



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA:**

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL  
ILLUCHI 1**

**ELABORADO POR:**

**MARCO ANTONIO BONILLA ANDRADE**

**LATACUNGA – 2005**

# **PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRAL ILLUCHI 1**

## **INTRODUCCION:**

Un plan de mantenimiento es eficiente si cuenta con una organización y administración dirigida hacia un mismo objetivo.

Los trabajos de mantenimiento imprevistos ocasionan paradas inesperadas las cuales perjudican a la empresa y a la ciudadanía, ya que la forma de mantenimiento podría ser muy costosa, porque no se conoce las actividades a seguir mientras la maquinaria este detenida.

En consecuencia el trabajo de reparación es demoroso, lo que no ocurriría si las medidas adoptadas para tal objeto fuesen fruto de una planeación.

Para que las actividades de mantenimiento se realicen con la finalidad de evitar fallos que generen trabajos correctivos, es necesario programar rutinas de labor en base a recomendaciones del fabricante, aportadas en las guías, manuales e inspecciones ejercidas al equipo, logrando de esta manera evitar imprevistos espontáneos que decaigan en pérdidas.

La planeación es el punto clave para que los trabajadores estén enterados sobre el funcionamiento y mantenimiento de cada uno de los equipos que tiene la central Illuchi 1; con lo cual se afirma que si existe un buen mantenimiento en los equipos estos durarían mucho tiempo para beneficio de la empresa y de la ciudadanía en general; además, se retomarán actividades retrasadas de reparación e inclusive se deberá revisar el stock de partes con que se cuenta para compensar una necesidad de mantenimiento.

## **GENERALIDADES.**

Toda empresa independientemente de su tamaño, es una organización formal cuya función es producir un producto o prestar un servicio, para obtener la satisfacción completa de los consumidores o usuarios, y al nivel más económico.

Para garantizar esta satisfacción la empresa tiene que proporcionar un funcionamiento integral. Cada empresa posee una amplia gama de políticas y procedimientos de trabajo; así como, los flujos de mando definiendo las responsabilidades de los distintos integrantes de la organización.

Las actividades de mantenimiento tienen como fin primordial lograr un rendimiento elevado en la producción, por lo cual diseñar un plan de mantenimiento es el primer paso para mejorar el desempeño de todos los elementos que conforman una industria.

Tradicionalmente las maquinas eléctricas eran consideradas como elementos que tenían bajo índice de desperfectos, debido a esta característica no requerían de mucha atención excepto si la falla pudiera ocasionar paradas generales de la planta.

El motivo de esta investigación se centrará en el plan mantenimiento de la Central Eléctrica Illuchi 1, por la constante amenaza de fallas y/o errores en una maquinaria o equipo de esta índole, esto implica una gran pérdida en el área económica; además, es importante la búsqueda de un punto optimo de rendimiento en los componentes tanto mecánicos como eléctricos de los que consta una instalación de este tipo.

La idea básica de mantenimiento es contar con instalaciones en optimas condiciones a todo momento y así asegurar un funcionamiento con disponibilidad total, lo cual esta basado en la carencia de errores.

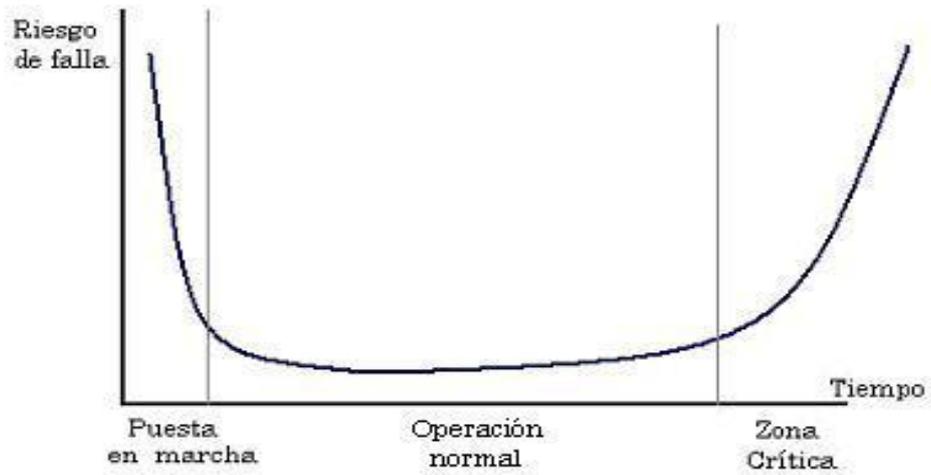
El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual este sometido el sistema.

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar fallas, las cuales se definen como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar "fallando" pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma eficacia que un equipo en óptimas condiciones. En cambio un equipo averiado no podrá desarrollar tareas bajo ninguna circunstancia operativa.

El costo que implica la gestión y desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado sino debe estar acorde con los objetivos del mantenimiento. Entre estos factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no producción, etc.

El momento ideal para llevar a cabo las actividades de mantenimiento puede ser determinado desde muchos puntos de vista, a los cuales va a corresponder un determinado tipo de mantenimiento; teóricamente existe la "curva de falla" que indica la probabilidad de ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de operaciones de la planta en función del factor tiempo. Así tenemos:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas)
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).



Mediante estudios estadísticos se puede determinar el momento mas oportuno para interrumpir el funcionamiento del equipo y realizar las labores de mantenimiento.

## ANTECEDENTES.

La Central de generación hidráulica Illuchi 1 fue inaugurada el 25 de noviembre de 1951, fecha desde la cual ofrece su servicio a la ciudadanía laticungueña en forma permanente hasta la actualidad, hoy en día la central hidráulica opera como parte de la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCO S.A.),.

La hidrocentral Illuchi 1 consta de cuatro unidades turbo-generadores las cuales se dividen de la siguiente manera:

### CENTRAL ILLUCHI 1

CAPACIDAD	(MVA)	V GENERACION
N° de grupos	Total	KV
2 x 1.74	3.45	2.4
2 x 0.87	1.74	2.4

Maximo 4 unidades, minimo 1 unidad.

La disponibilidad de esta instalación debe de ser garantizada tanto en su operación como en su mantenimiento, por lo que el plan de mantenimiento que a continuación se presenta considera el tiempo de servicio de los equipos que conforman esta central.

# **CAPITULO 1**

## **1. METODOLOGIA DEL MANTENIMIENTO.**

### **1.1. FILOSOFIA.**

Analizando el termino filosofía, tenemos que significa “amor a la sabiduría”, de ahí se puede definir a la filosofía de mantenimiento como el grado de conocimiento que se requiere para emprender una acción enmarcada en la mejora de la eficiencia.

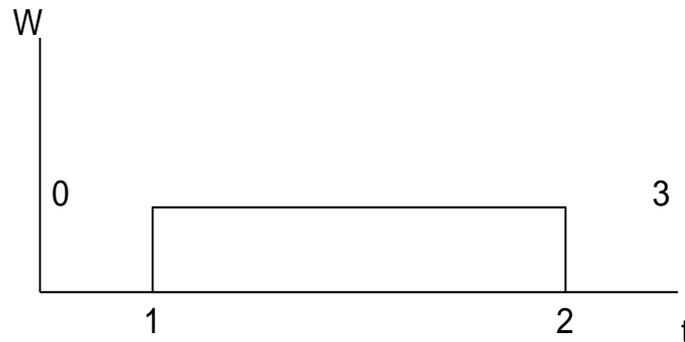
Sobre el punto anterior cabe resaltar que hay diferentes tipos de conocimiento que para esta investigación serian tres; conocimiento nulo, conocimiento medio, conocimiento máximo, para determinar el grado de conocimiento debemos tener en cuenta el grado tecnológico de la maquinaria, su información técnica, nivel de preparación del personal, la facilidad de adquisición de repuestos, materiales y herramientas, equipos de diagnóstico necesarios, etc.

Es decir el nivel de conocimiento o preparación va acorde con el tipo de mantenimiento a implantarse en una empresa.

### **1.2. CICLO DE MANTENIMIENTO.**

La continuidad del ciclo de mantenimiento, para cada tipo de equipo se determina de las condiciones de explotación, su construcción, calidad del mantenimiento, instrucciones del fabricante, etc.

Para determinar el ciclo de mantenimiento se utiliza la siguiente curva de confiabilidad.



W Frecuencia de fallo del equipo  
t Tiempo de explotación del equipo

- 0 – 1 Baja confiabilidad y alta frecuencia de fallo debido a la mala utilización y errores de montaje.
- 1 – 2 Equipo confiable, es una etapa de trabajo normal y la frecuencia de fallo es constante ( $W = K$ ).
- 2 – 3 Disminución de la confiabilidad, crecimiento de la frecuencia de fallo debido al desgaste mecánico y procesos químicos irreversibles en los componentes de los equipos.

El ciclo de mantenimiento es un periodo comprendido entre 1 y 2 durante el cual se realiza el servicio técnico y el mantenimiento rutinario junto al predictivo en el caso de la central Illuchi 1, se pretende emplear el tipo de mantenimiento que mejor se acomode a la realidad de la instalación.

### 1.3. Tipos de mantenimiento.

Podemos definir mantenimiento como, conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente con unos gastos mínimos.

Una vez asimilado el significado del mantenimiento es necesario identificar el tipo de mantenimiento a realizarse, tomando en cuenta las condiciones de operación, las instrucciones del fabricante, el nivel tecnológico de la empresa, las normas de explotación, el personal disponible, costo de mantenimiento, etc.

Para lo cual se identifican ciertos niveles de mantenimiento como:

N1: ajustes y cambios previstos por el fabricante a toda la línea de generación.

N2: arreglos y cambios de elementos desgastados (se detectan en sesiones rutinarias).

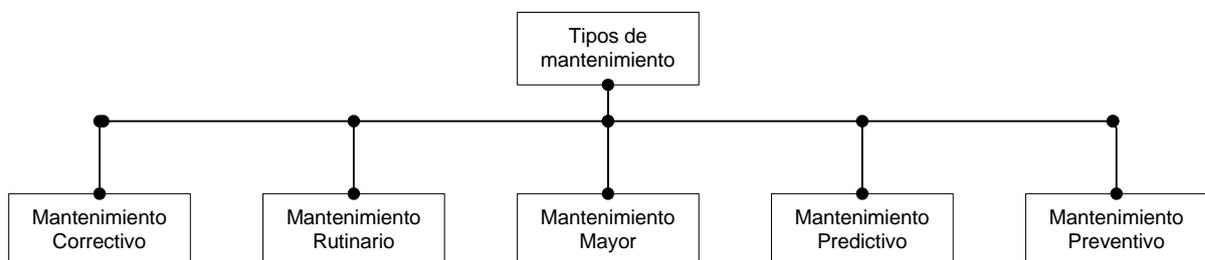
N3: averías y reparaciones menores que producen paros más o menos largos.

N4: aquí se aplica el mantenimiento preventivo y correctivo. Los paros de producción son largos y se busca una solución para salir al paso. Después ya se buscará el momento para aplicar el preventivo.

N5: son reparaciones y modificaciones importantes que incluso requieran ayuda fuera de producción.

N6: se incorporan elementos de nueva tecnología en los equipos, mejoras de estructura para aumentar la producción.

Una vez conocidos estos niveles se debe diferenciar los tipos de mantenimiento por el propósito, para lo cual se mencionan los siguientes:



### **1.3.1. Mantenimiento correctivo.**

Es consecuencia de la mala aplicación del mantenimiento preventivo y predictivo. Mientras mejor es el mantenimiento preventivo, menor será el correctivo.

Se realiza luego de la presencia de fallos o negativas a funcionar de los equipos, que en la mayoría de los casos se presenta en forma imprevista, interrumpiendo el ritmo de generación y provocando pérdidas significativas.

### **1.3.2. Mantenimiento rutinario.**

Es aquel que se lo realiza entre mantenimientos mayores, con un orden planificado antes del apareamiento de una falla, cuando el equipo todavía puede trabajar por un tiempo dentro del ciclo de mantenimiento.

Se lo ejecuta dentro del proceso de explotación, mediante limpieza, chequeo, cambio de piezas de desgaste rápido y en algunos casos con la afinación o puesta a punto; manteniendo el equipo en condiciones óptimas, conservando su capacidad.

En la mayoría de las partes componentes del equipo, el trabajo se realiza sin el desmontaje completo de los conjuntos básicos del mismo.

### **1.3.3. Mantenimiento mayor.**

Es el más complejo y completo por su volumen, se lo realiza con el fin de establecer las condiciones y capacidad de trabajo del equipo, se efectúa un desmontaje completo, la reparación o cambio de piezas de los conjuntos básicos que se los encuentre con defectos o desgastes.

Se realiza la regulación, el afinamiento o puesta a punto de un plan completo de pruebas de acuerdo a las instrucciones de explotación hasta recuperar los parámetros nominales, garantizando la capacidad de trabajo.

El mantenimiento mayor requiere poner fuera de servicio al equipo y desconectarlo de la red, incluye la realización de todos los trabajos del mantenimiento rutinario mas trabajos complementarios.

#### **1.3.4. Mantenimiento predictivo.**

Es una de las actividades mas importantes del plan de conservación, que se lleva a cabo para mantener la capacidad de trabajo del equipo durante su explotación. Previo al cuidado de los equipos, la realización de inspecciones, la vigilancia sistemática de su estado, el control de regiones de trabajo.

La observación de las normas de generación, instrucciones del fabricante e instrucciones locales propias de la empresa; incluyendo regulación, limpieza y lubricación, eliminación de pequeñas fallas que no requieren desconexiones de los equipo.

El servicio técnico se lo realiza con el personal de operación y/o el personal de mantenimiento y debe ser planificado, previsto en documentos con orden y periodicidad (inspecciones, pruebas, limpieza, etc.).

##### **1.3.4.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.**

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo, aprovechamiento máximo de la reserva de uso de piezas y equipos, mejor gestión del “stock” de repuestos, y reducción al mínimo de las emergencias correctivas.
- Ejecución sin interrumpir ni alterar el normal funcionamiento de instalaciones y equipos.

- Mejora del conocimiento sobre el funcionamiento y estructura del sistema.
- Mejora de las condiciones de higiene y seguridad en la planta (control del ruido, vibraciones, etc.).

### 1.3.5. Mantenimiento preventivo.

Previene el desgaste progresivo y posible fallas, averías, negativas de los equipos. Este tipo de mantenimiento debe ser concebido como un sistema relacionado a diferentes áreas (bodega). Requiere una organización para cumplir grandes grupos de funciones como planificación, programación, ejecución, control, estadísticas.

De esta manera se garantiza un servicio confiable, seguro, y económico. No importa a que grado de refinamiento se desarrolle un programa de mantenimiento preventivo, todo ellos incluyen estas actividades básicas.

- ✓ Inspección periódica de los activos y del equipo de planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de generación o depreciación perjudicial.
- ✓ Conservación de la planta para mantener los costos de producción.

**IMPORTANCIA.** Todo programa de mantenimiento preventivo bien confeccionado producirá beneficios que sobrepasen su costo. Muchas personas han tenido alguna duda antes de adoptarlo, pero ninguna después de haberlo empleado.

No todas las centrales o plantas pueden esperar beneficios similares. Los niveles de generación y exigencia de los equipos intervienen en el alcance de resultados, así también el aspecto tecnológico esta muy relacionado a las ventajas del mantenimiento preventivo.

Hay otros aspectos con los que el mantenimiento preventivo debe integrarse para lograr un programa eficiente como es el caso de la planeación de

los trabajos a realizarse, adiestramiento, programación, informes de control, buenos talleres y herramienta adecuada.

#### **1.4. Tipos de averías.**

Existe un gran número de averías capaces de reducir el rendimiento de los equipos y el proceso de generación en si. Todas ellas se pueden clasificar siguiendo diferentes criterios: según su naturaleza física, (mecánicas, eléctricas, etc.), según su gravedad, etc.

En cualquier caso, lo fundamental es disponer de la máxima cantidad de información posible acerca del origen, evolución y posibles causas, ya que todo método de diagnóstico se va a basar en dicha información. De forma muy general se puede definir una serie de influencias en la ocurrencia de fallos, comunes a la práctica y totalidad de la averías.

##### **1.4.1. Influencias intrínsecas.**

- Errores de proyecto.
- Fiabilidad de los datos empleados para el diseño.
- Errores de fabricación.
- Errores de montaje, ajustes, tolerancias, etc.
- Esfuerzos residuales.
- Fallos en el control de calidad.

##### **1.4.2. Influencias aleatorias.**

- Condiciones ambientales.
- Utilización inadecuada.
- Mantenimiento inadecuado.

### **1.4.3. Desgaste y envejecimiento.**

- Régimen de funcionamiento.
- Régimen de mantenimiento.
- Régimen térmico.
- Propiedades de los materiales.
- Medio de trabajo.

### **1.5. Proceso de reparación.**

Hay que realizar un análisis y búsqueda del origen de la avería, que a veces resulta complejo ya que hay que desmontar muchas piezas para ver la causa. En el tiempo de reparación influyen tres factores:

- Organizativos: dirección de la mano de obra, adiestramiento y disponibilidad del personal, eficacia en la gestión de repuestos y disponibilidad de documentación.
- De diseño: complejidad del equipo, peso de su conjunto, diseño, normalización e ínter cambiabilidad de sus componentes, facilidad de montaje y desmontaje.
- De ejecución: se considera la habilidad de la mano de obra, utillaje empleado, pruebas de los diferentes elementos reparados y preparación de los trabajos.

El proceso de reparación de la avería puede empezar antes de producirse, formando e informando al personal de producción y mantenimiento. Hemos de prever los cambios para las reparaciones, más habituales e incluso tener utillajes especiales.

### **1.6. PUESTA EN MARCHA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.**

La planeación de mantenimiento debe pasar necesariamente las siguientes etapas:

- Preparación.
- Implementación.

### **1.6.1. PREPARACION.**

En esta etapa se definen varios puntos, todos encaminados al conocimiento de las maquinas y elementos así como de su funcionamiento dentro del proceso de generación eléctrica.

A continuación se expone un listado de estas definiciones.

- Definición de las máquinas.
  - Importancia de la máquina dentro del proceso de generación.
  - Datos de placa **ANEXO 2**.
  - Definición de elementos críticos.
- Definición de los parámetros y técnicas de medida.
  - Determinación de los niveles de vibración.
  - Análisis de aceites.
  - Otros procedimientos.
- Frecuencia de chequeo.
- Definición de rutas.
- Formación del personal.

Una vez cumplido estos objetivos se dará inicio a la etapa de implementación.

### **1.6.2. IMPLEMENTACIÓN.**

Un plan de mantenimiento en su etapa de implementación consta de varios puntos los cuales a continuación se detallan:

#### **1.6.2.1. INSPECCIÓN.**

Esta etapa es realizada por el personal encargado de la operación de los equipos, su propósito es prevenir interrupciones no programadas del equipo de generación, un procedimiento de inspecciones funciona de dos maneras:

- a.- Inspección visual: consiste en observar el equipo en operación para determinar paros potenciales.
- b.- Inspección de paro no previsto: determina el deterioro y condiciones generales cuando el equipo no esta en operación.

Además, la inspección es necesaria para todas las partes de una planta, edificios, etc., mediante la utilización de inspecciones se obtiene los siguientes resultados:

- Determina las reparaciones necesarias para el equipo y la planta.
- Prevé costos del trabajo.
- Señala la calidad del mantenimiento.
- Permite pronosticar trabajos normales.
- Impide paros imprevistos.

#### **1.6.2.2. CODIFICACIÓN.**

La codificación ayuda a la identificación de maquinas, equipos, elementos, etc., ya que por la similitud de algunos equipos es necesario distinguirlos.

La codificación es una herramienta de gran importancia ya que gracias a ella se puede llevar una carpeta de vida de toda la maquinaria involucrada en el proceso de generación.

### **1.6.2.3. PLANIFICACIÓN.**

Es la colocación de las tareas analizadas en un programa diario, de acuerdo con las condiciones de operación.

El propósito es disponer de grupos de trabajo suficientes para cumplir una jornada de trabajo de acuerdo con la prioridad analizada. Esta es una de las herramientas más efectivas que puedan usarse en el mejoramiento de la eficiencia de cualquier departamento de mantenimiento.

De la planificación se obtienen los siguientes resultados:

- Minimizar la pérdida de tiempo.
- Listar todos los trabajos de emergencia, en relación con su causa.
- Tener disponible un registro diario de actividades.
- Proporcionar un medio de adiestramiento al personal en relación con sus responsabilidades.

### **1.6.2.4. PROGRAMACIÓN.**

La programación de mantenimiento se justifica, ya que se efectúa con el único fin de evitar fallas que generen un mantenimiento correctivo y el gasto que esta actividad conlleva.

La programación del trabajo de mantenimiento se ve auxiliada por un control de ordenes de trabajo (OT), cuyo objetivo es organizar la ejecución de las tareas, las OT se originan de la necesidad de mantener una información de las actividades de mantenimiento planeado y no planeado,

es decir la programación debe ser flexible pues es básicamente una proyección a futuro sujeta a cambios..

#### **1.6.2.5. EJECUCIÓN.**

El personal dispuesto para desarrollar actividades de mantenimiento debe sujetarse a la programación anual, además de realizar las antes mencionadas ordenes de trabajo, en las cuales debe constar el equipo y herramientas a utilizarse.

Todas las observaciones y novedades que se dieron durante la ejecución de los trabajos deben ser anotadas en el reporte de trabajo, el cual debe ser llenado al finalizar las tareas de mantenimiento.

#### **PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO.**

Este programa se lo realiza en base a los programas de años anteriores y de acuerdo a las condiciones de los equipos mediante la revisión de las carpetas de vida de cada uno de ellos, así como de los trabajos pendientes, la disponibilidad de personal, repuestos, materiales y herramientas.



Para contar con la disponibilidad de materiales y herramientas se requiere de un programa de indisponibilidad de los grupos de generación, en el cual se detallan todas las unidades y equipos de generación, el cuadro se divide en 52 semanas de trabajo, el cuadro que se plantea se muestra en la figura siguiente.



## **CAPITULO 2.**

### **2.TIPO DE CENTRAL.**

#### **2.1. Generalidades**

Nuestro país tiene la fortuna de aprovechar la energía hidráulica, es así que tenemos las centrales hidroeléctricas Agoyan, Paute, entre las más grandes y en nuestra ciudad Latacunga tenemos la suerte de contar con la central hidráulica Illuchi 1 y 2, en este capítulo se determinara en forma general el tipo de central y la conformación de la hidrocentral Illuchi 1.

El funcionamiento básico de una central hidroeléctrica de este tipo consiste en aprovechar la energía cinética del agua almacenada, de modo que accione las turbinas hidráulicas.

En el aprovechamiento de la energía hidráulica influyen dos factores: el caudal y la altura del salto para traer mejor el agua llevada por los ríos, se construyen presas para regular el caudal en función de la época del año. La presa sirve también para aumentar el salto.

Otra manera de incrementar la altura del salto es derivando el agua por un canal de pendiente pequeña (menor que la del cauce del río), consiguiendo un desnivel mayor entre el canal y el cauce del río.

El agua del canal o de la presa penetra en la tubería donde se efectúa el salto. Su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas, que albergan a las turbinas hidráulicas y a los generadores eléctricos.

El agua al llegar a la turbina la hace girar sobre su eje, que arrastra en su movimiento al generador eléctrico.

La energía cinética depende de la velocidad del agua la que a su vez, es función de la pendiente y de la rugosidad del cauce. Es imposible anular totalmente esta rugosidad pero puede disminuirse y como consecuencia, el mismo caudal de agua podría circular con menor pendiente.

De esta forma que podría derivarse la corriente de agua por canal lateral con menor rugosidad y menor pendiente que el cauce primitivo. También se puede obtener este desnivel, elevando el nivel del agua por atajamiento de la corriente mediante una presa.

Entre las dos soluciones citadas (canal de derivación y presa) caben soluciones mixtas que son las más utilizadas: se ataja el río con una presa que embalse las aguas, las cuales se derivan, junto a esa, con un canal que se prolonga hasta el punto conveniente en que se sitúa la central, es decir, las turbinas hidráulicas y los generadores por ellas accionados.

De esta forma, el salto de agua se obtiene en parte por la elevación del nivel de agua en la presa y por la menor pendiente del canal respecto al cauce.

Indudablemente, el aprovechamiento de la energía hidráulica, no hubiera sido posible sin la turbina; pero este aprovechamiento hubiera sido muy limitado sin la conversión de la energía mecánica turbina, en energía eléctrica que, como sabemos, puede transmitirse a largas distancias.

Esta característica de la energía eléctrica a permitido aumentar el radio de acción de los aprovechamientos hidroeléctricos. Antes, siendo muy limitada la capacidad de consumo dentro de la limitada distancia de transporte, las instalaciones hidroeléctricas eran de escasa potencia.

Actualmente, sin la limitación indicada, la tendencia es a realizar grandes aprovechamientos embalses de cabecera, que determina la regulación anual del río y depósitos reguladores, situados en lugares apropiados, con los que se consigue la regulación diaria o semanal.

En conjunto, se pretende el aprovechamiento integral de un río o de una cuenca completa (es decir, un río y todos sus afluentes), mediante sucesivos saltos de agua, contruidos en los lugares más apropiados (por ejemplo en los sitios de mayor desnivel, o cuando el cauce es angosto y elevado porque entonces la presa resulta más económica de construir, etc) .

## **2.2. Clasificación de las centrales hidráulicas.**

Las centrales hidráulicas se pueden clasificar según varios argumentos como características técnicas, condiciones de funcionamiento, etc., en primer lugar se deben distinguir las que utilizan el agua según discurre el cauce del río para nuestro caso se hará una clasificación en base a la altura del salto de agua o desnivel existente:

- Centrales de alta presión.
- Centrales de meda presión.
- Centrales de baja presión.

1.- Centrales de alta presión: Alturas de saltó hidráulica superiores a los 200 m. Como máquinas motrices se utilizan, generalmente, turbinas Pelton o para los saltos de menor altura, turbinas Francis lentas, los caudales desalojados son relativamente pequeños, 20 m<sup>3</sup>/s por maquina, la central Illuchi 1 se ubica entre estas centrales ya que su salto hidráulico esta sobre los 290 metros.

2.- Centrales de media presión: Alturas de salto hidráulica comprendidas entre 20 m y 200 m emplean caudales de 200 m<sup>3</sup>/s por máquina. Las máquinas motrices empleadas son las turbinas Francis medias y rápidas, correspondiendo estas últimas a los saltos de menor altura, dentro de los límites indicados.

3.- Centrales de baja presión. Alturas de salto hidráulica, inferiores a 20 m. Es la zona de utilización de las turbinas Francis extrarrápidas, de las

turbinas de hélice y, sobre todo, de las turbinas Kaplan, cada unidad se alimenta de una caudal superior o igual a los 300 m<sup>3</sup>/s.

### **2.3. Elementos que conforman la central hidráulica Illuchi 1.**

A continuación se muestra un listado de los elementos constitutivos de la central que motiva este estudio:

- 1.- Compuertas.
- 2.- Accionamiento de la compuertas
- 3.- Órganos de obturación ( válvulas )
- 4.- Canal de desagüe.
- 5.- Casa de maquinas.
- 6.- Tanque de presión.
- 7.- Tubería de presión.

#### **2.3.1. Compuertas.**

Las compuertas se utilizan para cerrar las conducciones de agua ( canales - tuberías), así como para regular el caudal de agua en dichas conducciones. En los aprovechamientos hidroeléctricos, las compuertas sitúan en las tomas de agua, los canales de derivación, etc.

Las compuertas utilizadas en todos los sitios indicados, son de las mismas características constructivas; Únicamente hay que tener en cuenta que las compuertas sometidas a grandes presiones (por ejemplo, en las tomas de agua) habrán de ser de construcción más robusta que las compuertas que a de resistir pequeñas presiones (por ejemplo, en los canales de derivación abiertos).

En los aprovechamientos hidroeléctricos, es frecuente cerrar los vanos de paso de agua por medio de tableros de forma rectangular que se apoyan, en la parte inferior, sobre un umbral de piedra, madera y hierro, y en las partes laterales, sobre ranuras, generalmente verticales.

Estos tableros están contruidos de estructura acero laminado y al conjunto se le denomina compuerta deslizante; estas compuertas tienen apoyo continuo en todo su contorno sobre guarnición fija y son las que más garantías ofrecen de impermeabilidad.

Resultan más económicas para bajas presiones y tamaños moderados pero requieren mayor esfuerzo para su movimiento que otros tipos de compuertas por lo que no se utilizan para grandes tamaños y presiones ya que el volumen y el coste de los mecanismos de accionamientos resultarían muy grandes.

### **2.3.2. Accionamiento de las compuertas.**

Para elevar una compuerta es necesario un esfuerzo que ha de ser superior al peso propio de la compuerta y a los rozamientos originados por la presión hidráulica; en las compuertas de rodadura y de segmento, el peso propio es mayor que el rozamiento, producido por la presión hidráulica por lo que la acción de dicho peso propio basta para provocar el descenso de la compuerta. En otro caso, ha de preverse también un accionamiento.

Solamente las compuertas de pequeñas dimensiones pueden accionarse manualmente. Para ello, se utiliza un torno con eje de hierro, accionado por dos manivelas y, muchas veces, provisto de engranajes. Otras veces se emplea un elevador de tornillo o husillo vertical.

### **2.3.3. Órganos de obturación ( Válvulas ).**

Los órganos de obturación denominados, en general, válvulas, se utilizan para abrir y cerrar el paso del agua por los conductos forzados. Según el empleo a que están destinados, los órganos de obturación pueden ser:

**2.3.3.1. Órganos de seccionamiento**, cuya misión es cerrar el paso del agua hacia las turbinas, cuando sea necesario.

**2.3.3.2. Órganos de seguridad**, que deben obturar el conducto, no solamente en el caso en que el caudal sobrepase lo absorbido normalmente por la turbina, sino también, en caso de embalamiento de esta última.

Los órganos de obturación están frecuentemente provistos de un dispositivo para el mando a distancia del cierre. El accionamiento de la válvula puede provocarse desde un lugar cualquiera, aunque el caso más frecuente es que se realice desde el cuadro de distribución de la central, actuando la corriente eléctrica sobre un electroimán o sobre pequeños motores que, a su vez, actúan sobre el mando principal de la válvula, por medio de contadores.

Además, debe preverse el mando manual en la inmediata vecindad de la válvula por el contrario, la apertura a distancia de la válvula no es necesaria casi nunca, de forma que los órganos para la maniobra a distancia casi siempre se equipan solamente para el cierre.

En las instalaciones hidroeléctricas se encuentran muchos tipos de órganos de obturación, que cumplen además funciones muy diferentes. A continuación solamente se detallan los más frecuentes que son:

- a) Las válvulas de compuerta, como su nombre indica se accionan de la misma forma que una compuerta, es decir; por desplazamiento vertical de

un tablero deslizante por unas guías. Las válvulas de compuerta se utilizan en canales abiertos, para el vaciado de fondo en los embalses, etc.

- b) Las válvulas de mariposa se emplean especialmente como órganos de emergencia y de seguridad en el arranque de tuberías forzadas de centrales hidroeléctricas. En saltos de altura a media se adoptan también como órganos de cierre delante de las turbinas. En las válvulas de mariposa de pequeñas dimensiones, el accionamiento es manual: sea por volante o sea por contrapeso.
- c) Las válvulas esféricas. El principal inconveniente de las válvulas esféricas es que su cierre no es rápido, lo que puede ser fundamental en casos de emergencia se utilizan como órganos de seccionamiento y de seguridad y su accionamiento, como en los casos anteriores, puede ser manual o por servomotor.

La elección del tipo más apropiado depende de las dimensiones, de la forma de la sección que se ha de obturar, de la presión, de la necesidad de una regulación de apertura parcial, etc.

#### **2.3.4. Canal de desagüe.**

El canal de desagüe llamado también socaz, recoge el agua a la salida de la turbina para devolverla nuevamente al río en el punto conveniente. A la salida de las turbinas, el agua tiene todavía una velocidad importante y, por lo tanto, bastante poder erosivo y para evitar socavaciones del piso o paredes hay que revestir cuidadosamente el desemboque del agua de las turbinas.

En saltos. bajos, en que conviene perder poco desnivel, el canal de desagüe ha de ser corto. En saltos de gran altura y, especialmente en aquéllos en que el agua arrastra poco o ningún material sólido, el canal de desagüe puede ser de mayor longitud.



### **2.3.5. Casa de máquinas.**

En la casa de maquinas de una central hidroeléctrica, se montan los grupos eléctricos para la producción de la energía eléctrica, así como la maquinaria auxiliar necesaria para su funcionamiento. Como puede comprenderse, las disposiciones adoptadas para las casas de máquinas, son variadísimas y dependen de las circunstancias y condiciones del aprovechamiento hidroeléctrico.



La casa de máquinas consiste del edificio principal de un desarrollo hidroeléctrico, en donde tiene lugar la conversión de la energía del agua, en energía eléctrica.

Algunos de los elementos más importantes que se encuentran en la casa de, máquinas son las siguientes:

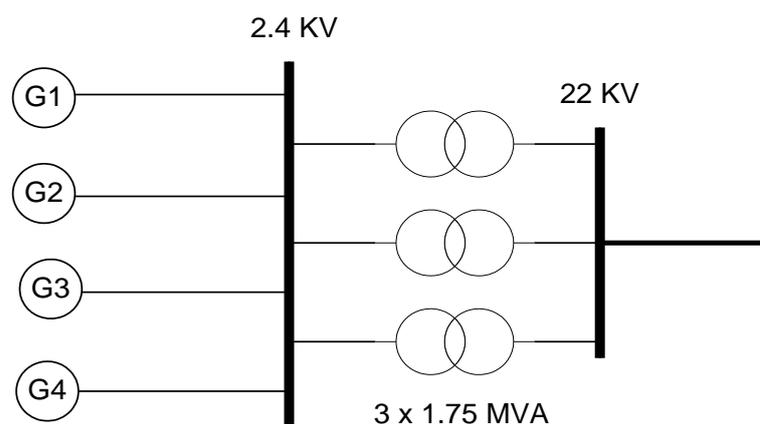
- I. Turbinas
- II. Generadores eléctricos
- III. Gobernadores
- IV. Válvulas de admisión y de alivio
- V. Válvulas de compuerta
- VI. Equipo de medición de flujo
- VII. Ductos de aire
- VIII. Bombas de circulación de agua
- IX. Transformadores eléctricos
- X. Tableros e instrumentos
- XI. Reactores
- XII. Barras (Buses) de baja y alta tensión
- XIII. Interruptores
- XIV. Sala de baterías
- XV. Puente grúa
- XVI. Oficinas y talleres

El arreglo o disposición en la casa de máquinas debe ser de tal forma que proporcione suficiente espacio alrededor de algunos equipos como turbinas, generadores, gobernadores, válvulas, bombas, etc., para facilitar de esta manera su montaje, desmantelamiento y reparación.

En los saltos obtenidos exclusivamente con las presas del embalse, lo más corriente es situar la casa de máquinas cerca de la presa y hacer la toma de agua desde ésta por tubería y a nivel suficientemente inferior al máximo del embalse, con objeto aprovechar el caudal almacenado en él para regular el consumo de energía de la central. Muchas veces, el edificio de la central forma conjunto con la presa.

Si la casa de máquinas no puede situarse en la inmediata cercanía de la presa, lo mejor, como se ha dicho anteriormente, es situarla de forma que el canal de desagüe sea de corta longitud.

Para nuestro caso particular la central Illuchi 1 esta constituida por cuatro unidades de generación, es decir consta se 4 turbinas pelton, que accionan otros generadores con una potencia total instalada de 5.244 MVA a 2.4 Kv, como se muestra a continuación.



### **2.3.6. Tanque de presión.**

La Central Illuchi 1 consta de un tanque de presión, el cual tiene por objetivo acumular agua, es decir almacena energía potencial, la cual al ser liberada con presión atmosférica es transformada al final en energía cinética, en esta construcción también consta de rejillas dispuestas para detener impurezas, tales como rocas, etc.

### **2.3.7. Tubería de presión.**

En las instalaciones hidroeléctricas, las tuberías de presión o tuberías forzadas, tienen por objeto conducir el agua desde la cámara de presión a las turbinas cuando, por causa de la altura del salto, se precisa tal disposición para transformar la energía potencial de posición que tiene el agua en la cámara de presión, en energía potencial presión, que tiene junto a la turbina y al final de la conducción forzada.



Los tubos se forman arrollando chapas rectangulares de palastro, a las que se da forma cilíndrica uniendo longitudinalmente los bordes de estas chapas.

Las virolas así obtenidas se enlazan por medio de uniones en el sentido transversal. Tanto las uniones longitudinales como las transversales pueden hacerse por roblonado o por soldadura; en las uniones transversales solamente se utilizan bridas cuando se trata interponer en la tubería piezas especiales, tales como válvulas.

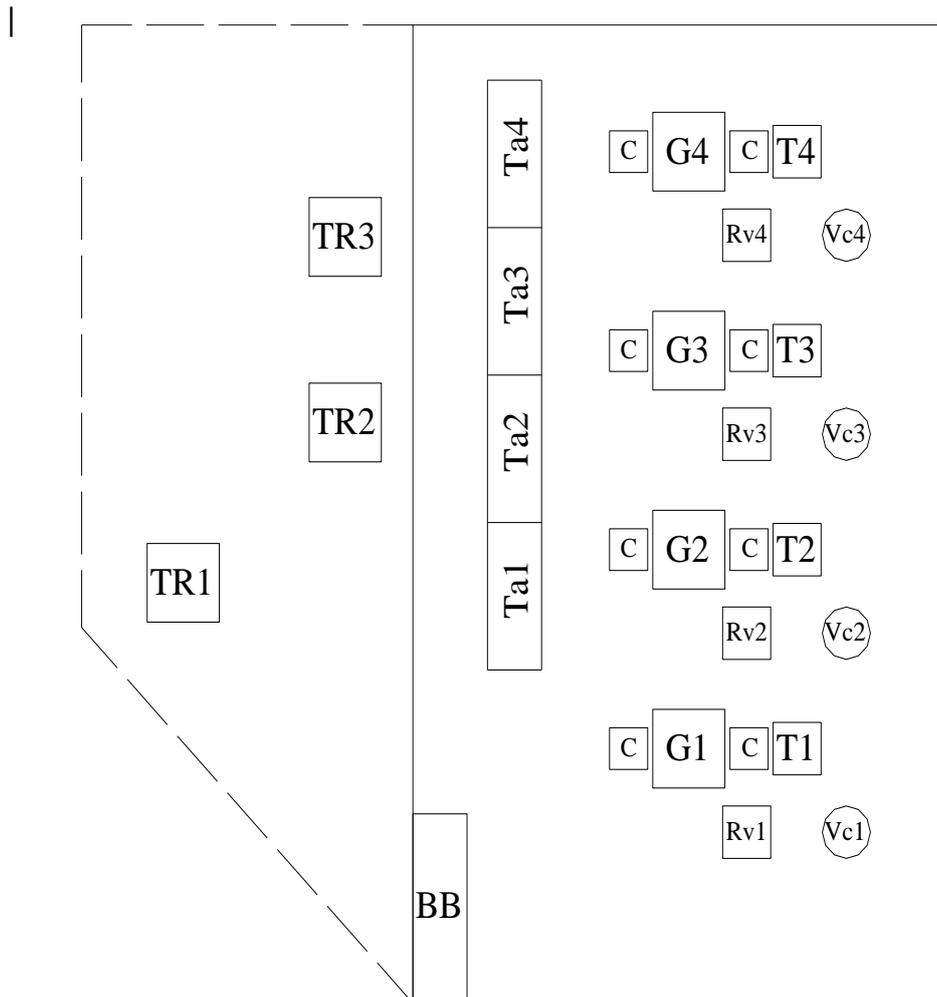
Generalmente, se montan al aire y apoyadas sobre macizos, casi siempre de hormigón en masa. En los puntos de cambio de rasante y de cambio de alineación se establecen apoyos fijos denominados anclajes y constituidos, por un macizo de hormigón reforzado interiormente por una estructura metálica.

## CAPITULO 3.

### 3. CODIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA CENTRAL ILLUCHI 1

#### 3.1. Esquema general de la planta y codificación de la maquinaria.

En la grafica siguiente se muestra la ubicación física de los elementos constitutivos de la central, a la vez que se en marca un modelo de codificación hacer implementado durante este proceso de planificación.



El planteamiento de codificación para la central Illuchi 1 quedaría determinado de la siguiente manera:

CENTRAL ILLUCHI 1		CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	ELEPCO. S.A.
CODIGO	SIGNIFICADO		
G1	Generador 1		
G2	Generador 2		
G3	Generador 3		
G4	Generador 4		
T1	Turbina 1		
T2	Turbina 2		
T3	Turbina 3		
T4	Turbina 4		
RV1	Regulador de Velocidad 1		
RV2	Regulador de Velocidad 2		
RV3	Regulador de Velocidad 3		
RV4	Regulador de Velocidad 4		
VC1	Válvula de Compuerta 1		
VC2	Válvula de Compuerta 2		
VC3	Válvula de Compuerta 3		
VC4	Válvula de Compuerta 4		
Ta 1	Tablero de Control 1		
Ta 2	Tablero de Control 2		
Ta 3	Tablero de Control 3		
Ta 4	Tablero de Control 4		
TR 1	Transformador 1		
TR2	Transformador 2		
TR3	Transformador 3		
C	Cojinetes		
BB	Banco de baterías		

Cabe recalcar que la actual planeación se vera enmarcada básicamente a tres elementos primordiales como lo son: Turbinas, generadores y transformadores.

### 3.2. Clasificación por grupos y tipos de trabajo de acuerdo a la temporada.

El presente Plan de Mantenimiento Preventivo se realiza en el mes de Marzo del 2004, en esta época se vive un cambio en las condiciones climáticas dando como consecuencia un nivel de cota variable, por lo que, los grupos de

mantenimiento serán conformados de acuerdo al tipo de trabajo que estos están desempeñando, de la siguiente manera:

### 3.2.1. Clasificación por grupos:

La clasificación que se presenta aquí servirá para determinar un plan de indisponibilidad de acuerdo a la temporada.

Grupo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbina 1.</li> <li>- Generador 1.</li> <li>- Regulador de velocidad 1.</li> <li>- Válvula de compuerta 1.</li> <li>- Tablero de control 1.</li> <li>- Cojinetes.</li> </ul>	Grupo 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbina 2.</li> <li>- Generador 2.</li> <li>- Regulador de velocidad 2.</li> <li>- Válvula de compuerta 2.</li> <li>- Tablero de control 2.</li> <li>- Cojinetes.</li> </ul>
Grupo 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbina 3.</li> <li>- Generador 3.</li> <li>- Regulador de velocidad 3.</li> <li>- Válvula de compuerta 3.</li> <li>- Tablero de control 3.</li> <li>- Cojinetes.</li> </ul>	Grupo 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbina 4.</li> <li>- Generador 4.</li> <li>- Regulador de velocidad 4.</li> <li>- Válvula de compuerta 4.</li> <li>- Tablero de control 4.</li> <li>- Cojinetes.</li> </ul>
Grupo 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformador 1.</li> <li>- Transformador 2.</li> <li>- Transformador 3.</li> <li>- Banco de baterías.</li> </ul>		

### 3.3. Tipo de funcionamiento de acuerdo a la temporada

Grupo 1: Trabajo al mínimo de tiempo.	Grupo 2: Trabajo al mínimo de tiempo.
Grupo 3: Trabajo de corto tiempo.	Grupo 4: Trabajo al máximo de tiempo.
Grupo 5: Trabajo al máximo de tiempo.	

De esta manera se puede deducir que los grupos de mantenimiento a ser tomados en cuenta en primera instancia serán el grupo 1 y 2, que en esta época están sin funcionamiento, los grupos 3 y 4 tendrán que alternarse en su trabajo, para dar paso a su asistencia respectiva, en el grupo 5 para su mantenimiento se deberán tomar las precauciones del caso y de esta forma evitar posibles accidentes, ya que no se puede dejar de generar energía, la maquinaria debe estar operando.

### **3.4. Máquinas y elementos a ser tomados en cuenta para inspección y mantenimiento.**

Para planificar el grupo de inspección se procedió a realizar una subdivisión en tres sectores conformados de la siguiente manera:

- Equipos de proceso.- Turbinas, generadores, transformadores, otros.
- Equipos de protección y control.- Tableros, equipos de mando y medición.
- Equipos de servicios auxiliares.- Banco de baterías.

#### **3.4.1. Equipos de proceso.**

##### **3.4.1.1. TURBINAS.**

La turbina es el equipo en el cual se transforma la energía hidráulica en mecánica; está acoplada directamente con el generador y en conjunto atienden la demanda de energía eléctrica.

Por esta razón la necesidad de plantear una planeación de mantenimiento se hace urgente, si bien es cierto primero se debe de distinguir el tipo de turbina que presta su servicio en la central Illuchi 1.

La clasificación principal de las turbinas diferencia las de reacción y las de acción entre las características diferenciales las mas importantes se muestran en el cuadro a continuación:

Tipos de turbinas.	
Turbinas de reacción	Turbinas de acción
1.- Entre la entrada y la salida existe una diferencia de presión.	1.- En la entrada y la salida del agua en el rodete no hay diferencia de presión.
2.- El agua posee, al atravesar, energía cinética y energía de presión.	2.- El agua posee, al atravesar el rodete, solo energía cinética.
3.- El agua llena completamente los espacios entre los álabes, quedando sometida a presión. Por la curvatura de los álabes y la diferencia de presión entre la entrada y la salida del agua se origina un cambio de magnitud y dirección en la velocidad, el cual determina una reacción del agua sobre los álabes.	3.- El agua corre libremente sometida a la presión atmosférica a lo largo de la parte cóncava de los álabes, sin llenar el espacio entre éstos. La velocidad del agua cambia de dirección y no de magnitud (se prescinde del rozamiento). Este cambio de dirección ocasionado por el agua crea una reacción contra los álabes determinando su componente normal al eje del movimiento del rodete.
4.- Como señal exterior puede notarse que el rodete se encuentra en comunicación con agua abajo por intermedio del tubo de aspiración	4.- En las tuberías de acción no se instala el tubo de aspiración.
5.- Se consigue el aprovechamiento del salto, en parte por la presión del agua y su energía cinética y, en parte, por el tubo de aspiración.	5.- Se aprovecha solo el salto existente entre el nivel del agua de arriba y el rodete, desperdiciándose la altura desde este hasta aguas abajo, que suele representar un débil porcentaje del total, por emplearse sólo la turbina de acción en saltos altos.

En nuestro caso particular la central Illuchi 1 consta de cuatro unidades las cuales están acondicionadas con turbinas pelton, a continuación se describe sus partes:

#### **3.4.1.1.1. Distribuidor.**

Está constituido por uno o varios inyectores, un inyector consta por lo general de una tobera de sección circular provista de una aguja de regulación que se mueve axialmente, variando así la sección del flujo.

En el caso de que se requiera una operación rápida para dejar el rodete sin acción del chorro, se adiciona una placa deflectora. De este modo, la aguja se cierra en un tiempo más largo, reduciendo así el golpe de ariete.

En las turbinas pequeñas que se emplean en micro centrales puede prescindirse de la aguja y operar con una o mas toberas con caudal constante manteniéndose en algunos casos la placa deflectora.

#### **3.4.1.1.2. Rodete.**



Es de admisión parcial, lo cual depende del número de chorros o de inyectores. Consta de un disco previsto de una serie de cucharas montadas en su periferia. Las cucharas pueden estar empernadas al disco, unidas por la soldadura o fundidas en una sola pieza este ultimo son las que dispone la central Illuchi 1. la turbina pelton puede instalarse con el eje horizontal con uno o dos inyectores y con el eje vertical con tres a seis inyectores.

Cuadro de inspección TURBINA						
Puntos de inspección	Frecuencia					
	S	3M	4M	6M	1A	CR
Subsistema: RODETE						
1.- Inspeccionar posibles ruidos anormales	X					
2.- Verificar posibles fisuras			X			
3.- Revisar el estado de los álaves				X		
4.- Inspeccionar posibles formaciones de óxidos			X			
5.- Limpieza y revisión mecánica				X		
Subsistema: AGUJAS						
1.- Limpieza y revisión			X			
2.- Revisión del estado de las agujas			X			
3.- Verificar necesidad de cambio						X
4.- Inspeccionar movimiento axial de la aguja				X		
Subsistema: TOBERA						
1.- Limpieza y revisión			X			
2.- Inspeccionar posibles agrietamientos.				X		
3.- Verificar necesidad de cambio						X
Subsistema: TUBERIAS DE INYECCIÓN						
1.- Limpieza y revisión						
2.- Inspeccionar posibles agrietamientos						
Subsistema: EMPAQUES						
1.- Inspeccionar posibles roturas				X		
2.- Verificar necesidad de cambio				X		

### 3.4.1.2. GENERADORES.



El generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Está acoplado mecánicamente al eje de la turbina, bien por acople directo o a través de una transmisión que por lo general es elevadora.

Por lo expuesto en el párrafo anterior el mantenimiento de estos equipos es muy importante, por lo cual el desarrollo de complejos sistemas para el monitoreo en tiempo real de estos equipos a crecido, no obstante la central hidráulica Illuchi 1 no puede adquirir dichos programas por su costo, es así que en este trabajo se dará a modo de indicaciones generales los puntos característicos para el control y mantenimiento de estas maquinas.

En el manual de operación y mantenimiento de los generadores, sugieren para un buen funcionamiento el desarme, ajuste y reparación en forma conveniente en un lapso de 15 años aproximadamente, en el **ANEXO 3** se puede observar los resultados de algunas pruebas realizadas a los generadores.

El generador consta de varias partes, las cuales se describen en los párrafos siguientes:

### **3.4.1.2.1. ROTOR.**

#### **a.- Aspas de Ventilación.**

Son aquellas que al iniciar su rotación impulsan aire a través de todo el circuito de enfriamiento, deberá eliminarse la oxidación y pintarse revisando el apriete de tornillos y candados.

#### **b.- Anillos Rozantes.**

Son elementos giratorios que permiten la conexión de corriente directa del sistema de excitación a los polos del rotor por medio de escobillas por abrasión con polvo de carbón o del aire, por rozamiento con la parte metálica de la escobilla cuando el desgaste de la misma es excesiva, por lo que se deberá corregir toda aspereza por fricción.

### **3.4.1.2.2. ESTATOR.**

#### **a.- Devanado del Estator.**

Los embobinados están sujetos a varias condiciones de función y a demás se les debe considerar como la parte mas delicada tanto para su función como para su montaje. Es necesario por tanto que los embobinados sean controlados, a la puesta en servicio y después por lo menos una vez al año.

Suciedad y polvo deben retirarse con mucho cuidado con aire a presión o mejor aun con una aspiradora apropiada.

Los medios disolventes pueden emplearse únicamente y en mínima cantidad, en caso de ensuciamientos con aceite. En ningún caso deben embeberse los aislamientos. Como medios disolventes se puede emplear bencina pesada, nafta o compuestos similares, con “punto de ebullición aproximado 160°C, como Sangayol”.

Si al hacer la limpieza hay desprendimiento de lacas, habrá que reemplazarlas cuidadosamente.

#### **b.- Cuñas, separadores y amarres de bobinas.**

Las piezas de separación, cuñas de las ranuras y envolturas deben controlarse cuidadosamente, las piezas de separación y las cuñas de las ranuras deben volverse a cuñar y las envolturas sueltas deben reponerse.

Estos elementos se aflojan por calentamiento y se ennegrecen por lo que se hace imprescindible palpar dichos elementos.

Como una guía de orientación para un buen ajuste de la cuña, tener en cuenta los siguientes valores.

Si las cuñas en:	Ajuste (referido a long. De la cuña)
50%	En todo lo largo
40%	En 2/3 del largo
10%	En 1/3 del largo
100%	

Manual del generador. Brown Boveri

Se permite dejar cuñas no completamente asentadas pero apretadas siempre que no sean las pertinentes a las extremidades.

### **c.- Laminado del Estator.**

En esta parte se induce magnéticamente la corriente a las bobinas, esta conformado por láminas de poco espesor aisladas eléctricamente para evitar corrientes parásitas, por ser de hierro magnético, se debe revisar que no exista oxidación que pueda provocar contacto eléctrico entre laminillas.

### **d.- Control de la soldadura en los bobinados.**

Las pruebas de soldadura se realizan en cortocircuito, a velocidad nominal, con 1,25 veces la corriente nominal y durante 30 minutos. La prueba debe indicar si el embobinado tiene alguna soldadura defectuosa que es detectada por algún calentamiento muy notorio.

La temperatura en las cabezas del embobinado no debe sobrepasar los 70°C., pasados los 30 minutos, el control de calentamiento puede llevarse a cabo usando tizas coloreadas térmicas.

#### **e.- Estructura del Estator.**

Es la que soporta el peso de los diferentes componentes como son: núcleo magnético, el devanado, etc., los cambios de temperatura y las vibraciones permanentes hacen necesario verificar las uniones, el apriete de tornillos y los índices de oxidación, para lo cual se deben de limpiar continuamente y realizar una inspección visual periódica.

#### **3.4.1.2.3. EXITATRIZ.**

En este punto la inspección rutinaria es la que se desarrolla con el objetivo de verificar la longitud de las escobillas, así como la presión de las mismas, sobre la superficie de contacto, durante la operación también se debe inspeccionar la existencia o no de chisporroteos en las escobillas para tomar medidas de corrección; el recambio y las inspecciones deben ser programadas en base al número de horas de operación de la unidad.

Un punto de gran importancia es la ejecución de limpieza sobre estos elementos, el polvo producido por la escobillas debe ser retirado en forma rutinaria, se debe revisar que dicho polvo no afecte el correcto funcionamiento de las barras de corriente directa.



#### **3.4.1.2.4. COJINETES.**

Los cojinetes exigen poco cuidado. Si el cojinete es estanco de aceite y al polvo, un llenado perfecto y sistemático del mismo es suficiente aun funcionando la maquina en forma continua.

Para hacer estanco el cojinete es suficiente con tener cuidado, cercar bien la tapa del cojinete y del nivel del aceite para evitar la introducción de cuerpos extraños.

Para dicha operación de llenado observar la señal marcada por el fabricante, ya que si se sobrepasa este punto el aceite puede fugar hacia el interior de la maquina y averiar los arrollamientos e inclusive deteriorar el aislante.

Las presiones a las que este elemento esta sometido da como resultado un calentamiento de este elemento por lo cual es necesario que el sistema de enfriamiento también este en condiciones operables optimas por lo que se debe inspeccionar en forma rutinaria el circuito de refrigeración, el cual para nuestro caso es en base de agua, lo que nos lleva también a la inspección de los filtros de agua y las bombas.

Cuadro de inspección GENERADOR						
Puntos de inspección	Frecuencia					
Subsistema: ROTOR	S	3M	4M	6M	1A	CR
Parte: Nucleo.						
1.- Verificar ajuste de pernos					X	
2.- Inspección de uniones soldadas y seguros					X	
3.- Inspección de carbones				X		X
4.- Inspeccionar la puesta a tierra del eje					X	
Parte: Alimentación del campo						
1.- Ajuste y revisión de escobillas		X				
2.- Inspección del porta escobillas				X		
3.- Inspeccionar conexiones				X		
4.- Inspección de los anillos rozantes		X				
Parte: Polos.						
1.- Determinación de fallas a tierra				X		
2.- Detección de fallos entre espiras				X		
3.- Inspeccionar estado del bobinado					X	
Subsistema: ESTATOR						
Parte: Estructura.						
1.- Verificar ajuste de pernos					X	
2.- Inspección de uniones soldadas y seguros					X	
3.- Limpieza externa				X		
Parte: Bobinado.						
1.- Inspección de las cabezas del bobinado				X		
2.- Verificar la resistencia del bobinado					X	
3.- Inspeccionar el aislamiento.					X	
Parte: Cuñas.						
1.- Inspeccionar el estado y apriete				X		
Subsistema: Exitatriz						
Parte: Estructura		X				
1.- Verificar ajuste de pernos				X		
2.- Inspección de uniones soldadas y seguros				X		
3.- Inspeccionar conexión de los terminales		X				
4.- Revisar los soportes de la exitatriz						
Parte: Bobinado						
1.- Inspeccionar ajuste de conexiones				X		
2.- Revisar las conexiones				X		
Parte. Rectificado						
1.- Inspeccionar los diodos rotóricos					X	
2.- Limpieza externa				X		

Cuadro de inspección GENERADOR						
Puntos de inspección	Frecuencia					
	S	3M	4M	6M	1A	CR
Subsistema: Cojinetes						
Parte: Estructura.						
1.- Verificar ajuste de pernos					X	
2.- Inspección de uniones soldadas y seguros					X	
3.- Inspección general del cojinete					X	
5.- Limpieza de tapas del cojinete		X				
6.- Revisar posibles daños en el metal del cojinete					X	
7.- Inspeccionar la holgura del cojinete					X	
8.- Inspeccionar posibles ruidos anormales	X					
Parte: Aceite						
1.- Inspección de posibles fugas	X					
2.- Revisar nivel de aceite	X					
3.- Reposición de aceite		X				
Susistema: Puesta a tierra						
Parte: Estructura						
1.- Inspección del neutro del generador					X	
Subsistema: Sistema de lubricación						
Parte: Estructura						
1.- Inspeccionar fugas de aceite	X					
2.- Toma muestras de aceite para análisis					X	
Subsistema: Sistema de enfriamiento						
Parte: Estructura						
1.- Inspeccionar fugas de aceite o agua	X					
2.- Limpieza general de los enfriadores			X			
3.- Inspeccionar el intercambiador de calor					X	
Subsistema: Instrumentos						
Parte: General						
1.- Inspección de voltajes para servicios auxiliares		X				
2.- Calibración y revisión de presostatos				X		
3.- Calibración y revisión de termostatos				X		
Subsistema: Protección						
Parte: Núcleo						
1.- Revisión relés de protección					X	
2.- Inspeccionar el correcto funcionamiento de alarmas					X	

### 3.4.1.3. TRANSFORMADOR.



Bajo la denominación general de transformador se le designa como un dispositivo estático, es decir sin partes móviles, destinado a transferir energía eléctrica de un circuito a otro siendo el enlace un flujo magnético común.

El transformador no es propiamente una maquina eléctrica, puesto que el concepto de maquina supone siempre órganos en movimiento y como se dijo anteriormente el transformador es un dispositivo estático, además en las maquinas eléctricas, o bien hay conversión de energía eléctrica en mecánica o viceversa, el transformador modifica las características de tensión y corriente en otras de diferentes características eléctricas.

Sea por su función de transferir la energía eléctrica de un nivel a otro es necesario conocer sus partes y el mantenimiento que amerita, sin embargo es obvio la necesidad de tratar con cierto detalle aquellos elementos que por la función que desempeñan resultan de mayor importancia.

En la central Illuchi 1 se tiene una subestación elevadora que consta de tres transformadores con una capacidad de 1,75 MVA., que elevan de 2.4 KV a 22 KV.

A continuación se va a referir sobre ciertas partes que se constituyen como características de función de los transformadores.

A nivel general en los transformadores tenemos lo siguiente:

#### **3.4.1.3.1. La Carcaza.**

Es el elemento que protege a los dispositivos interiores, en la carcaza también se tienen ciertos aparatos los que se podrían dividir en:

- a) Cuba (tanque).
- b) Bushing de alta y baja tensión.
- c) Ruedas.
- d) Conservador.
- e) Pararrayos.
- f) Sistema de refrigeración.
- g) Regulador de tensión (taps).
- h) Panel de control.

**a.- Tanque.-** También llamado cuba o reservorio, es un elemento de gran importancia, su función es la de radiar el calor.

En este elemento se debe revisar fugas de aceite, ya que esta provisto de juntas herméticas de goma.

**b.- Bushing de alta y baja tensión.-** Por este medio se conecta la línea eléctrica con los devanados tanto en alta como en baja tensión, su tamaño esta en función de la tensión.

**c.- Ruedas.-** Son necesarias para la movilización del transformador en caso de un mantenimiento mayor.

**d.- Conservador.-** Es un pequeño deposito en la parte superior de la tapa del transformador, cumple con las siguientes funciones.

Mantiene constante el nivel de aceite ya que el aceite sufre cambios en función de las variaciones de temperatura, estos cambios, dilataciones y contracciones quedan absorbidas por el conservador, además de que evita el envejecimiento del aceite al impedir la presencia de oxígeno y sales minerales, de esto nace la necesidad de mantener cierta revisión a este elemento.

**e.- Pararrayos.-** Es un dispositivo destinado a descargar sobre tensiones ocasionadas por descargas atmosféricas, las mismas que de no existir este elemento ocasionarían perforaciones en los aislamientos en incluso interrupciones del servicio, estos dispositivos solo entran en función si el valor de tensión es superior al normal. Generalmente se los ubica en el lado de alta tensión y cuentan con un contador de descargas el cual es de utilidad para futuros análisis de comportamiento de las líneas.

**f.- Sistema de refrigeración.-** Las pérdidas de energía que el transformador experimenta en sus devanados se convierten en calor, el mismo que debe ser evacuado al exterior, para lo cual se emplea el sistema de refrigeración, la correcta mantenimiento de este sistema ayuda a la manutención del transformador y extiende su vida útil.

**g.-Taps.-** Sirve para mantener constante la tensión de acuerdo con las variaciones que se presenten, su principio es modificar la relación de transformación, añadiendo o suprimiendo número de espiras.

**h.- Panel de control.-** Aquí se encuentran los mandos sean manuales o automáticos para los instrumentos de medida y control, por lo cual es primordial mantener limpio dicho panel.

#### **3.4.1.3.2. Bobinas.**

Están contruidos para alta y baja tensión, constituyen los circuitos de alimentación y carga. Su función es la de crear el campo magnético en el primario y utiliza el flujo para inducir una fuerza electromotriz en el secundario.

Las averías mas comunes son:

- Las sobre tensiones de origen atmosférico.
- Maniobras del disyuntor en la red.

Los arcos que se pueden producir se sitúan entre los tramos de un arrollamiento o un arrollamiento y la masa del transformador.

Los cortocircuitos accidentales en la líneas, provocan elevados esfuerzos electrodinámicos, que pueden comprometer seriamente la resistencia mecánica de los devanados y una descomposición lenta del aislante por una mala refrigeración.

Por lo dicho anteriormente es necesario tomar en cuenta estos puntos:

- Comportamiento ante las sobre tensiones.
- Resistencia ante los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito.
- Envejecimiento de los aislantes.

#### **3.4.1.3.3. Aceite.**

El aceite en un transformador es un medio que provee un aislamiento eléctrico y también de transferencia de calor.

Estas funciones son muy importantes ya que de esto depende la vida útil y el correcto funcionar del transformador.

Por esta razón es muy importante controlar la calidad del aceite, para lo cual este debe cumplir con ciertos requerimientos como son:

- Poseer una elevada rigidez dieléctrica.
- Debe ser de baja viscosidad.
- Debe contribuir a la transferencia de calor.
- Debe prevenir la corrosión.
- Ofrecer una gran resistencia al alterarse durante el servicio y no modificar su calidad.

#### **3.4.1.3.4. Terminales.**

Sirven para realizar la conexión entre dos conductores, en este caso entre la salida del bushing y la entrada del arrollamiento por lo tanto debe tener una alta conductividad y tener además cierta facilidad para su instalación y desmontaje.

#### **3.4.1.3.5. Pruebas de diagnostico a transformadores.**

En los puntos anteriores se dio una breve descripción de las partes que conforman un transformador, he considerado de importancia describir también ciertos ensayos que permiten anticipar la ocurrencia de una falla a continuación se reseñan aquellas pruebas de diagnostico que se realizan en el transformador en servicio se diferencian dos tipos que son:

- a.- Las de aceite.
- b.- Las de comportamiento del transformador.

Sobre la pruebas de aceite la que mayor relevancia adquiere es la cromatografía de gases disueltos. En cuanto a las pruebas de comportamiento del transformador existen varias opciones como:

- Detectores de calentamiento local (infrarrojos)
- Vibraciones anormales por medio de vibró metros, etc.

Como se puede apreciar estas pruebas requieren de equipo especial, pero sus resultados detectan fundamentalmente bobinas flojas, prensas defectuosas, falta de apriete en el circuito magnético.

A estas pruebas también se le puede añadir una más como lo es la evaluación de aislamiento, la cual se puede determinar por medio de:

- Medición de la resistencia de aislamiento.
- Pruebas químicas.
- Prueba de cromatografía.

Todas las pruebas mencionadas anteriormente tienen como objetivo conocer el estado de aislamiento en los distintos equipos, en el **ANEXO 4** se muestra una parte de los resultados de las pruebas antes mencionadas.

Cuadro de inspección TRANSFORMADOR						
Puntos de inspección	Frecuencia					
Parte: Bobina	S	3M	4M	6M	1A	CR
1.- Inspeccionar la temperatura	X					
2.- Verificar la relación de transformación					X	
3.- Medir la resistencia del aislamiento.					X	
Parte: Aceite						
1.- Verificar la acidez						X
2.- Verificar humedad						X
3.- Inspeccionar la temperatura	X					
4.- Medir la rigidez dieléctrica					X	
Parte: Terminales						
Limpieza y revisión mecánica				X		
Inspeccionar la posible formación de oxido	X					
Parte: Cuba						
1.- Inspeccionar posibles fugas de aceite	X					
2.- Verificar conexión a tierra					X	
3.- Limpieza y revisión mecánica					X	
4.- Inspeccionar formaciones de oxido		X				
5.- Inspección de ruidos anormales		X				
Parte: Bushing de alta y baja tensión						
1.- Limpieza y revisión mecánica					X	
2.- Inspeccionar el nivel de aceite		X				
3.- Inspeccionar formaciones de oxido				X		
Parte: Pararrayos						
1.- Limpieza y revisión mecánica					X	
2.- Inspeccionar de conexiones a tierra	X					
3.- Medir resistencia de aislamiento					X	
Parte. Sistema de refrigeración						
1.- Limpieza y revisión mecánica					X	
2.- Inspeccionar la temperatura				X		
3.- Inspeccionar la bomba de aceite		X				
4.- Visualizar posibles fugas de aceite	X					
5.- Inspeccionar correcto funcionamiento	X					
6.- Inspeccionar posibles ruidos anormales	X					
7.- Visualizar posibles formaciones de oxido		X				
Parte: Regulador de tensión						
1.- Limpieza y revisión mecánica					X	
2.- Inspeccionar el nivel de aceite	X					
3.- Inspeccionar formaciones de oxido	X					
4.- Visualizar posibles fugas de aceite	X					

Cuadro de inspección TRANSFORMADOR						
Puntos de inspección	Frecuencia					
Parte: Panel de control	S	3M	4M	6M	1A	CR
1.- Inspeccionar fusibles		X				
2.- Verificar la formación de humedad en el interior				X		
3.- Revisar conexiones s tierra					X	
4.- Limpieza y revisión mecánica				X		
5.- Inspeccionar formaciones de óxido				X		
Parte: Relé Buchholz						
1.- Limpieza y revisión					X	
2.- Verificar contactos auxiliares					X	
3.- Verificar contactos principales					X	
4.- Revisar posibles fugas de aceite	X					
5.- Inspeccionar formaciones de óxido	X					
6.- Inspeccionar posible existencia de gas		X				
Parte: Recolector de gas						
1.- Limpieza y revisión					X	
2.- Inspeccionar formaciones de óxido				X		
3.- Analizar el gas en caso de existir						X
Parte: Valvula de seguridad						
1.- Inspeccionar posible fuga de aceite		X				
2.- Verificar si ha actuado	X					
3.- Limpieza y revisión					X	
Parte: Medidor de nivel de aceite						
1.- Limpieza y revision mecánica					X	
2.- Inspeccionar fugas de aceite	X					
3.- Comprobar contactos de mínimo y máximo nivel					X	
Parte: Dispositivo automático de retención de aceite						
1.- Inspeccionar fugas de aceite	X					
2.- Inspeccionar formaciones de óxido				X		
Parte: Indicador de gasto de aceite						
1.- Limpieza y revisión					X	
2.- Inspeccionar fugas de aceite	X					
3.- Comprobar correcto funcionamiento					X	
Parte: Protección diferencial						
1.- Limpieza y revisión					X	
2.- Verificar correcto funcionamiento				X		
3.- Revisar la calibración de los réles				X		

#### 3.4.1.4. OTROS.

Son equipos y/o partes que en conjunto ayudan en el proceso de generación, los cuales no requieren de inspecciones periódicas, las tres partes hacer tomadas en cuenta son:

- Tanque de presión.
- Tubería de presión.
- Puente grúa.

a.- Tanque de presión: En párrafos anteriores ya se describió su función y la importancia que este tiene, por lo que se prevé su inspección la cual se va a centrar en su limpieza, para de esta forma evitar la presencia de cuerpos sólidos como rocas, las cuales en un supuesto de llegar a las turbinas podrían causar daños a los álaves de la misma.

b.- Tubería de presión: La tubería es un elemento que no requiere mayor mantenimiento pero si requiere de atención cada cierto tiempo, con el único objetivo de asegurar que el espesor de esta este dentro de las normas de seguridad, dichas pruebas deben de ser realizadas por lo menos cada quince años de funcionamiento, los resultados de estas pruebas se los puede observar en el **ANEXO 5** de este trabajo.

c.- Puente grúa: Este es el equipo destinado al montaje y desmontaje de la turbina y del generador al interior de la casa de maquinas, por lo tanto también es objeto de un proceso de inspección, a continuación se muestra un cuadro con los puntos a ser tomados como primordiales para realizar una inspección satisfactoria.

Cuadro de inspección OTROS						
Puntos de inspección	Frecuencia					
TANQUE DE PRESIÓN	S	1A	5A	10A	15A	CR
1.- Inspeccionar el estado de la construcción		X				
2.- Limpieza y revisión de las mallas		X				
TUBERÍA DE PRESIÓN						
1.- Inspeccionar posibles agrietamientos	X					
2.- Realizar pruebas de espesor					X	X
PUENTE GRÚA						
1.- Limpieza y revisión mecánica		X				
2.- Inspeccionar formaciones de óxido	X					
3.- Inspeccionar el estado de los eslabones			X			
4.- Verificar el correcto desplazamiento del puente		X				
5.- Engrasar las partes móviles del puente grúa						X

### 3.4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.

En una central de generación es de vital importancia tener en buenas condiciones equipos tales como tableros, instrumentos de medida, etc., en esta sección del trabajo voy a proponer un cuadro con los puntos de inspección para dichos aparatos.

Cuadro de inspección TABLEROS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN						
Puntos de inspección	Frecuencia					
EQUIPO DE SOBRETENSIÓN	S	3M	4M	6M	1A	CR
1.- Inspeccionar el estado de los pararrayos	X					
2.- Revisar el contador de descargas					X	
3.- Inspeccionar y limpiar las porcelanas					X	
PANEL DE LA TURBINA						
1.- Inspeccionar el estado del tacómetro					X	
2.- Inspeccionar lamparas de emergencíá						X
3.- Inspeccionar los pulsadores de lámparas y alarmas	X					
PANEL DEL GENERADOR						
1.- Inspeccionar alarmas y pulsadores	X					
2.- Inspeccionar medidor de frecuencia				X		
3.- Inspeccionar medidor de voltaje generado		X				
4.- Inspeccionar sincronoscopio					X	
5.- Inspeccionar luces indicadores y selectores		X				
MEDICIÓN Y PROTECCIÓN						
1.- Inspeccionar el réle de perdida de exitación	X					
2.- Inspeccionar el réle de sobrevoltaje en el generador	X					
3.- Inspeccionar el réle de protección diferencial gen	X					
4.- Inspeccionar el réle de falla a tierra de las barras	X					
5.- Inspeccionar transformador de corriente		X				
6.- Inspeccionar transformador de potencial		X				
CONTRA INCENDIOS						
1.- Inspección de extintores	X					
2.- Inspeccionar y limpiar valvulas de apertura	X					

### 3.4.3. EQUIPO SERVICIOS AUXILIARES.

En una central de generación y en toda instalación de carácter eléctrico se tiene una parte denominada servicios auxiliares, que para este caso no es mas que el banco de baterías, estas son de gran importancia al momento de suplir la energía alterna con energía continua, cuyo fin es el de mantener funcionando ciertos equipos de protección y comunicación, a continuación se muestra un cuadro de inspección referente a este último punto.

Cuadro de inspección SERVICIOS AUXILIARES						
Puntos de inspección	Frecuencia					
BANCO DE BATERIAS	S	3M	4M	6M	1A	CR
1.- Inspección y limpieza de bornes		X				
2.- Verificar conexiones	X					
3.- Verificar carga de baterias	X					

## **CAPITULO 4.**

### **4. PLANEACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CENTRAL ILLUCHI 1 .**

#### **4.1. IMPORTANCIA.**

Una planeación eficaz de mantenimiento ayuda a mantener un rendimiento óptimo de la instalación con un coste moderado, a la vez que debe de ser considerado como una política de empresa el cual debe ser conocido por todos, esta planeación permite desarrollar paso a paso las actividades en forma metódica y sistemática, en un lugar, hora y fecha ya determinada, para lo cual se va hacer uso de documentos tales como una planeación anual, un plan de indisponibilidad de equipos, reportes de inspección, ordenes de trabajo, etc. Los cuales ayudaran a crear carpetas de vida de todos los equipos inmersos en la generación de energía eléctrica.

#### **4.2. PLANEACIÓN.**

Un plan de mantenimiento puede desarrollarse bajo distintos planteamientos los cuales estarían en función a los medios disponibles, en esta etapa se desarrollan los trabajos tácticos de la conservación con el fin de solucionar dificultades en lapsos mas cortos de tiempo, la hidrocentral Illuchi 1 no tiene suficiente personal técnico para poder diferenciar las actividades de mantenimiento en áreas, tampoco posee los instrumentos y herramientas para

efectuar un mantenimiento mayor, por lo que se debe proceder a la contratación de empresas externas de mantenimiento.

Sin embargo se puede llevar un control permanente de los equipos de la central, por lo que en la planificación se va a establecer un plan general el cual consta de las operaciones de mantenimiento a realizarse, para lo cual se propone como una base los equipos de generación siendo estos, turbinas, generadores y transformadores.

### 4.3. PROCESO ADMINISTRATIVO.

Es conveniente para este entorno mostrar en forma general los recursos necesarios para la consecución del plan aquí propuesto, a saber estos recursos son: humano, físico y técnico, todo inmerso en el factor tiempo, por lo que la misión del administrador es que todos estos recursos en conjunto proporcionen los resultados esperados.

El proceso administrativo consta de cuatro puntos los cuales se muestran en el grafico a continuación:

PLANEACIÓN	ORGANIZACIÓN	EJECUCIÓN	CONTROL
Objetivos Políticas Procedimientos Programas Presupuestos	Puestos Hombres Autoridad Responsabilidad	Dirección Coordinación	Comparación Análisis Corrección.

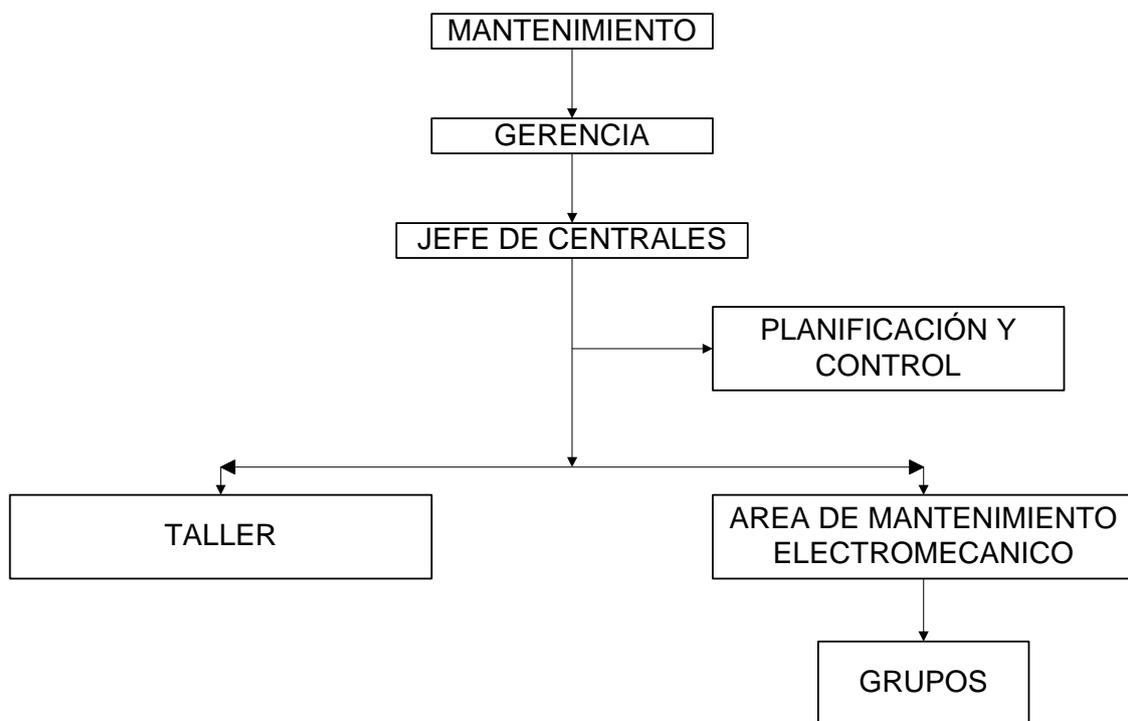
Como se puede apreciar cada punto contiene otros elementos, los cuales tienen su razón de ser, para este caso particular se pone mayor atención en la organización, debido a que en este punto se va a estructurar lo previamente planeado, disponiendo de recursos tales como hombre, maquina, materiales, etc.

Los elementos que conforman una organización coherente tienen una relación muy acentuada, la cual culmina con la responsabilidad que adquiere el ocupante de un puesto al hacer uso de su autoridad, la responsabilidad no es mas

que la obligación que tiene una persona para responder ante su jefe inmediato por su actuación durante el desempeño de las tareas a él encomendadas, por lo expuesto se propone la creación de nuevos puestos, los cuales ayuden a la consecución de los objetivos de este plan de mantenimiento.

Se propone la creación de el área de mantenimiento electromecánico, la cual estaría en capacidad de realizar tareas de pequeña envergadura tales como inspecciones, etc., así también estarían a cargo de este grupo el llevar en forma ordenada los cuadros que mas adelante se exponen

Para un mejor entendimiento de lo expuesto, a continuación se expone un organigrama sencillo de la organización que debería asumir la central Illuchi 1.



El personal operativo es decir de, taller, área de mantenimiento electromecánico y los grupos requerirán de una capacitación multivalente que atienda los requerimientos propios de la empresa, además de contar con información técnica básica y con un buen conocimiento tecnológico de los equipos que van ha atender.

#### 4.4. PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Este punto consta de un listado en forma general de los equipos y elementos de la central Illuchi 1, en el cual se establece una frecuencia de tiempo que determina la actividad a realizarse, para determinar dicha frecuencia se ha tomado criterios de explotación de los equipos, a continuación se expone la codificación que se observa en los cuadros de mantenimiento.

○	Semanal	(S)
◇	Trimestral	(3M)
△	Cuatrimestre	(4M)
☆	Semestral	(6M)
□	Anual	(1A)

Este programa de mantenimiento tiene como base planes de años anteriores, además que conjuga un análisis de los cuadros de inspección detallados en el capítulo anterior de este trabajo, en los cuales se da ciertas observaciones ha ser tomadas en cuenta para mantener los equipos en condiciones de operación normal.

Este plan de mantenimiento anual es un documento sobre el cual se ha de apoyar un plan denominado de indisponibilidad que se lo expondrá mas adelante.

Además en el anexo 5 se puede observar el cuadro de mantenimiento de los generadores, cuadro sugerido por el constructor, dicho cuadro es aplicable solo en parte ya que en la actualidad los años de servicio de los equipos y los diferentes mantenimientos dados han cambiado ciertas características.

En los cuadros siguientes se muestra el plan anual para la central Illuchi 1.





#### **4.5. PROGRAMA DE INDISPONIBILIDAD.**

Este programa como su nombre lo dice propone una interrupción en el proceso de generación, dicha paralización obviamente será planificada con el único fin de impedir pérdidas para la empresa y para los usuarios.

El programa consta de los siguientes puntos:

- Equipo hacer interrumpido (sistema).
- Semanas de trabajo.
- Actividades ha realizarse.
- Fecha de inicio.
- Fecha de finalización.
- Descripción de trabajos.

El programa de indisponibilidad anual por mantenimiento, además de constar de los puntos antes mencionados hace una división en semanas de trabajo y no en meses para un mejor control de las actividades, el numero de semanas, numeradas del 1 al 52, en la que van hacer intervenidos, dicho formato se lo ilustra en el cuadro a continuación.



#### **4.6. PROGRAMA DE INSPECCIONES.**

En el capítulo anterior se mostraron unos cuadros de inspecciones, en este programa se muestra un reporte de inspecciones, aquí vale hacer una acotación sobre el procedimiento de inspección y los trabajos en si, su diferencia se nota en el contenido que se refiere a labores de desmontaje, ya que la inspección se lo realiza con el equipos en funcionamiento y/o detenido.

Los reportes de inspección son de gran valía al momento de proponer mejoras en el programa de mantenimiento, y en la elaboración de ordenes de trabajo.

En el cuadro que se presenta a continuación se detalla la actividad y la información correspondiente a la tarea realizada, dependiendo de su ejecución se puede definir en dos señales, satisfactorio e insatisfactorio, inclusive y si el caso lo amerita se puede adjuntar un informe ampliatorio, este formato puede estar sujeto a cambios de acuerdo a las necesidades de la central.



#### **4.7. REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.**

Este cuadro pretende dar una inicio para la creación de carpetas de vida para los equipos de generación de la central Illuchi 1, por lo cual se propone un cuadro que sea un registro del o las actividades de mantenimiento realizadas fuera del edificio de la central eléctrica Illuchi 1, el cual consta de:

- Número de OT.
- Fecha y hora de salida y entrada de los equipos.
- Descripción.
- Sistema fallido.
- Acción correctiva realizada.
- Número de horas hombre empleadas.

En este registro se llevara acabo un seguimiento del mantenimiento realizado por empresas externas a la Hidrocentral, pero para trabajos menores efectuados por personal de la misma empresa se utilizara un cuadro distinto al antes mencionado el cual se denomina historial de los equipos.

A continuación se muestra el formato ha emplearse para estos dos cuadros que darán inicio a la carpeta de vida, la cual facilitara un seguimiento continuo del estado de los equipos de generación.





#### **4.8. ORDEN DE TRABAJO.**

El objetivo básico de empleo para las ordenes de trabajo es el de organizar la ejecución de los trabajos ha realizarse en los equipos e instalaciones, además de ser una herramienta para la obtención de datos e información para el enriquecimiento de un futuro plan de mantenimiento.

Al interior de la central Illuchi 1 se pretende implementar el uso de ordenes de trabajo, las cuales se crearan de cada unidad de generación, una vez que se realimenta el programa, es decir que la información de actividades previstas dentro del plan de mantenimiento anual, semanal, etc., e incluso actividades de mantenimiento no planeadas, procederán a generar ordenes de trabajo las cuales se entregara al jefe de central.

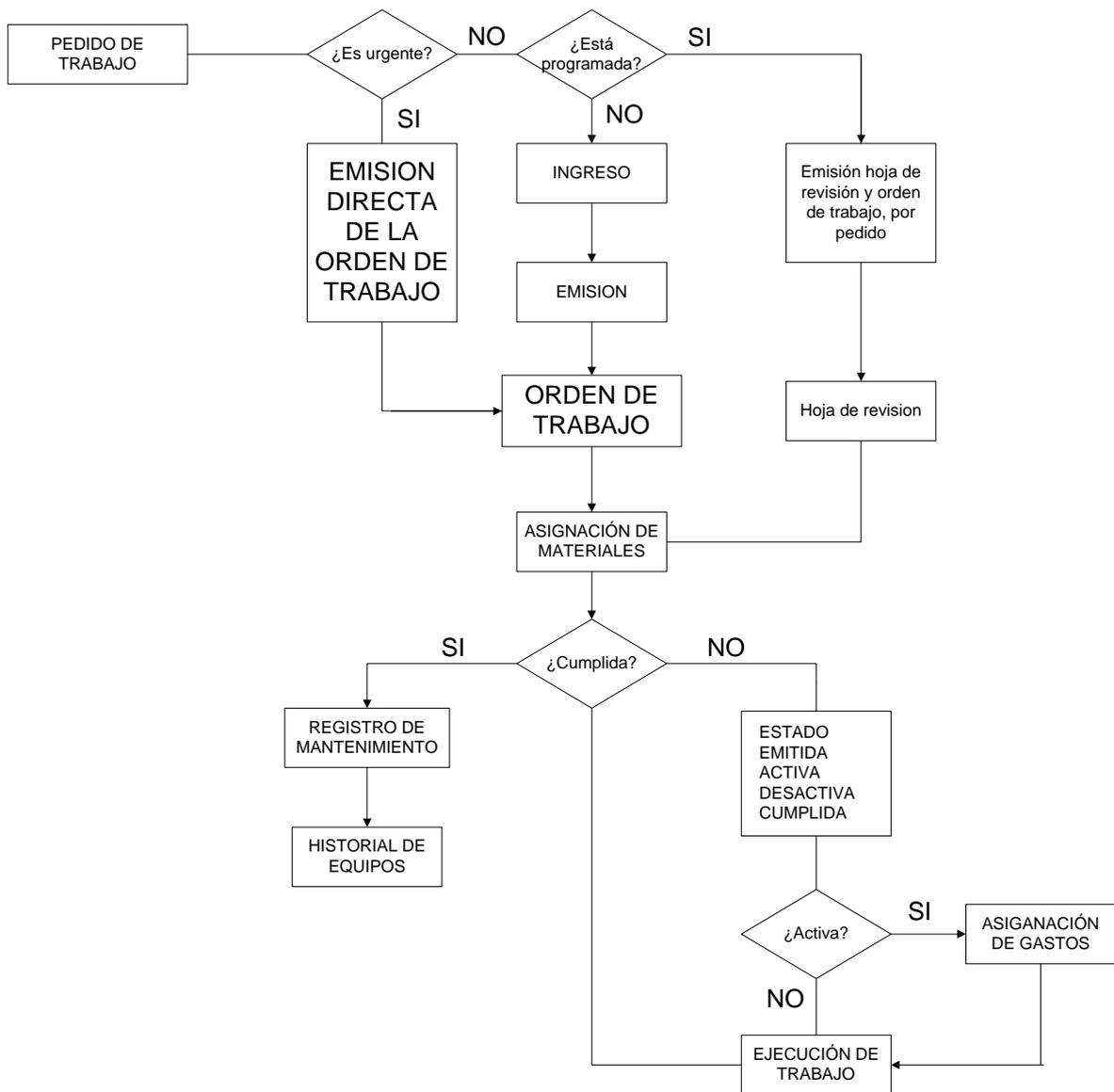
La central Illuchi 1 al no poseer un personal extenso para proceder a una división de áreas, no permite cumplir con ciertos requisitos de emisión para las ordenes de trabajo, para este caso concreto la persona que podrá emitir estas OT, sería el jefe del área de mantenimiento, se debe también tomar en cuenta que las ordenes de trabajo se originan de:

- El plan de mantenimiento.
- De las actividades de apoyo o de mantenimiento no programado.

Cabe resaltar que estas ordenes de trabajo también formarían parte de la carpeta de vida de cada equipo, es decir se convertirán en un documento histórico de actividades que serían de gran ayuda, el formato propuesto para esta orden de trabajo se lo expone en el siguiente gráfico.



Para complementar esta información sobre las hojas de trabajo se muestra el siguiente organigrama el cual indica como se debe procesar la información que ellas proporcionan, para la consecución de el plan anual de mantenimiento.



#### 4.9. REPORTE DE ANOMALÍAS.

Este documento será un apoyo para el control y análisis de resultados producidos por las ordenes de trabajo, este debe ser un reporte confiable debido

a que el documento en mención es una de las bases para plantear una reprogramación de trabajos e incluso ayuda a proponer mejoras al plan de mantenimiento.

El reporte de anomalías consta de:

- Fecha de inicio.
- Fecha de finalización
- Descripción del trabajo solicitado
- Descripción del trabajo efectuado
- Prioridad

El reporte de anomalías dentro de la programación de actividades es un documento que se maneja conjuntamente con las ordenes de trabajo los cuales son responsabilidad del jefe de área de mantenimiento, estos documentos deben ser analizados por un consejo encabezado por el jefe de centrales, el cual dará sus puntos de vista sobre la consecución de las tareas encomendadas, a la vez que en grupo propondrán mejoras para el futuro.

El formato propuesto se lo muestra en el cuadro a continuación:



## **CAPITULO 5.**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

- Toda empresa debe contar con una planificación de actividades encaminadas a la preservación de los equipos, sistemas e incluso de las obras civiles, todo esto buscando cumplir con las condiciones de calidad del servicio eléctrico como son: frecuencia, voltaje, secuencia y confiabilidad.
- El control de las actividades proporciona una visión adecuada de cómo se debe llevar la planeación de trabajos
- Al interior de la central se realizaba un mantenimiento correctivo el cual tiene muchas desventajas, ya que se lo efectúa cuando ocurre un daño.
- La implementación de ordenes de trabajo y de reportes de anomalías ayudaran a que la ejecución de los trabajos se han controlados y estos a su vez permitan delimitar el tiempo necesario para su realización.
- El plan de mantenimiento aquí mostrado puede ser adoptado por la central Illuchi 2, debido a que esta también es de similares características que la central 1.

- El personal que esta a cargo en la actualidad de la central es insuficiente para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.
- El taller no tiene la capacidad ni la herramienta suficiente para realizar ciertas actividades de mantenimiento.
- Durante esta experiencia se realizo una evaluación del estado de los equipos, los cuales a pesar de sus años de servicio, el rendimiento se conserva aún aceptable.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda implementar la creación de carpetas de vida de los equipos y grupos de generación de la central.
- En este trabajo se propone cuadros que ayuden a la inspección de los equipos de la central.
- Con este plan se busca mediante el mantenimiento programado tener el control sobre los equipos e instalaciones, permitiendo prevenir toda clase de dificultad.
- Se debe incrementar el numero de personas y crear el área de mantenimiento electromecánico, para de esta forma controlar mas exhaustivamente el correcto desempeño de los equipos.
- Se propone que el personal existente en la central realice capacitación sobre aspectos técnicos y también sobre actividades de mantenimiento.

- Se recomienda verificar el tonelaje del puente grúa, ya que en mantenimientos realizados en años anteriores se ha encontrado ciertas dificultades.
- Determinar resultados, novedades sobre el plan de mantenimiento en base a reuniones de trabajo, para así proponer mejoras futuras al plan aquí propuesto.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- Enríquez Harper G: Elementos de diseño de subestaciones eléctricas, Limusa, México, 1985.
- Ricardo Yesares Blanco: Turbinas Hidráulicas, México, 1989.
- Enrique Dounce Villanueva: La productividad en el mantenimiento industrial, CECSA, México, 2001.
- Manés Fernandez Cabanas: Técnicas para el mantenimiento y diagnostico de maquinas eléctricas rotativas, ABB Service S.A.
- Marks: Manual del Ingeniero Mecánico, México, 1995.
- Vásquez R: Estaciones de Transformación y Distribución.
- Ing. Fausto Yugcha V: Administración del mantenimiento de subestaciones.
- Brown Boveri BBC: Manual de operación y mantenimiento de generadores.
- [www.mantenimientoalamedida.com/manual/c6\\_e.htm](http://www.mantenimientoalamedida.com/manual/c6_e.htm)
- [www.paraninfo.com\GEA - Generación de Energías Alternativas.htm](http://www.paraninfo.com\GEA - Generación de Energías Alternativas.htm)