

Variable Dependiente

Sistema de agua de enfriamiento

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 ENFOQUE

El enfoque de la investigación es de tipo predominantemente cualitativo, porque el manual de operaciones permite reflejar las actividades que el operador encargado realiza.

3.2 MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION

Dentro de la modalidad de investigación que se utilizó en el presente trabajo es la **Investigación de Campo**, la misma que se realiza directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio, es decir en la Central Hidroeléctrica Agoyán. La **Investigación Bibliográfica-Documental** permite detectar ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías y criterios de diferentes autores para el desarrollo del marco teórico.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACION

Se ha establecido los siguientes tipos de niveles de investigación:

3.3.1 Exploratorio.- Permite suministrar información en la toma de decisiones. El propósito de esta investigación es formular hipótesis con referencia a problemas potenciales.

3.3.2 Explicativo.- Permite comprobar experimentalmente una hipótesis, descubrir las causas y los efectos de los problemas, detectar los factores que determinan ciertos comportamientos.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

El presente trabajo de investigación es posible gracias al apoyo de todo el personal que labora en la Central Hidroeléctrica Agoyán, tanto personal Administrativo como Operadores Jefes y Supervisores de las áreas de Mecánica, Eléctrica y Operación

UNIVERSO	NUMERO
Jefes de área	2
Operadores	3
Trabajadores	10
Total	15

3.5 RECOLECCION DE INFORMACION

La recolección de datos se lo realizó mediante entrevistas a los operadores y supervisores del área de Mantenimiento Mecánico con la finalidad de conocer las principales características del Sistema de Agua de Enfriamiento y su funcionamiento.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANALISIS

El procesamiento y análisis de la información se lo realizó mediante el método científico, a través del cual se trabajó por etapas con un proceso ordenado y controlado.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La Central Hidroeléctrica Agoyán no tiene actualizada la documentación de sus equipos, se utiliza planos e información obtenidas en el proceso de montaje y operación de la Central.
- Los métodos de operación hasta el momento no son muy eficientes, por eso el Manual de Operaciones permitirá seguir una secuencia ordenada de instrucciones para una correcta operación del sistema
- El personal de operación no tiene información específica para tecnificar sus actividades relacionadas con el sistema de enfriamiento, la operación se la realiza mediante experiencia laboral.
- Los operadores al tener un manual donde se represente gráficamente al Sistema de Enfriamiento, mejorará su desempeño laboral.
- La implantación del Manual de Operaciones permitirá optimizar al máximo recursos materiales y humanos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Debido a la carencia de un documento específico del Sistema de Agua de Enfriamiento, es necesaria la aplicación de un Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento en la Central Agoyán que siga una estructura sistemática.
- Los Manuales de Operación deberán seguir una secuencia de pasos y apoyarse en un mapa que lo represente en su totalidad.
- Evitar el exceso de detalles en la elaboración de manuales de operación, la información deberá ser comprensible para todo el personal.
- Realizar manuales de operaciones para los demás sistemas dentro de la Central Hidroeléctrica Agoyán.
- Actualizar periódicamente la información de la Central.
- La elaboración del Manual de Operaciones se deberá realizar con la participación de todo el personal involucrado en la operación del Sistema de Agua de Enfriamiento.

CAPITULO VI

PROPUESTA

MANUAL DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

La elaboración del Manual de Operaciones del Sistema de Agua desarrollado en la Central Hidroeléctrica Agoyán se basa en una secuencia de cinco pasos que a continuación se detalla.

a) Detectar las variables claves

- Importancia

Debido a que algunos de los componentes de la Centra Hidroeléctrica Agoyán están sometidos a sobrecalentamientos por estar sometidos a movimientos durante su operación (generadores, cojinetes y compresores), el Sistema de Agua de Enfriamiento tiene un grado de importancia ALTO, ya que evita el desgaste continuo de los equipos. Una correcta operación de éste sistema aumenta la eficiencia de estos equipos.

- Captación del agua

El agua para el Sistema de Enfriamiento en la Central Hidroeléctrica Agoyán proviene de dos captaciones: la primera de la quebrada Chaguarpata y la segunda desde el túnel de carga.

- Condiciones funcionales

El Sistema de Enfriamiento funciona bajo 2 condiciones: normal y/o emergencia.

b) Identificar operaciones

El Sistema de Agua de Enfriamiento (S.A.E.) se ha dividido en las siguientes operaciones:

- Operación del sistema de agua de enfriamiento Principal y transferencia al sistema de Emergencia
- Operación del sistema suministro de agua para el Sello del Eje de la Turbina.
- Operación del sistema de enfriamiento Cojinete empuje y guías superior e inferior, generador, enfriador de aire, cojinete guía turbina.
- Operación del sistema de enfriamiento de los compresores de aire para Casa de Maquinas.
- Operación de la válvula reductora de presión para el S.A.E. principal.

c) Definir la estructura del manual de operaciones

- Introducción
Breves detalles sobre la operación del equipo.
- Descripción
Características técnicas y funcionales de cada uno de los componentes del equipo. Para conseguir este objetivo, me base en datos de construcción de la Central Agoyán
- Operación
Tablas de operación en el que se detallan el posicionamiento de selectores, el modo al que va a funcionar y la descripción misma de operación.
- Diagramas de bloques
Esquemas que sirven de soporte a las tablas de operación.

d) Identificar y extraer las principales actividades

- Entrevista con el Operador
 - Nomenclatura

En el lugar mismo del S.A.E. se realiza preguntas sobre e etiquetado que tienen los equipos, esta información se transforma luego en tablas de descripción.

- Componentes y función

Se averigua el nombre del componente así como la función que realiza dentro del sistema.

- Operación

Pasos que se realiza para la operación del S.A.E.

- Entrevista al Jefe de Mantenimiento Mecánico.

- Características técnicas de componentes

Capacidad de funcionamiento

- Técnicas de operación

Cual es la razón técnica de operación

e) Documentación

Una vez obtenido información a través de haber seguido todos los pasos anteriores se procede a documentar el Manual de Operaciones con un contexto entendible y pegado a las condiciones de operación actuales.

6.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA AL SISTEMA DE EMERGENCIA

Una operación normal se establecerá bajo las siguientes condiciones:

- El nivel en el tanque desarenador (71 WC), sea normal. Es decir que el medidor de nivel (71 ECT) no emita alarma por bajo nivel, ni por muy bajo nivel.
- Cuando se ha dado la orden de arranque de las unidades, la válvula motorizada principal de alimentación de agua de enfriamiento 20 WC – A ó B se abrirán totalmente.
- La válvula que se abrirá depende del tren que se haya escogido durante el selector de filtros A ó B, localizado en el tablero WMP (selector 43 WCS).

- La válvula motorizada de ingreso del agua a cada unidad, 20 WC – a ó 2, correspondientes a las unidades, abran totalmente.
- Los flujómetros instalados en el panel, no emitan señales de paso de bajo caudal por los enfriadores. Es decir, que la cantidad del agua que pasa para enfriar los elementos sea correcta.

Si el detector de nivel 71 WCT detecta y emite la alarma “**bajo nivel**” del agua en el tanque desarenador, el operador debe comprobar que las siguientes condiciones se encuentren realizadas, caso contrario ejecutarlas, para lo cual dispone de 45 minutos.

- Válvula V 52, cerrada
- Válvulas V 51 – A y V 52 – B , abiertas
- Seleccionar la bomba que entrará en operación (A ó B) mediante el selector 43 WDS, que se encuentra en el panel mímico
- Selectores 43 WDAL y 43 WDBL localizados en el panel mímico en el modo de operación de las bombas en la posición EM/AUTO.
- Si el nivel del agua en el tanque desarenador sigue bajando, el detector emitirá una alarma por “**muy bajo nivel**” y en ese momento se producirá la transferencia automática al sistema de enfriamiento de emergencia.

Al realizarse esta transferencia, ocurrirá las siguientes maniobras:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| - Válvula 20 WC – A ó 20 WC – B | Cierra |
| - Válvula 20 EW – A ó 20 EW – B | Abre de acuerdo al tren que esta en servicio |
| - Válvula 20 AWC – A ó 20 AWC – B | Cierra |
| - Válvula 20 EAW – A ó 20 EAW – B | Abre, según el compresor que se haya seleccionado con prioridad. |
| - Válvula 20WD | Cierra |
| - Bomba 88 WDM – A ó 88 WDM – B | Arranca, de acuerdo a la bomba que se haya seleccionado |

Si dada la orden de transferencia, no se ejecutan las siguientes acciones en los tiempos indicados, se producirá el inmediato disparo a las unidades de generación:

- Válvulas 20 EWA ó 20 EWB no abren 5 segundos cada una
- Bombas 88 WDM – A ó 88 WDM no arrancan 5 segundos cada una
- Válvula 20 WD no cierra 60 segundos

Si no se abren las válvulas 20 EAW – A ó B en 5 segundos, se producirá inmediatamente el disparo solo de los compresores.

En el caso de producirse el disparo de las unidades, la posición final de las válvulas motorizadas y las bombas será la siguiente:

- Válvula 20 WC – 1 ó 20 WC – 2 Cerrada
- Válvula 20 EW – A ó 20 EW – B Cerrada
- Válvula 20 EAW – A ó 20 EAW – B Cerrada
- Válvula 20 WD Abierta
- Bomba 88 WDM – A ó 88 WDM – B Apagada.

6.1.1 Características de sus elementos

Al ser un sistema de emergencia, los elementos que intervienen en éste son los que se detallan conforme se describan en la operación del Agua de Enfriamiento para cada una de las unidades.

6.1.2 Operación del sistema de agua de enfriamiento emergente

Un sistema emergente del sistema principal de enfriamiento está provisto, el agua usada para este efecto es tomada desde el tubo de succión o descarga de las unidades y bombeada por las bombas de evacuación (350-A/B) a través de las válvulas motorizadas 20EW-A/B (V14-A/B) a la unidad y a través de las válvulas 20EW-C/D a los compresores de aire de servicio y frenado. Solamente una válvula de cada sistema será usada al mismo tiempo.

Se debe tomar en consideración algunas de éstas condiciones:

1) *Lámpara roja (RL) indica válvula abierta, lámpara verde (GL) indica sobrecarga en el motor.*

2) *Sobrecarga en el motor detiene la operación de la válvula desconectando el suministro de fuerza al circuito de control.*

3) *Contactos 8EWA, 49 EWAX y 20 EWATLF indican alarmas de falta de energía, sobrecarga respectivamente del motor.*

4) *El detector de nivel 71WCT lb2, energiza el relé 71WCT2X1 y 71WCT2X2 los cuales son usados en el circuito de control de las válvulas 20 EW-A/B. Los relés pueden resetearse con el switch 3R-71WCT.*

Para la válvula 20 EW-B la operación es igual a la descrita en los numerales anteriores.

Para las válvulas 20 EW-C;/D que permiten el paso del agua de enfriamiento a los compresores la secuencia de abertura y cierre es igual que para las válvulas 20 EW A ó B, cambian únicamente la denominación de los selectores y comandos que son los siguientes:

Selector TEST/NORM	43 EAWAL
Pulsadores locales	3-20 WEAWA OPEN/CLOSE
Selector AUTO/MANUAL	43 EAWA
Comando Manual	3-20 EAWAL OPEN/CLOSE
Selector de Operación	43 ACWS A/B

6.2 Operación del sistema de suministro de agua para el sello del eje de la turbina

El agua de enfriamiento de los sellos es tomada desde el tanque reservorio, posee un detector de nivel (71 WS) el que dispone de un relé indicador con tres señales: normal, bajo nivel y muy bajo nivel.

En operación manual la válvula motorizada 20 WC estará siempre abierta para dejar pasar el agua de enfriamiento de sellos a las dos unidades, manteniéndose abierta incluso cuando las unidades se encuentran paradas.

El cambio del sistema normal al de emergencia, es totalmente automático, para lo cual el relé del tanque reservorio dará la alarma por muy bajo nivel y se produce el cierre de la válvula motorizada 20 WC y la apertura de las válvulas motorizadas 20 ESW – 1 y 20 ESW – 2.

Con la apertura de éstas válvulas se logra que el agua de enfriamiento del sistema principal, abastezca la línea de enfriamiento de los sellos.

En caso de que la unidad 1 este operando y la válvula ESW – 1 no comience a abrir dentro de los 10 segundos de dada la orden de transferencia del sistema de agua de enfriamiento, se producirá el disparo de la unidad. Igual cosa ocurrirá para la unidad 2, si la válvula motorizada 20 ESW – 2 no comienza a abrir en este lapso.

Para una operación normal se debe tener las siguientes condiciones:

- Nivel **Normal** en el tanque desarenador.
- Nivel **Normal** en el tanque de sellos
- Unidad 1 y/o 2 en operación
- Válvula motorizada 20 WC – A ó 20 WC – B abierta (según el tren o ruta que se haya escogido)
- Válvulas 20 WC – 1 y/o 20 WC – 2 abiertas dependiendo de la unidad en servicio
- Válvula 20 WC principal del agua de sellos abierta
- Válvulas 20 AWC – A ó 20 AWC – B, abiertas según el tren escogido.
- Válvulas motorizadas 20 EW – A, 20 EW – B, 20 EW – A, 20 EW – B, 20 ESW – 1, 20 ESW – 2 cerradas.

- Válvulas manuales: V45 – A, V45 – B, V47 – A, V47 – B, V52 abiertas
- Válvulas manuales V51 – A, V51 – B abierta
- Válvula motorizada 20 WD abierta
- Válvula motorizada 20 WJ cerrada.

Además se debe disponer de lo siguiente:

- Unidad 1 y/o 2 con orden de parar
- Válvula motorizada 20 WC – 1 y/o 20 WC – 2 cerrando.

El sistema comprende los siguientes accesorios:

6.2.1 Características de sus elementos

A continuación se detalla las características principales de los principales elementos que componen el sistema de suministro de agua para sello del eje de la turbina

Cuadro N° 3 Características de los elementos del sellos del eje

ELEMENTO	DESCRIPCION
V-128	Válvula de compuerta para aislamiento del sistema
20WC (V55)	Válvula motorizada
V229	Válvula de compuerta para aislamiento del manómetro I-38 que indica la presión del agua para sello antes del reductor.
V-56	Reductor de presión, controla que la presión de salida sea de 4 Kg/cm ² .
V-230	Válvula de compuerta para aislamiento del manómetro I-39 que indica la presión después del reductor, y del presóstato 63-WCS PC-63WCS
V-129	Válvula de seguridad para controlar la sobrepresión en el sistema (set 6 Kg/cm ²).
V-57; V-58	Válvulas de compuerta para la unidad 1 y 2 respectivamente sirve para habilitar la línea de suministro.
V-60	Válvula check
V-61	Válvula de compuerta para aislamiento del manómetro I 8 que indica la presión del agua a la entrada del filtro.
V-62; V-63	Válvulas de compuerta para aislamiento del DPS-63WSS.
63WSS	Presóstato diferencial que indica si el filtro está funcionando adecuadamente. Envía una señal de alarma cuando el filtro está obstruido.
V64A/B ; V-65 A/B	Válvulas de compuerta para aislamiento de los filtros 304-A ó 304-B respectivamente. El un filtro estará en operación normal y el otro en reserva. Los filtros tienen suficiente capacidad para permitir el paso del flujo requerido de agua para el sello del eje de la turbina.
V-68 A/B	Válvulas de compuerta utilizadas para drenar los filtros.
ELEMENTO	DESCRIPCION
314	Separador de arena, para quitar del agua partículas no disueltas que afectarán los sellos.
V-70	Válvula de compuerta para drenaje del separador de arena. Normalmente cerrada.

V-71	Válvula de compuerta para aislamiento del manómetro I10 que indica la presión del agua.
V-71; V-73	Válvulas de compuerta para aislar el medidor de caudal.
V-74	Válvula de compuerta usada como by-pass del medidor de caudal. Normalmente cerrada.
80WS	Flujóstato que detecta la presencia de flujo de agua de sellos envía una señal de alarma al panel. Adicionalmente se dispone de un indicador de flujo de agua en el FLOW METER PANEL localizado en nivel 1.490 m.s.n.m.
V173-V174	Válvulas de compuerta para el aislamiento del indicador de flujo ubicado en el panel.
V-156	Placa orificio para control de la presión del agua para sellos

6.2.3 Procedimiento de lavado de tanque de agua de sellos de Chaguarpata

El lavado del tanque de agua de sellos ubicado en Chaguarpata, se lo realizará con el fin de desalojar todo el lodo depositado en el fondo. Este lavado se deberá realizar **una vez por semana**.

Para este efecto, se hará el lavado primero de una de las dos cámaras y luego de la segunda. Para el caso de la primera es necesario abrir totalmente la compuerta de fondo, hasta que se haya vaciado todo el agua y mantenerla esta posición durante **5 segundos**.

Posteriormente se cerrará totalmente la compuerta y se esperará a que se recupere el nivel, para luego proseguir con el lavado de la segunda cámara.

Terminado el lavado se deberá revisar que las dos compuertas se encuentre bien cerradas y no existan fugas.

Se deberá tener cuidado que la toma que lleva el agua a la planta de tratamiento, siempre deberá estar sumergida, para evitar que ingrese aire.

6.3 Operación del sistema de enfriamiento cojinete empuje y guías superior e inferior generador, enfriador de aire, cojinete guía turbina

Existen dos tuberías destinadas al enfriamiento de los cojinetes del generador y la turbina, una de ellas estará en operación normal, mientras que la otra permanecerá como reserva. La selección de la vía de suministro normal se la efectúa manualmente por medio de las válvulas motorizadas 20WC-A/B (V2-A/B) desde el panel mímico con el selector de filtros.

A partir de la válvula motorizada 20WC-1 la tubería de enfriamiento se divide en 3 ramales:

1) Tubería de enfriamiento para el cojinete de combinado y guía superior.-

Esta a su vez. se subdivide en 3 ramales:

a) Enfriamiento del cojinete guía superior del generador

Luego de pasar por el intercambiador de calor del cojinete el agua de enfriamiento se evacua en la tubería de descarga de la turbina.

b) Agua al intercambiador de calor para el enfriamiento del generador.

Adicionalmente se dispone de la indicación de flujo de agua de enfriamiento a través de los enfriadores de aire, en el panel medidor de flujo (FLOW METER PANEL) localizado en nivel 1.490 m.s.n.m.

- c) Enfriamiento del cojinete guía inferior y empuje del generador.
- 2) Enfriamiento del tanque de aceite del sistema de regulación.
- 3) Enfriamiento cojinete guía de la turbina.

6.3.1 Características de los elementos

Consta de los siguientes elementos

Cuadro N° 5 Características de los elementos de los cojinetes

ELEMENTO	DESCRIPCION
V1-A/B	Válvula compuerta de aislamiento de la válvula motorizada, se utiliza para reparación o mantenimiento ya sea de la válvula motorizada como de los demás accesorios existentes, estas válvulas se encuentran normalmente abiertas.
310-A(B) (V3-A/B)	Reductor de presión del agua de enfriamiento.
V17 A-B; V18 A/B	Válvula compuerta para aislamiento de los manómetros I21A-B; I22-A/B.
V19-A/B	Válvulas de compuerta para aislamiento de los PS-63WCM-A/B
PS-63WCM-A/B	Interruptores de presión que indican alarma por alta presión del agua de enfriamiento en el panel.
V4 A-B	Válvula check
311A-B (V5A-B)	Válvula de seguridad, para evacuar cualquier sobrepresión que existiera en el sistema. Calibrado a 6 Kg/cm ²
V-20 A/B	Válvula compuerta para aislamiento del manómetro I9-A/B.
303 A/B	Filtros principales localizados en cada una de las líneas, para expulsar las partículas que arrastran el agua de enfriamiento con el fin de mantener el agua en las mejores condiciones para su utilización en los cojinetes. Cada uno de los filtros tiene su motor (88WM-A/B) y su válvula motorizada (20SM-A/B).
ELEMENTO	DESCRIPCION
V7-A/B	Válvula check.
V8-A/B	Válvulas de compuerta para el aislamiento del ramal de suministro de agua de enfriamiento, están normalmente abiertas durante la operación.
V9-A/B	Válvulas de compuerta para el aislamiento y mantenimiento de las válvulas motorizadas V10-A/B (20WC-1/2).
V10-A/B (20 WC-1/2)	Válvulas motorizadas; con las válvulas principales utilizadas para el suministro de agua de enfriamiento para las Unidades 1 y 2 respectivamente. Estas válvulas en operación normal de las Unidades se encuentran abiertas. El comando de estas válvulas se lo hace en forma manual o automática. Automáticamente estas válvulas se abren simultáneamente con la señal de

	arranque de la Unidad 1 ó 2 (relé 88QC-1X21).
V-207	Válvula de compuerta, para aislamiento de la tubería de agua de enfriamiento. Permanece normalmente abierta
V-210	Placa orificio para reducción de presión del agua de enfriamiento.
I32	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la entrada del cojinete.
V-213	Válvula de compuerta para el aislamiento del manómetro I33.
I-33	Manómetro que indica la presión del agua de enfriamiento a la entrada del cojinete
V-226/227	Válvulas de compuerta para aislar el indicador de flujo (flujóstato). Normalmente permanecen abiertas.
V-228	Válvula de compuerta que se utiliza como by-pass o paso de emergencia del agua de enfriamiento, en el caso que el flujóstato se encuentre fuera de servicio por alguna razón. Normalmente permanece cerrada.
80-WU	Indicador de flujo (flujóstato) que detecta el flujo de agua de enfriamiento, y envía una señal eléctrica al sistema de alarmas y al sistema de interbloqueo de la unidad dependiendo de la magnitud de la falta de agua. Adicionalmente se dispone de indicación de flujo que está pasando a través el intercambiador del cojinete en el panel medidor de flujo (Flow Motor Panel) localizado en nivel 1.490 m.s.n.m.
V-161/162	Válvulas de compuerta para el aislamiento del indicador de flujo ubicado en el panel.
I-47	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la calida del cojinete.
V-131-A	Válvula check, para impedir el paso del agua del túnel de descarga de la turbina hacia la tubería de evacuación del agua de enfriamiento
V-132-A	Válvula de compuerta, para aislar la tubería de descarga del agua de enfriamiento del túnel de descarga de la turbina. Normalmente permanece abierta.
ELEMENTO	DESCRIPCION
V-208	Válvula de compuerta, para aislamiento de la tubería de suministro de agua de enfriamiento. Permanece normalmente abierta.
V-211	Placa orificio para reducción de presión del agua de enfriamiento.
I-34	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento, entrada enfriadores.
V-214	Válvula compuerta para aislamiento del manómetro I-35.
I-35	Manómetro que indica la presión de entrada del agua al intercambiador.
V-216	Válvula compuerta para aislamiento del Presóstato.
PS	Presóstato que señala mediante una alarma localizada en el panel cuando la presión del agua es igual o menor a un valor determinado
V-217/218	Válvulas compuerta para aislamiento de los enfriadores de aire, estas válvulas permanecen normalmente abiertas y se cierran cuando se necesita realizar una inspección o mantenimiento de los enfriadores.
V-250/251	Válvulas de compuerta para desalojar el agua contenida en la tubería de ingreso y descarga de los enfriadores durante inspecciones o mantenimiento. Normalmente estas válvulas están cerradas.
V-219	Válvula de compuerta para drenaje de los enfriadores de aire. Normalmente cerrada.
V-223/224	Válvulas de compuerta para aislar el flujóstato 80WAD. Normalmente abiertas.
V-225	Válvula de compuerta que se utiliza como by-pass del agua de enfriamiento en

	el caso de algún problema con el flujóstato. Normalmente cerrada.
80-WAD	Flujóstato para detección del flujo de agua de enfriamiento y envío de señales de alarma al panel e interbloqueo de la unidad.
V-164/165	Válvulas de compuerta para el aislamiento del indicador de flujo 80WAD ubicado en el panel.
I-46	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la salida de los enfriadores.
V-130	Válvula de compuerta que sirve para descargar el agua de enfriamiento de los cojinetes de turbina, generador y compresores de aire. Sirve como descarga adicional.
V-209	Válvula de compuerta para aislamiento de la tubería de suministro de agua de enfriamiento. Normalmente abierta.
V-212	Placa orificio, para reducción del caudal del agua de enfriamiento.
I-36	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento, entrada cojinete.
V-215	Válvula de compuerta para el aislamiento del manómetro.
I-37	Manómetro que indica la presión del agua de enfriamiento a la entrada del cojinete.
V-220/221	Válvulas de compuerta para intercepción del flujóstato 80WL
V-2S2	Válvula de compuerta que se utiliza como by-pass del agua de enfriamiento cuando existe algún problema en el flujóstato. Normalmente cerrada.
ELEMENTO	DESCRIPCION
80WL	Flujóstato para detección del flujo de agua de enfriamiento y envío de señal de alarma al panel e interbloqueo de la unidad. Se dispone de la indicación de este flujo de agua en el FLOW METER PANEL.
I-45	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la salida del cojinete.
V-110	Válvula de compuerta para el aislamiento de la tubería de agua de enfriamiento. Normalmente abierta.
V-150	Placa orificio para reducción del caudal del agua de enfriamiento.
I-28	Indicador de temperatura del agua a la entrada del tanque.
V-111	Válvula de compuerta para la intercepción del manómetro.
I-31	Manómetro que indica la presión del agua a la entrada del tanque.
V-112/113	Válvulas de compuerta para el aislamiento del tanque de aceite durante una inspección o mantenimiento. Normalmente abiertas.
V-I 14/115	Válvulas de compuerta para la intercepción del flujóstato 80WQ.
V-116	Válvula de compuerta sirve como by-pass del agua de enfriamiento.
I-43	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la salida del tanque.
V-77	Válvula de compuerta para el aislamiento de la tubería de agua de enfriamiento. Normalmente abierta.
V-155	Placa orificio para reducción del caudal del agua a la entrada del cojinete.
I-5	Manómetro que indica la presión a la entrada del cojinete.
I-44	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento a la entrada del cojinete,
V-117/118	Válvulas de compuerta para el aislamiento del flujóstato 80WW.
V-119	Válvula de compuerta se utiliza como by-pass del agua de enfriamiento.
I-41	Indicador de la temperatura del agua de enfriamiento a la salida del cojinete.
80WW	Flujóstato que indica la presencia de agua en el sistema, envía señal de alarma al panel. Se dispone de indicación de este flujo en el FLOW METER PANEL. Envía señal de interbloqueo unidad.
V-176/177	Válvulas de compuerta para aislamiento del indicador de flujo.

6.4 Operación del sistema de enfriamiento de los compresores de aire para casa de máquinas

La fuente de suministro de agua de enfriamiento para los compresores es la misma que se utiliza para el enfriamiento de los cojinetes (desarenador) y es tomada en la tubería aguas arriba de las válvulas.

20WC-A/B, con el objeto de permitir la operación de los compresores de aire aún cuando la turbina esté parada.

Durante la operación normal, el agua de enfriamiento es entregada a través de una de las válvulas motorizadas 20A-WC-A/B. Además está previsto el sistema de emergencia a través de las válvulas motorizadas 20EW-C/D. Existen dos líneas de enfriamiento a los compresores, una trabaja en operación normal permaneciendo la otra en emergencia, cada una tiene su propia línea de emergencia. La selección de las válvulas motorizadas 20AWC-A/B (V-121-A/B) se la realiza manualmente desde el panel mímico.

Antes que el compresor arranque es imprescindible abrir la válvula motorizada 20AWC-A/B.

En operación automática la válvula es abierta si se cumplen las siguientes condiciones:

- Nivel normal en el desarenador (71-WCT2X1 cerrado).
- Cualquiera de las válvulas solenoides 20AMC-A/B está abierta.

La válvula es cerrada si cualquiera de las condiciones siguientes está presente:

- Nivel del desarenador bajo (71-WCT2XL cerrado)
- Las dos válvulas solenoides 20AMC-A/B están desenergizadas (cerradas)

Uno de los compresores opera normalmente, mientras el otro está en reserva.

6.4.1 Características de sus elementos

El sistema de enfriamiento para compresores de aire de servicios dispone de los siguientes accesorios:

Cuadro N° 10 Características de los elementos de los compresores

ELEMENTO	DESCRIPCION
V-120 A/B V-21 A/B	Válvulas de compuerta para aislar las líneas de suministro de agua de enfriamiento a los compresores o para mantenimiento de los accesorios existentes en la línea.
V-122-A/B (313-A/B)	Reductores de presión del agua de enfriamiento (3 Kg/cm ²).
V-11-A/B; V12-A/B	Válvulas de compuerta para aislamiento de los manómetros que indican la presión del agua de enfriamiento a la entrada (I-23-A/B) y a la salida (I-24-A/B) de los reductores.
PS-63-WCN- A/B	Interruptor de presión que indica alta presión del agua de enfriamiento a la salida del reductor de presión. Envía una señal de alarma al panel
V-123-A/B	Válvula de seguridad, para evacuar cualquier sobrepresión en el sistema. Calibradas a 4 Kg/cm ² .
V-16-A/B	Filtros
V-66-A/B	Válvulas de compuerta para aislamiento de los PS-63WN-A/B. Normalmente abiertas.
PS-63WN-A/B	Interruptores de presión que detectan obstrucción del filtro. Envían señal de alarma.
V-259	Válvula de compuerta para drenaje de la tubería de agua antes de la entrada a los compresores. Normalmente cerrada.
V22-A V23-A	Válvulas de compuerta para aislamiento de la válvula solenoide 20AMC-A. Normalmente abiertas.
V-25-A	Válvula de compuerta que se utiliza como by-pass de la válvula solenoide en caso de avería, de ésta.
20-AMC-A	Válvula solenoide que permite el paso del agua de enfriamiento al compresor. La válvula solenoide correspondiente al compresor que está funcionando normalmente es abierta automáticamente después que el motor del compresor haya arrancado, esto significa que el agua de enfriamiento es suministrada solamente cuando el compresor es operado.
V29-A	Válvula compuerta para aislamiento del manómetro.
I25-A	Manómetro que indica la presión del agua de enfriamiento antes de la placa orificio
V-34-A	Placa orificio para control (reducción) del caudal del agua de enfriamiento.
I-26-A	Indicador de temperatura del agua a la entrada del compresor.
V35-A	Válvula de compuerta para aislamiento del manómetro I-40-A.

I-40-A	Manómetro que indica la presión del agua después de la placa orificio V34-A y antes del compresor.
V33-A	Válvula de compuerta para bloquear el paso del agua al compresor.
ELEMENTO	DESCRIPCION
V30-A	Válvula de compuerta para drenaje del agua de enfriamiento contenida en el compresor. Normalmente cerrada.
V26-A; V27-A	Válvula de compuerta para aislamiento del flujóstato 80WA-A.
V28-A	Válvula de compuerta que se utiliza como by-pass o paso de emergencia, en el caso de que el flujóstato se encuentre fuera de servicio. Normalmente permanece cerrada.
80-WA-A	Flujóstato que indica la presencia de flujo de agua en el panel de alarmas (bajo flujo). Adicionalmente se dispone de indicación del flujo de agua en el FLOW METER PANEL, (nivel 1.490).
V179-180	Válvulas de compuerta para aislamiento del indicador de flujo ubicado en el panel.
I-27-A	Indicador de la temperatura del agua de enfriamiento a la salida del compresor.
TS-68AWH-A	Interruptor de temperatura que detecta alta temperatura del agua de enfriamiento y envía una señal de alarma al panel.
I-45	Indicador de temperatura del agua de enfriamiento de los compresores en el cabezal de descarga.
V-31	Válvula de compuerta para bloquear la descarga del agua de el enfriamiento al cabezal de descarga.
V-32	Válvula de compuerta para comunicar la descarga del agua de enfriamiento de los compresores de la Unidad N° 1 con la descarga del agua de los compresores de la Unidad N° 2.

Para el compresor N° 2, las válvulas e instrumentos son similares a los del compresor N° 1

Cuando el nivel del agua en el desarenador (71WC) baja hasta un cierto valor (valor para intercambio), la válvula motorizada 20AWC se cierra inmediatamente y el agua de enfriamiento emergente es suministrado desde el sistema de evacuación a través de las válvulas 20EW-C/D.

6.5 Operación de la válvula reductora de presión para el sistema de agua de enfriamiento principal

6.5.1 Especificaciones

Fluido aplicable	Agua
Presión primaria aplicable	12.5 a 14 Kg/cm ² Max. 15 Kg/cm ²
Rango ajustable para la presión secundaria	6.5 Kg/cm ²
Rango de reducción máxima	10:1
Temperatura aplicable	Max. : 60 °C
Prueba de presión hidrostática	Al cuerpo 22.5 Kg/cm ²
Conexión terminal	Embridada, JIS 20

6.5.2 Operación

La válvula reductora de presión esta equipada con una válvula piloto, el cual siente los cambio de la presión secundaria y regula el área de paso del fluido de la válvula básica para controlar la presión en forma adecuada.

El fluido que ha ingresado con una fuerza hacia arriba y por debajo del disco de la válvula básica, alcanza la cámara del diafragma y la válvula reductora de presión piloto.

Si en este momento, el resorte ajustable de la válvula piloto no se ha regulado, dejando libre la fuerza hacia arriba, parte del fluido cierra el disco piloto. El fluido en la cámara de diafragma trabaja como una fuerza hacia abajo, el diafragma cierra el disco de la válvula básica.

La condición de diseño esta basada en:

Área efectiva del diafragma mayor que el Área de apertura en el asiento de la válvula básica y por lo tanto el disco de la válvula básica cierra para parar la descarga del fluido en el lado secundario.

Cuando la presión secundaria ha sido regulada para alcanzar una presión deseada mediante el giro de un tornillo de regulación que comprime el resorte ajustable, la carga de resorte se hace más pesado, el disco piloto se abre y entonces el fluido es descargado hacia el lado secundario.

Por tanto, la presión en la cámara del diafragma cae y crea una relación:
Área efectiva del diafragma x la presión en la cámara del diafragma + la carga del resorte + el peso del disco < área de apertura del asiento de la válvula básica x la presión primaria

Y el disco de la válvula básica se mantiene abierto generalmente a la descarga del fluido al lado secundario, hasta que la presión llegue a ser la deseada según la regulación.

Cuando la presión en el lado secundario cae por debajo de la presión de regulación, el disco se abre como se indico en la relación anterior y suministra la presión al lado secundario para retomar la presión justa. Cuando la presión en el lado secundario se eleva por encima de del valor de regulación, la fuerza hacia arriba de la presión debajo de la válvula piloto se incrementa para exceder la fuerza de compresión del resorte ajustable, con la cual el disco piloto se cierra.

La apertura del disco de la válvula básica es progresivamente cerrado, para proveer un grado adecuado de apertura y retomar el balance de presión y a presión de ajuste.

Por tanto, la presión en el lado secundario puede permanecer constante independiente de la presión estática o dinámica del agua.

6.6 Sistema de agua potable

El sistema de agua potable es abastecida mediante el agua que proviene de la quebrada Chaguarpata, es represada para luego atravesar por el filtro de arena, continua por el suavizador de resina cationica que ablanda y alimenta al agua de sello.

El filtro de arena es de doble capa y limpia los materiales sólidos y suministra agua sin elementos extraños. En operación normal funcionan las dos unidades y entra en el programa de enjuague con el contador de tiempo principal, e enjuague lo hace el contador de tiempo del lavado.

Cuando esta en operación las dos unidades, cada una suministra 10 m³/hr. Mientras que una sola unidad suministra de 16 a 18 m³/hr. La regulación del

contador de tiempo principal depende de la calidad del agua, por lo tanto podría alterarse el tiempo establecido. Cuando la diferencia de presión en la entrada y la salida del filtro sea mayor a 0.3 kg/cm^2 y la calidad del agua sea mala, se regula manualmente el contador de tiempo principal de enjuague. En condición normal las bombas, el interruptor principal y otros están en automático y las válvulas apagadas. En mantenimiento el interruptor principal debe estar en manual y los demás interruptores prendidos después de los cual se puede iniciar el mantenimiento.

6.6.1 Proceso de enjuague

Drenaje de agua.- esta acción es necesaria para hacer la limpieza con aire (si existe inconvenientes en el drenaje) instante en el cual saldrán del tanque los materiales del filtro.

El tiempo para el drenaje del agua es hasta que alcanza el visor del tanque. Durará 12 minutos

Enjuague con aire

Permite aflojar la basura y los elementos del filtro que se han endurecido. Se puede realizar el enjuague con agua para sacar los elementos extraños en el filtro, (15 minutos).

Enjuague con agua

Permite sacar los elementos extraños del filtro fuera del tanque con agua, (10 minutos)

Drenaje de enjuague

Saca los elementos inservibles del filtro fuera del tanque con agua, después del enjuague. (3 minutos).

6.6.2 Suavizador

El agua que se utiliza para el sello de la turbina es ablandada a 0 ppm. para evitar incrustaciones entre el eje y el sello de teflón (prensaestopa).

Cuando la resina intercambiadora de iones se sature se regenera con sal, en condiciones normales operan las dos unidades y cada una suministra 9 m³/hr de agua tratada.

En caso de funcionar solo una unidad suministra de 12 a 14 m³/hr.

6.6.3 Regeneración

Enjuague con agua.- Permite limpiar elementos extraños que hay en la resina intercambiadora de iones y hacer eficiente la regeneración con la sal,(10 min.)

Regeneración.- Permite a la intercambiadora de iones se regenere al tipo anterior con sal.(30 min.)

Enjuague lento.- Se lo realiza para utilizar la sal que queda dentro del tanque después de la regeneración.(20 min.)

Enjuague.- Se lo realiza para sacar del tanque los restos de sal que quedan dentro(15 min.).

BIBLIOGRAFIA

- ROSALER, Robert C.; RICE, James O. Manual de mantenimiento Industrial
Tomo III, Editorial McGraw-Hill
- HOLZBOCK. W. G. Instrumentación para medición y control.
Publicaciones C.E.C. s.a

PAGINAS DE INTERNET

www.acipco.com/internacional/quines-somos/fittings.cfm

www.grupokoneko.com/valvulas.html

www.apuntes.rincondelvago.com/accesorios-de-tuberias.html

ANEXO 2

NOMENCLATURA DEL S.A.E.(Operación)

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
20 WC – A	Válvula motorizada del sistema principal de agua de enfriamiento, ruta A
20 WC – B	Válvula motorizada del sistema principal de agua de enfriamiento, ruta B
20 WC	Válvula motorizada del agua de sello
20 WC – 1	Válvula motorizada del agua de enfriamiento de la unidad 1
20 WC – 2	Válvula motorizada del agua de enfriamiento de la unidad 2
20 AWC – A	Válvula motorizada del agua de enfriamiento a los compresores ruta 1.
20 AWC – B	Válvula motorizada del agua de enfriamiento a los compresores ruta 2.
20 EW – A	Válvula motorizada del sistema de emergencia, ruta A
20 EW – B	Válvula motorizada del sistema de emergencia, ruta B.
20 EAW – A	Válvula motorizada del sistema de emergencia, compresores ruta A
20 EAW – B	Válvula motorizada del sistema de emergencia, compresores ruta B
20 ESW – 1	Válvula motorizada del sistema de emergencia para sellos, unidad 1
20 ESW – 2	Válvula motorizada del sistema de emergencia para sellos, unidad 2
V – 45 A	Válvula manual de salida de la bomba de vaciado A
V – 45 B	Válvula manual de salida de la bomba de vaciado B
V – 47 A	Válvula manual de entrada a la bomba de vaciado A
V – 47 B	Válvula manual de entrada a la bomba de vaciado B
V – 51 A	Válvula manual de toma de agua del ducto de succión N° 1
V – 51 B	Válvula manual de toma de agua del ducto de succión N° 2
V – 52	Válvula manual de toma de agua del pozo de drenaje.
20 WD	Válvula motorizada de salida del agua a la descarga.
20 WJ	Válvula motorizada de la bomba JET
43 WDAL AUTO/DRAIN	Selector de modos de operación de la bomba de vaciado A
43 WDBL AUTO/DRAIN	Selector de modos de operación de la bomba de vaciado B
88 WDM – A	Bomba de vaciado A.
88 WDM – B	Bomba de vaciado B.
43 WDS – A ó B	Selector de la bomba de vaciado.

NOMENCLATURA DEL S.A.E.(Operación, Descripción)

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
M.C.C	Centro de control y monitoreo (Motor Control Center)
EM/AUTO	Posición de selectores en Emergencia y Automático
TEST/NORM	Posición de selectores en modo Prueba y Normal
MANU/AUTO	Posición de selectores en modo Manual y Automático
REMOTO/AUTO	Posición de selectores en modo Remoto y Automático
p.p.m.	Partículas Por Millón
KVA	Kilo Volts Amperes
L/T	Líneas de Transmisión

RESUMEN EJECUTIVO

“Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento en la Central Hidroeléctrica Agoyán”

En el presente trabajo de pasantía, se desarrolló un Manual de Operaciones que cumple con todos los requisitos y especificaciones necesarios para la operación del Sistema de Agua de Enfriamiento. Se elabora con la participación de todo el personal y apoyado en cuadros, diagramas así como un mapa general para su mejor comprensión.

Este manual, debido a su contenido, permitirá ser una fuente de información completa acerca del Sistema de Enfriamiento, en el se detalla la descripción, características y operación de sus principales componentes así como la secuencia de pasos que debe seguir el operador, sigue una estructura con información específica, técnica y apoyado en esquemas y un mapa general para su fácil comprensión.

El propósito fundamental de este proyecto es que el Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento sea una herramienta de trabajo para el personal que labora en la Central Agoyán, permita perfeccionar las técnicas de operación así como ser una fuente de consulta para inquietudes que se puedan presentar. Al conocer los beneficios que conlleva el Manual, éste permitirá ser una base para la elaboración de futuros manuales.

Una vez que la alta Dirección de la Central Hidroeléctrica Agoyán ha hecho conciencia de la importancia de actualizar periódicamente la información existente y necesaria para la operación de ésta, se establece un compromiso para posteriormente elaborar manuales de operaciones para los demás sistemas y equipos, teniendo como referencia al Manual de Operaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento.

Ambato, Viernes 20 de Enero del 2006

Ingeniero

Edwin Morales

**COORDINADOR ENCARGADO DE LA CARRERA DE INGENIERIA
INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACION**

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

Presente.-

De mi consideración

Por medio del presente, en calidad de tutor de la pasantía bajo el tema: “**MANUAL DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA AGOYAN**” desarrollado en a Central Hidroeléctrica Agoyán por el estudiante Franklin Patricio Hurtado Lascano me permito informarle a usted las actividades realizadas durante el desarrollo de la pasantía.

- Martes 1 de Noviembre del 2005 visita a la Central Hidroeléctrica Agoyán, entrevista con el coordinador empresarial, Tlgo. Eduardo Ruales, donde se procede a analizar el tema (requerimientos de la empresa).
- Martes 6 de Diciembre del 2005 visita a la Central Hidroeléctrica Agoyán, conjuntamente con el coordinador empresarial se realiza un recorrido por las instalaciones del Sistema de Agua de Enfriamiento y se realiza una breve revisión del Manual de Operación.

La pasantía se ha desarrollado en un 100% y se ha cumplido con todos los objetivos establecidos.

Atentamente

Ing. Mauricio Carrillo
Tutor pasantía

Tlgo. Eduardo Ruales
Coordinador empresarial

DECLARACION DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Quien suscribe Franklin Patricio Hurtado Lascano, portador de la cedula de ciudadanía numero 180359947-9: libre y voluntariamente declaro que el presente trabajo de Pasantía bajo el tema “**MANUAL DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA AGOYAN**”, es original, autentico y personal.

Por tal motivo, declaro que el contenido del trabajo de pasantía es de mi sola responsabilidad legal y académica para efectos de alteraciones o plagio.

Patricio Hurtado
C.I. 180359947-9