### Instituto Tecnológico de tuxtla gutiérrez

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ







### INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

### INGENIERIA INDUSTRIAL

PRESENTA:

GONZÁLEZ HERNÁNDEZ HUBER DOVISEL

**CONTROL:** 

07270666S

### **NOMBRE DEL PROYECTO:**

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN EL ÁREA ELÉCTRICA DE LA C.H. BOMBANÁ DE CFE.

### **ASESOR:**

**ING.EDALI RAMOS MIJANGOS** 

### PERIODO DE REALIZACION:

**ENERO-JUNIO 2012** 

### Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN EL ÁREA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANA DE CFE.

# Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

	PÁGINA
ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN.	01
CAPÍTULO I.	
CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y DIMENSIÓN DEL PROBLEMA.	04
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	05
1.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO.	05
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	06
1.4 HIPÓTESIS.	06
1.5 ALCANCES.	07
1.6 LIMITACIONES.	07
CAPÍTULO II.	
ANTECEDENTES DE LA EMPRESA CFE, CENTRAL HIDROELÉCTRICA	80
BOMBANÁ.	
2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.	09
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	12
BOMBANÁ.	
2.2.1 PRESA DERIVADORA.	13
2.2.2 CORTINA VERTEDOR.	13
2.2.3 DESARENADOR.	13
2.2.4 OBRA DE TOMA DEL CANAL DE CONDUCCIÓN.	13
2.2.5 CANAL DE CONDUCCIÓN.	14
2.2.6 SIFÓN.	14
2.2.7 TANQUE DE REGULACIÓN.	14
2.2.8 TUBERÍA DE PRESIÓN Y OBRA DE TOMA.	14
2.2.9 CASA DE MÁQUINAS.	15
2.2.10 TABLERO DE CONTROL.	15

ITTG Página ii

## Instituto Tecnológico de tuxtla gutiérrez

2.3	MISIÓN,	VISIÓN,	VALORES,	POLÍTICAS,	PILARES,	15
CON	MPROMISOS (	OBJETIVOS	DE LA CFE.			
2	2.3.1 MISIÓN	l.				15
2	2.3.2 VISIÓN					16
2	2.3.3 VALOR	ES.				16
2	2.3.4 POLÍTI	CAS.				17
2	2.3.5. PILARE	S.				18
2	2.3.6 COMPF	ROMISOS	OBJETIVOS.			18
2.4	UBICACIÓN	DE LA EMP	RESA.			18
2.5	GIRO DE LA	EMPRESA.	1			19
2.6	ORGANIGRA	MA DE LA	CENTRAL HIDI	ROELÉCTRICA I	BOMBANÁ.	19
2.7	PLANO DE L	OCALIZAC	IÓN.			20
CAP	ÍTULO III.					
DES	CRIPCIÓN DE	LOS EQU	IPOS DEL ÁRE	A ELÉCTRICA D	E LA	21
CEN	TRAL HIDRO	ELÉCTRICA	A BOMBANÁ.			
3.1 [	DIAGRAMA E	LÉCTRICO	UNIFILAR DE L	A CENTRAL		22
HIDI	ROELÉCTRIC	A BOMBAN	IÁ.			
3.2 [	DEFINICIÓN D	E LOS EQU	JIPOS DEL ÁRE	A ELÉCTRICA I	DE LA	23
CEN	TRAL HIDRO	ELÉCTRICA	A BOMBANÁ.			
;	3.2.1 BANC	O DE BATE	RÍAS.			23
;	3.2.2 GENER	ADOR ELÉ	CTRICO.			24
	3.2.2.1 E	STATOR.				25
	3.2.2.2 R	OTOR.				25
	3.2.2.3 B	OBINAS.				26
	3.2.2.4 A	NILLOS RO	ZANTES.			27
	3.2.2.5 P	ORTA ESC	OBILLAS.			27
	3.2.2.6 T	RANSFORM	MADOR DE POT	ENCIAL.		28
	3.2.2.7 T	RANSFORM	MADOR DE COF	RRIENTE.		29

ITTG Página iii

## Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

3.2.3 REGULADOR DE VOLTAJE.	29
3.2.3.1 TABLILLA DEL PUENTE RECTIFICADOR.	30
3.2.3.2 TABLILLA DE LA QUEBRADORA DE CAMPO.	31
3.2.4 TRANSFORMADOR ELEVADOR DE POTENCIA.	32
3.2.5 INTERRUPTOR DE POTENCIA.	33
3.2.6 CABLES DE POTENCIA.	34
3.2.7 CUCHILLAS SECCIONADORAS.	35
3.2.8 BUS.	37
3.2.9 TABLERO DE CONTROL.	38
CAPÍTULO IV.	
FUNDAMENTO TEÓRICO.	39
4.1 DEFINICIONES.	40
4.2 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO.	42
4.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).	42
4.4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL MANTENIMIENTO	44
PRODUCTIVO TOTAL.	
4.5 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	45
4.6 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO	45
TOTAL.	
4.7 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	46
4.8 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	46
4.9 PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	48
4.10 CONCEPTO DE AVERÍA.	54
4.11 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS.	55
4.12 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO	56
PRODUCTIVO TOTAL.	
4.13 ETAPAS EN LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	64

ITTG Página iv

### Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

ESPECIALIZADO.	
4.14 CONCEPTO DE EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS (OEE).	66
4.14.1 IMPORTANCIA DE EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS	67
4.15 PRODUCTIVIDAD TOTAL EFECTIVA DE LOS EQUIPOS.	68
4.16 MEDICIÓN DE EFICIENCIA EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO	71
TOTAL.	
CAPÍTULO V.	
SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.	73
5.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL	74
HIDROELÉCTRICA BOMBANÁ.	
5.2 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO.	75
5.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS PARO INADECUADOS	76
DE LOS EQUIPOS.	
5.4 INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA.	77
5.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.	78
5.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS	80
EQUIPOS ELÉCTRICOS.	
5.6.1 INTERPRETACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS.	81
5.7 ESTRATEGIAS PARA ELIMINAR LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS.	82
CAPÍTULO VI.	
PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO	84
TOTAL EN LA C.H. BOMBONÁ.	
6.1 OBJETIVOS.	85
6.2 CAPACITACIÓN AL PERSONAL.	85
6.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	86
AUTÓNOMO EN EL ÁREA ELÉCTRICA DE LA C.H. BOMBONÁ.	
631-MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	87

### Instituto Tecnológico de tuxtla gutiérrez

6.4 GRUPOS AUTÓNOMOS.	90
6.5 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN EN LA	91
C.H. BOMBANÁ.	
6.6 MANTENIMIENTO PLANIFICADO.	97
6.7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS	99
EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE CONFORMAN LAS UNIDADES	
GENERADORAS DE LA C.H. BOMBANÁ.	
6.7.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO.	100
6.7.2 MANTENIMIENTO MENOR.	105
6.7.3 MANTENIMIENTO MAYOR.	107
CAPÍTULO VII.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	110
CONCLUSIONES.	111
RECOMENDACIONES.	112
GLOSARIO.	113
ANEXOS.	115
REFERENCIAS.	124
PÁGINAS WEB.	125

ITTG Página vi

# Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

### LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA.	10
FIGURA 2.2 LOCALIZACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÁ.	20
FIGURA 3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	22
BOMBANÁ.	
FIGURA 3.2 BANCO DE BATERÍAS.	23
FIGURA 3.3 GENERADOR.	24
FIGURA 3.4 ESTATOR.	25
FIGURA 3.5 ROTOR.	26
FIGURA 3.6 BOBINAS.	26
FIGURA 3.7 ANILLOS ROZANTES.	27
FIGURA 3.8 PORTA ESCOBILLAS.	28
FIGURA 3.9 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL.	28
FIGURA 3.10 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.	29
FIGURA 3.11 REGULADOR DE VOLTAJE.	30
FIGURA 3.12 TABLILLA DEL PUENTE RECTIFICADOR.	31
FIGURA 3.13 TABLILLA DEL CAMPO DE EXCITACIÓN.	32
FIGURA 3.14 TRANSFORMADOR ELEVADOR.	33
FIGURA 3.15 INTERRUPTOR DE POTENCIA.	33
FIGURA 3.16 CABLES DE POTENCIA.	34
FIGURA 3.17 CUCHILLAS SECCIONADORAS.	37
FIGURA 3.18 BUS.	37
FIGURA 3.19 TABLERO DE CONTROL.	38

ITTG Página vii

## Instituto Tecnológico de tuxtla qutiérrez

LISTA DE TABLAS.	
TABLA 4.1 DIFERENCIAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	43
TABLA 5.1 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS.	74
TABLA 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PAROS INADECUADOS DE LOS	77
EQUIPOS.	
TABLA 5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS.	81
TABLA 6.1 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE LA	86
CENTRAL. HIDROELÉCTRICA BOMBONÁ.	
TABLA 6.2 LISTA DE VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	89
RUTINARIO.	
TABLA 6.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES AISLANTES.	95
TABLA 6.4 ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR PARA	100
CADA UNIDAD GENERADORA .	
TABLAS 6.4 .1-6.4.12 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE CADA	101
MES.	
TABLA 6.5 ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR PARA	105
CADA UNIDAD GENERADORA EN EL MANTENIMIENTO MENOR.	
TABLA 6.5.1-6.5.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MENOR.	106
TABLA 6.6 ESPECIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR PARA CADA	108
UNIDAD GENERADORA EN EL MANTENIMIENTO MAYOR.	
TABLA 6.7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR.	109
LISTA DE DIAGRAMAS	
DIAGRAMA 6.1 ORGANIGRAMA DE LA C.H. BOMBANÁ.	19
DIAGRAMA 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PAROS INADECUADOS DE LOS EQUIPOS.	76
DIAGRAMAS 6 2 IDENTIFICACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS	80

**ITTG** Página viii

### Instituto Tecnológico de tuxtla gutiérrez

### LISTA DE ANEXOS.

ANEXO A: ORDEN DE MANTENIMIENTO PARA LAS UNIDADES	115
GENERADORAS.	
ANEXO B: FORMATOS PARA REALIZAR PRUEBAS ELÉCTRICAS EN LOS	117
EQUIPOS ELÉCTRICOS.	
ANEXO C: COMPONENTES DEL CABLE DE POTENCIA.	122
ANEXO D: MANTENIMIENTO AL GENERADOR.	122
ANEXO E: MANTENIMIENTO AL TRANSFORMADOR.	123

ITTG Página ix





### INTRODUCCIÓN.

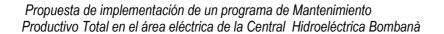
La central hidroeléctrica Bombanà es una de las centrales que se encarga de generar energía eléctrica para las zonas rurales, es una de las centrales más importantes del estado de Chiapas.

A medida que va cambiando los tiempos, es cada vez más difícil para toda empresa, debido al proceso de cambio acelerado, la globalización y la competitividad, es por ello que en la actualidad las empresas deben de ser flexibles a los cambios que demanda el cliente para satisfacer sus exigencias.

Día con día las exigencias del cliente son cada vez más mayores y si una central hidroeléctrica no le proporciona lo que requiere, habrá otra central la cual podrá satisfacer y en ocasiones exceder en los requerimiento que el cliente demanda, esto marca el inicio del nivel competitivo y por ello las empresas tienen que estar en constante generación ya que existen otros tipos de centrales como es la eólica y termoeléctrica.

Sin embargo CFE es una empresa de clase mundial que hoy en día se ve afectada por problemas de mantenimiento y es por ello que por objetivo, obtener una mayor eficiencia de la maquinaria, mayor involucramiento del personal de producción, así como el incremento en la productividad para la empresa, a través de la implementación de un programa de mantenimiento autónomo y preventivo de manera específica en el área eléctrica.

Para lograr esto existe una gran diversidad de métodos y técnicas aplicables a cualquier organización o empresa, cabe mencionar que en cada organización se generan problemas diferentes y de esto depende seleccionar la técnica más adecuada y eficiente que dará pauta para solucionar el problema.







Debido a las condiciones en la que se encuentra la Central Hidroeléctrica Bombanà, de acuerdo a los equipos instalados y el personal refleja una baja disponibilidad de los equipos.

El llevar a cabo un programa de mantenimiento productivo total es muy importante para las centrales hidroeléctricas, ya que es un sistema diseñado para facilitar el desarrollo de la industria y la cual este tipo de programa de mantenimiento se apoya de todo el personal que compone la empresa. Su principal objetivo es lograr la eficiencia del mantenimiento productivo a través de un sistema compresivo, basado en el respeto a los individuos y en la participación total de los empleados.

Debido a eso se propone llevar a cabo el mantenimiento autónomo ya que es una técnica basada en la participación activa por parte de los trabajadores en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos, con actividades a realizar no complicadas, como lo son, limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.

Además se propone el programa de mantenimiento preventivo porque se considera como una serie de actividades programadas para prevenir fallos en el equipo, con el fin de reducir al máximo las interrupciones en el servicio que proporciona y una disminución excesiva, también este tipo de mantenimiento sirve para evitar costosas interrupciones que puedan ocurrir cuando no existen planes y sintetizados de mantenimiento de este tipo.

El aplicar estos dos tipos de mantenimiento se obtendrán grandes beneficios tanto para a la empresa como el personal de trabajo y principalmente se logrará el mejoramiento de la productividad para adquirir un conjunto de equipo e instalación eficaz.

En esta residencia se propone el mantenimiento productivo total con el objetivo y la finalidad de ser más competentes con las demás centrales; este trabajo consta de los siguientes capítulos:





Capítulo I: Esta constituido con la caracterización del proyecto y sus problemas

Capítulo II: Se hace descripción de la empresa como los valores y los pilares con los que cuenta y de la Central Hidroeléctrica Bombanà, se describe como está conformada toda la central y sobre todo la ubicación.

Capítulo III: Descripción de los equipos del área eléctrica de la central hidroeléctrica Bombanà: generador, regulador de voltaje, transformador, interruptor, cuchillas seccionadoras, bus, tableros de control, etc.

Capítulo IV: Se describe el programa de mantenimiento productivo total y los diferentes tipos de mantenimientos que existen, además de describe, sus ventajas, sus objetivos, los pasos, los pilares, etc.

Capítulo V: Se hace mención sobre la situación actual de la empresa, en el cual se describen los factores que afectan a la empresa, se mencionan las seis grandes pérdidas, además se hace mención sobre algunas recomendaciones o estrategias para eliminarlas.

Capítulo VI: Se mencionan los equipos que conforman el área eléctrica y se proponen las actividades a realizar con su respectivo programa de mantenimiento, es decir el mantenimiento autónomo y el mantenimiento preventivo que a la ves este tipo de mantenimiento se divide en los siguiente; rutinario, menor y mayor.

Capítulo VII: Se menciona la conclusión y las recomendaciones que se hacen para la central hidroeléctrica, con el propósito de obtener buenos resultados en cuanto a la implementación del programa de mantenimiento.





### **CAPÍTULO 1**

### CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y DIMENSIÓN DEL PROBLEMA.





### 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Central Hidroeléctrica Bombanà es una planta generadora de electricidad que es parte de la empresa de CFE y se considera como una de las plantas más importantes del estado de Chiapas debido a la cantidad de energía que genera.

En cuanto a la demanda de los clientes la C.H. Bombaná tiene la necesidad de aumentar la generación de electricidad para abastecer todas las demandas, ya que se encuentran otras plantas que se dedican a la generación de electricidad; es decir como las Centrales Hidroeléctricas de Minas, Centrales Hidroeléctricas Eólicas. Es por ello que al no contar con un programa de mantenimiento productivo total establecido, se corre el riesgo de que estos problemas continúen, ocasionando un problema para la empresa, además de disminuir su generación, ya que si un generador se encuentra ocioso debido a una falla eléctrica la empresa estaría perdiendo una gran cantidad de recursos para su beneficio.

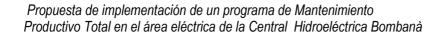
### 1.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO

### **Objetivo General**

Disminuir en los equipos las averías y fallos que se presentan en el área eléctrica, mejorando la fiabilidad de los equipos empleando su capacidad industrial instalada, mediante la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

### **Objetivos Específicos**

- ❖ Analizar los puntos críticos de los equipos del área eléctrica para realizar el TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- Implementar el TPM en el área eléctrica.
  - Mediante un estudio de los equipos para saber sus puntos críticos
  - Capacitando el personal del área eléctrica sobre el mantenimiento autónomo que se implementara.







Crear en los operarios un hábito de llevar a cabo el programa de mantenimiento autónomo.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto es importante para la empresa porque no existe un tipo de mantenimiento especificado para el área eléctrica, se requiere que la empresa adquiera un programa de mantenimiento que ayude a incrementar la eficiencia de las máquinas, reduzca las horas muertas por paros no programados, además de que cambie la lectura de la empresa de no pensar solamente en generar, sino también de conservar sus equipos en óptimas condiciones.

Las amplias ventajas que ofrece el TPM (Mantenimiento Productivo Total) a diferencia de otras tendencias enfocadas a la mejora, lo convierte en un elemento imprescindible en el campo industrial. Esto hace no solo aconsejable; si no prioritario que se aplique su estudio para todas aquellas empresas que se desarrollan en los campos de la industria, para disminuir los paros no programados en los equipos y que dará como resultado reducir los costos que hoy en día existe, además de reducir el riesgo de tener problemas con el flujo continuo de generación de electricidad.

### 1.4 HIPÓTESIS

Elaborar un sistema de mantenimiento productivo total en el área eléctrica de la C.H. Bombanà de CFE en la Col. Francisco Sarabia del municipio de Soyalò, Chiapas obteniendo una planeación adecuada del TPM (Mantenimiento Productivo Total), para que las máquinas generadoras continúen en la generación de la electricidad y lograr la satisfacción del cliente.



### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà



### 1.5 ALCANCES

- Implementación de TPM en el área eléctrica
- Reducción de horas muertas por paros no programados
- Lograr la generación de electricidad requerida para la central con un mínimo de fallos por los equipos que conforman el área eléctrica.
- Evitar el deterioro temprano de los equipos del área eléctrica.

### 1.6 LIMITACIONES

- ❖ Falta de cursos para la implementación del Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica debido a que no se contaba con un buen programa de mantenimiento.
- \* Resistencia al cambio por parte del personal que opera los equipos.
- Información de los equipo por parte del departamento de mantenimiento para marcar los puntos críticos de cada uno de ellos.
- Falta de existencia de repuestos de los equipos
- Información de los equipo por parte del departamento de mantenimiento para marcar los puntos críticos de cada uno de ellos.





### CAPÍTULO II

ANTECEDENTES DE LA
EMPRESA CFE, CENTRAL
HIDROELÉCTRICA
BOMBANÀ





### 2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA CFE

Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa pública encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano.

El uso de la electricidad en la República Mexicana se inició en el año de 1879, con la instalación de una central termoeléctrica en la ciudad de León Guanajuato, para satisfacer la demanda de energía de una empresa textil. En 1891 se establece en la ciudad de México la Compañía Mexicana de gas y luz eléctrica, primera empresa dedicada a la generación y venta de energía eléctrica para alumbrado público, transporte urbano y uso doméstico.

Al consolidarse el triunfo de la Revolución y con base ya en la constitución política de 1917, el gobierno empezó propiamente a ocuparse del servicio público de energía eléctrica, lo que correspondió a la Secretaria de Industria, Comercio y Trabajo. El sistema bajo el que operaban las empresas eléctricas, era el de concesiones, mismas que se multiplicaron más en función de los intereses de los concesionarios que las necesidades del país.

El gobierno se enfrentó entonces a la necesidad de prever que se llevara la energía eléctrica a la pequeña y mediana industria, al campo y en general a todos los centros de población que carecían de ella.

CFE fue fundada el 14 de agosto de 1937 siendo presidente de los Estados Unidos Mexicanos, el General Lázaro Cárdenas del Rio, en ese entonces México tenía 18.3 millones de habitantes de los cuales, solo siete millones de mexicanos contaban con suministro eléctrico que era proporcionado con serias dificultades, por lo que las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas.

Además, las empresas encargadas del suministro no permitía el desarrollo del país porque únicamente se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, dejando a un lado las poblaciones rurales (ver figura 3.2).







Fig. 2.1 identificación de la, C.H. Bombanà) encargada de generar energía eléctrica para las poblaciones rurales.

En uso de las facultades extraordinarias que le concedió el Congreso de la Unión en materia de industria eléctrica expidió en la ciudad de Mérida Yucatán, la ley que creó la CFE con el objeto de organizar un sistema de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica basados en principios técnicos-económicos, sin propósito de lucro y con la finalidad de obtener a un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales.

Desde su creación y hasta el año de 1949, los trabajos de la Comisión Federal de electricidad fueron de poca significación, puesto que no contaba con los recursos





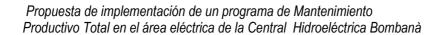
económicos, técnicos y humanos, suficientes para emprender proyectos a nivel nacional.

El 14 de enero de 1949 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el decreto que confiere a la Comisión Federal de Electricidad el carácter de organismo público, descentralizado con personalidad jurídica y patrimonios propios.

A partir de esa fecha fue notable su desarrollo y desde entonces la institución se ha esforzado por servir con lealtad a los intereses básicos para el desarrollo de México. Antes de su fundación, el suministro eléctrico era proporcionado por tres compañías privadas, The Mexican Light and Power Company, en el centro; el consorcio The American and Foreign Power Company, con tres sistemas interconectados en el norte y, la Compañía Eléctrica de Chápala, en el occidente de México.

Sin embargo en el año de 1960 se adquirió la mayoría de las acciones que constituían el capital de the Mexican Light and Power Co. En virtud de que la asamblea de esta empresa se encontraba señalada para el 26 de septiembre, el día 27 se tomó posesión de la misma, quedando registrado en la historia de México el 27 de septiembre de 1960 como el día de la nacionalización del servicio público de energía eléctrica.

Una de las acciones transcendentes que se han tomado para garantizar el desarrollo del país, en la industria, en el campo y en la sociedad en general, fue la nacionalización del servicio público de energía eléctrica, con la cual la Comisión Federal de Electricidad (CFE), inicio la consolidación de su estructura, para llevar





a cabo los planes de integración y sentar bases firmes para la prestación de dicho servicio.

Durante el régimen de Porfirio Díaz, se otorgó el sector eléctrico el carácter de servicio público. Justamente en esa época se colocaron las primeras 40 lámparas de arco en la plaza de las constitución, conocida actualmente como el zócalo del distrito federal, a los que sigue el alumbrado de la alameda central con 100 lámparas y más tarde la iluminación eléctrica de la entonces calle de reforma y otras más del centro de la capital Mexicana.

Al iniciarse el siglo XX, México contaba con una capacidad de 31.0 Mega Watts. Propiedad de empresas privadas; para 1910 eran 50.0 Mega watts. De los cuales 80% lo generaba the mexican light and power company, gracias al desarrollo, en los años 1900-1905, se construye el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en el estado de puebla.

En ese periodo comenzó el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la comisión nacional para el fomento y control de la industria de generación y fuerza, conocida posteriormente como comisión nacional de fuerza matriz.

### 2.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA C.H BOMBANÁ.

La Central Hidroeléctrica Bomboná (C.H. Bombanà) fue fundada el 3 de marzo de 1951 siendo presidente de la republica el C. Lic. Miguel Alemán y director general de la Comisión Federal de Electricidad el C. Ing. Alejandro Páez Urquidi.





La construcción de esta Central fue con el propósito de aprovechar el agua ya que este tipo de centrales se consideran con menor riesgo para la salud de los trabajadores y libre de contaminación para el medio ambiente.

La central está conformada de la siguiente forma.

### 2.2.1 Presa Derivadora

Se cuenta con una presa derivadora de agua a 5 km de la central, aguas arriba de la confluencia de los ríos. El material utilizado es mampostería de piedra con mortero de cemento y protegida con una carpeta de concreto armado.

### 2.2.2. Cortina y vertedor

La cortina es de tipo gravedad con una longitud de 35 metros su altura máxima sobre el lecho del rio es de 4 metros, la base es de 10.30 metros, esta aclarada por tres machones de mampostería de piedra y mortero de cemento, en toda la longitud.

### 2.2.3 Desarenador

Se cuenta con un desarenador que está construido de concreto reforzado. Los muros divisorios tiene una altura de 1.50 metros, una longitud de 7.00 metros y un espesor de 0.70 metros.

### 2.2.4 Obra de toma del canal de conducción

La toma del canal de conducción se encuentra adyacente al desarenador con una longitud paralelo al de la cortina, la construcción tiene una altura de 5.50 metros la parte superior tiene 5.60x 4.10 metros y con pendiente del talud 0.5, la obra tiene instaladas dos compuertas verticales de 0.90x 0.61 metros para dar paso al agua de la presa del canal.





### 2.2.5 Canal de conducción

Para llevar el agua de la presa hacia la casa de máquinas, se tiene el primer término en canal, que está construido del lado izquierdo del rio. La sección es trapezoidal y tiene de base 1.15 metros, de altura 1.75 metros, y de garganta 2.03 metros.

### 2.2.6 Sifón

El canal de descarga en un sifón de tubo de fierro, existiendo entre ambos una obra de toma para el sifón.

El sifón es el término de la conducción del canal conduciéndolo al tanque regulador, en sifón está distribuido por dos tubos de fierro que tiene una longitud de 416.50 m, un diámetro interior de 0.762 metros, y para un gasto de 2.00 m/seg. Está formado por varios tramos de tubos de 2.03 metros, de largo, unidos con soldadura eléctrica. El espesor de la lámina es de 7.935 metros.

### 2.2.7 Tanque de regulación

El tanque regulador es donde se recibe toda el agua que conduce el sifón descargando aproximadamente de 10 000 m3 de capacidad. La selección de los muros de forma trapezoidal algo irregular, la longitud de los muros es de 250.70 metros.

### 2.2.8 Tubería de presión y obra de toma

El tanque de regulación cuenta con un canal en donde está construido la obra de toma y tubería de presión. La obra de toma tiene 6.30 metros, de altura, 3.45 metros, de ancho y 12.00 metros, de largo. El tanque cuenta con dos rejillas inclinadas cerca de la compuerta para la obtención de cuerpos flotantes, está construida de solera de fierro plano espaciadas 0.05 metros. De cara a cara.

La tubería de presión está compuesta por dos tubos de acero que alimentan con agua a presión las turbinas hidráulicas en la casa de máquinas. Su longitud hasta





la bifurcación es de 443.75 metros, y de esta a las bridas para la válvula principal, corren dos tuberías también de acero con 11.09 metros de longitud, reduciendo el diámetro de 24 a 14 pulgadas, la altura 900aprovechada es de 270.51 metros.

### 2.2.9 Casa de máquinas

El edificio de casa de máquinas está construido con cimentación de piedra, techo y estructura de concreto armado y muros de tabique.

La distribución del edificio comprende los elementos siguientes:

Sala de máquinas o unidades, sala de tableros, departamento para oficinas, cuarto de las plantas de emergencia, cuarto de baterías, cuarto para bodegas \*eléctrico y mecánico\* y sanitarios.

### 2.2.10 Tablero de control

El tablero de control es abierto, utilizado para control de los circuitos de la planta.

2.3 MISIÓN, VISIÓN, VALORES, POLÍTICAS, PILARES, COMPROMISOS OBJETIVOS DE LA CFE.

### 2.3.1 Misión:

Asegurar la generación de energía eléctrica con calidad: oportunidad, seguridad y costos competitivos; promoviendo el desarrollo integral y profesional de las personas, en memoria con el entorno ecológico y social, para contribuir con el desarrollo sustentable del país.





### 2.3.2 Visión:

Ser líder a nivel nacional en la generación de energía eléctrica con estándares de energía eléctrica con estándares de desempeño de clase mundial, que se distinga por el compromiso y profesionalismo de su personal, por su autonomía de gestión, uso de tecnología de vanguardia y de fuentes de energía diversificada.

### 2.3.3 Valores:

**Responsabilidad:** Cumplir con los compromisos adquiridos con cada una de las personas que integran nuestros centros de trabajo.

**Honestidad:** ser congruente entre lo que pensamos y lo que mostramos a través de conductas éticas y morales dentro y fuera de los centros de trabajo.

**Respeto:** analizar las posibilidades de hacer o no hacer y entendiendo donde comienzan las posibilidades de los demás, reconocemos, apreciamos y valoramos las capacidades y habilidades de nuestros compañeros por su conocimiento, experiencia y/o valor como personas.

Lealtad: nos comprometemos a defender los intereses legítimos de la institución.

**Bien común:** todas las decisiones y acciones están dirigidas a satisfacer las necesidades e intereses de la sociedad, por encima de intereses particulares, sin permitir que influyan en nuestros juicios y conductas.





**Actitud de servicio:** mantener siempre una actitud de servicio y colaboración hacia los demás dentro y fuera de nuestros centros de trabajo.

**Dignidad:** comportamiento con decoro con los integrantes de nuestros centros de trabajo y con la sociedad en general.

**Justicia:** conducir invariablemente con apego a las normas jurídicas inherentes a la función que desempeñamos, respetando el estado de derecho como una responsabilidad que como servidores públicos asumimos y cumplimos más que nadie.

**Honradez:** utilizar cargos para servir a los demás enalteciendo siempre nuestro desempeño como servidores públicos.

**Equidad:** prestar los servicios que se nos encomiendan a todos los miembros de la sociedad que tengan derecho a recibirlos sin importar el sexo, edad, raza, credo, religión, preferencia política, ni permitiendo que circunstancias ajenas propicien el cumplimiento de la responsabilidad que ha sido asignado.

**Integridad:** Actuar con integridad atendiendo siempre a la verdad, fomentando así la credibilidad de la sociedad en las instituciones públicas y contribuyendo a generar una cultura de confianza y de apego a la verdad.

### 2.3.4 Políticas:

- Desarrollar el capital humano
- Cumplir la legislación ambiental, de seguridad, salud y otros requisitos aplicables.
- Prevenir la contaminación.
- Prevenir los riesgos para la seguridad y salud del personal.
- Preservar la integridad física de la propiedad
- Mejorar continuamente la eficacia del sistema integral de gestión.





### 2.3.5 Pilares:

**Nueva infraestructura:** Concluir en tiempo y forma las obras de infraestructura que le corresponden a la Comisión Federal de Electricidad en el marco del programa nacional de infraestructura.

**Energías limpias:** Redoblar el impulso a la energía limpia y las fuentes renovables, para contribuir al desarrollo y la viabilidad de México.

**Modernización zona centro:** Continuar mejorando el servicio en el área central del país, con el objetivo de alcanzar los estándares en todo el territorio nacional.

**Transparencia y rendición de cuentas:** Fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas, componentes esenciales de un gobierno democrático.

**Atención a clientes:** Mejorar la calidad y eficiencia en los servicios y la atención a clientes.

### 2.3.6 Compromisos y Objetivos:

- Ser conocido por nuestros usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- Promover la alta calificación y desarrollo de trabajadores y directivos de C.F.E.
- Mantenernos como la más importante empresa de energía eléctrica nacional.
- Operar sobre las bases de indicadores internacionales en materia de productividad y tecnología.

### 2.4 Ubicación de la empresa.

La (C.H. Bombanà) Central Hidroeléctrica Bomboná es propiedad de la comisión federal de electricidad, está situada en la Col. Francisco Sarabia municipio de Soyalò Chiapas.





### 2.5 Giro de la empresa.

La empresa C.F.E es de clase mundial, es una de las empresas más reconocidas del mundo por su alta capacidad tecnológicas en máquinas generadoras de electricidad, da un buen servicio y satisface las necesidades de la sociedad.

### 2.5 ORGANIGRAMA DE LA C.H.BOMBANÀ.

La C.H. Bombanà se encuentra distribuido con los siguientes departamentos o áreas (ver diagrama 2.1).

- > Subgerencia.
- Auxiliar administrativo.
- Departamento civil, mecánico, eléctrico.
- Sala de tableros.
- Servicios generales.

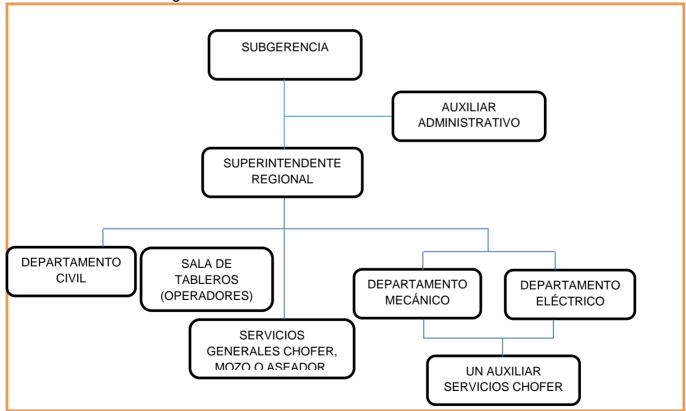


DIAGRAMA 2.1 Organigrama de la Central Hidroeléctrica Bombanà





### 2.6 PLANO DE LOCALIZACIÓN.

En el plano de localización se observa las ubicaciones de las diferentes centrales hidroeléctricas, en la cual se logra a localizar la central hidroeléctrica bombanà. (Ver figura 2.2).



Figura 2.2 Localización de la Central Hidroeléctrica Bombanà





### CAPÌTULO III

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÀ.





### 3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÀ.

De acuerdo al diagrama unifilar que presenta la central hidroeléctrica bombanà, se logran a identificar los diferentes equipos eléctricos en operación que son; generador, transformador, interruptor, cuchillas, etc. (ver figura 3.1).

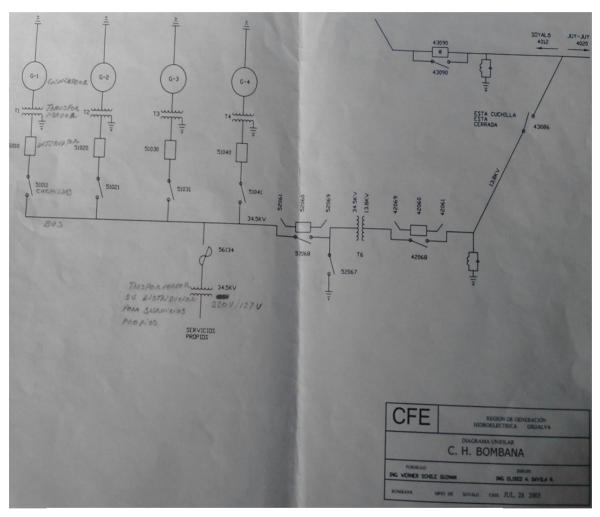


Figura.3.1 Diagrama unifilar de la Central Hidroeléctrica Bombanà





### 3.2 DEFINICIÓN DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA ELÉCTRICA DE LA C.H. BOMBANÁ.

### 3.2.1 Banco de baterías:

Es la que tiene la capacidad para proporcionar grandes cantidades de energía de manera instantánea y con seguridad son considerados como un equipo de protección de circuitos vitales en la generación de energía y en subestaciones (ver figura 3.2).

Sin embargo estos bancos de baterías con la que se cuenta en la central son prioritarios ya que es la que le inyecta 120 volts de corriente directa para que el generador pueda funcionar y la cual comience a generar la corriente eléctrica alterna.



Fig.3.2 Banco de baterías





### 3.2.2 Generador eléctrico:

Es el equipo más importante de las centrales hidroeléctricas, ya que transforma la energía mecánica que recibe de la turbina en energía eléctrica que entrega a la subestación. Todo equipo de las centrales tiene por objeto lograr la correcta operación del generador, puesto que son las que generan la energía eléctrica, que es la razón de la existencia de las centrales generadoras de electricidad.

La turbina al recibir el impulso, hace girar al rotor del generador, por lo cual se dice que le entrega su energía mecánica. El excitador es un generador de corriente directa (C.D), la que es alimentada al rotor del generador para que se genere la energía eléctrica. Esa energía generada, es de corriente alterna, con una frecuencia de 60 Hz (ciclos por segundo) con una tensión de 2.4 Kv y una potencia real de 5 240 Watts. Debido a que este generador produce una corriente alterna, se le llama también alternador. La turbina por razones de eficiencia debe girar a 600 rpm y se acopla directamente al alternador<sup>1</sup>.

Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura denominada estator (ver figura 3.3).

El generador está formado por los siguientes equipos en conjunto que son:



Fig.3.3 Generador

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Centrales hidoreleticas 2"redes eléctricas" y estaciones transformadoras. Pag.87-89.





### 3.2.2.1 Estator:

Es la parte estática del generador y se compone de las piezas carentes de movimiento, entre ellas tenemos un circuito magnético formado por un conjunto de láminas de fierro al silicio en forma circular y aisladas unas de otras para reducir las corrientes. En su parte interior esta ranurado de manera uniforme, para alojar en esas ranuras las bobinas del estator (ver figura 3.4)<sup>2</sup>



Figura 3.4 Estator

### 3.2.2.2 Rotor:

Es la parte móvil conectada al eje de la turbina. Es el que actúa como inductor, además puede estar constituido por un imán permanente o más frecuentemente, por un electroimán<sup>3</sup>.

Para producir el campo magnético sobre el rotor se utilizan polos que consisten de paquetes de laminaciones de fierro magnético (para reducir las llamadas corrientes circulantes) con conductores de cobre arrollados alrededor del hierro,

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> <u>Centrales hidoreleticas 2"redes eléctricas" y estaciones transformadoras</u>. Pag.87-89.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Centrales hidoreleticas 2"redes eléctricas" y estaciones transformadoras. Pag.87-89.





estos polos están excitados por una corriente directa. Los polos del rotor se arreglan por pares localizados o separados 180º. Desde el punto de vista constructivo, los rotores se construyen del tipo polos salientes (ver figura 3.5).



Figura.3.5 Rotor

### 3.2.2.3 Bobinas:

Las bobinas son de cobre (ver figura 3.6), están aisladas entre sí y con respecto al núcleo laminado, por muy diferentes materiales, tales como papel de pescado, tela cambray, tela de lino, baquelita, fibra de vidrio, etc. Sin embargo de las bobinas del estator, salen las puntas que conducen la energía eléctrica al exterior del generador. En esta parte es por donde circula una corriente, que produce un campo magnético y está sujeta al estator<sup>4</sup>.



Figura. 3.6 Bobinas

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Centrales hidoreleticas 2"redes eléctricas" y estaciones transformadoras. Pag. 87-89.





#### 3.3.2.4 Anillos rozantes

Son dispositivos que se usan para la transmisión de corriente ya que en base a estos anillos se alimenta al rotor del generador con la Corriente Directa que envía el banco de baterías y además ayuda a obtener señales eléctricas de una parte estática a una rodante de la máquina. Por medio de estos anillos rozantes pueden enviarse señales desde baja a muy alta intensidad y también señales o datos digitales<sup>5</sup> (ver figura 3.7).

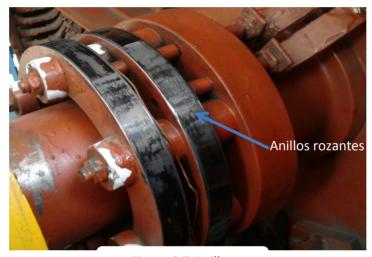


Figura.3.7 Anillos

#### 3.2.2.5 Porta escobillas:

Son piezas que brindan seguridad y estabilidad a las escobillas de carbón, se emplean en productos electromecánicos como los motores de corriente o motores de conmutador de corriente alterna (ver figura 3.8).

Las escobillas son elementos conductores y se usan para la transmisión de corriente, estos repuestos industriales lo logran a través de los anillos rozantes y los porta escobillas. Además son soluciones industriales para los electrodomésticos, los motores generadores y toda aquella maquinaria que utilice la electricidad para su funcionamiento.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> http://www.gat-mbh.de.







Figura 3.8 Porta escobillas

# 3.2.2.6 Transformador de potencial (TPs)

Es un transformador de devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Tiene una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados. Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Sin embargo existen diferentes transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de qué tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial (ver figura 3.9).



Figura.3.9 Transformador de potencial





# 3.2.2.7 Transformador de corriente (TCs)

Este transformador se utiliza para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control (ver figura 3.10).

Ciertos tipos de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos.

#### Los valores de los transformadores de corriente son:

Carga nominal: 2.5 a 200 VA, dependiendo su función.

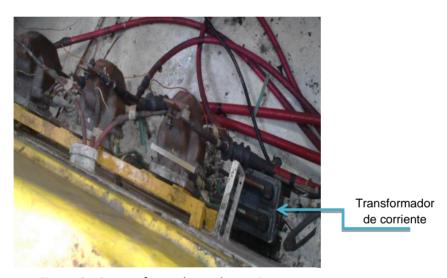


Figura 3.10 transformadores de corriente

# 3.3.3 Regulador de Voltaje

Un regulador de voltaje se utiliza para mantener el voltaje de salida de una fuente de CD en un constante valor constante (idealmente) independientemente de la corriente de carga que suministre.





Los reguladores pueden clasificarse en fijos y ajustables. Sin embargo la función del regulador de voltaje es la de proteger los aparatos eléctricos y electrónicos contra altos y bajos voltajes (ver figura 3.11).

Se debe conectar una toma de corriente correctamente polarizado y aterrizado para tener una buena protección en los aparatos que se le conecten. El consumo de dichos aparatos no deberá ser superior a la capacidad máxima del regulador. El regulador está diseñado para estar funcionando las 24 horas del día y los 365 días del año. No debe de operarse a temperaturas menores a 0 grados Centígrados ni superiores a 50 grados Centígrados, ni a la intemperie.



Figura 3.11 Regulador de voltaje

#### 3.2.3.1 Tablilla del puente rectificador:

El **puente rectificador** es un circuito electrónico usado en la conversión de corriente alterna en corriente continua. También es conocido como circuito o puente de Graetz, en referencia a su creador, el físico alemán Leo Graetz (1856-1941).





Consiste en cuatro diodos comunes, que convierten una señal con partes positivas y negativas en una señal únicamente positiva. Un simple diodo permitiría quedarse con la parte positiva, pero el puente permite aprovechar también la parte negativa.

El puente, junto con un condensador y un diodo zener, permite convertir la corriente alterna en continua. El papel de los cuatro diodos comunes es hacer que la electricidad vaya en un solo sentido, mientras que el resto de componentes tienen como función estabilizar la señal. Usualmente se suele añadir una etapa amplificadora con un transistor BJT para solventar las limitaciones que estos componentes tienen en la práctica en cuanto a intensidad (ver figura 3.12).



Figura 3.12 Tablilla del puente rectificador

# 3.2.3.2 Tablilla de la quebradora de campo.

Es una fuente de corriente de campo para la excitación de una máquina, incluyendo los medios de control.





El sistema de excitación entendido como la fuente de corriente de campo para excitación principal de una máquina, incluyendo los medios de control, el sistema de excitación incluye todos los equipos requeridos para suministrar la corriente de campo a la excitación principal de la maquina eléctrica, así como cualquier equipo que permita la regulación y el control de la corriente de campo entregada<sup>6</sup> (ver figura 3.13).

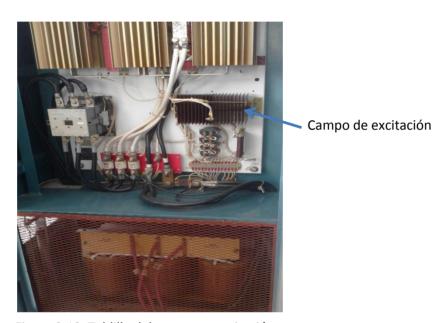


Figura 3.13 Tablilla del campo te excitación

# 3.2.4 Transformadores elevador de potencia:

Los transformadores elevadores de las centrales eléctricas deben de corresponder a las características funcionales del generador síncrono, y a la de la red alimentada. Ya que su trabajo de los transformadores es elevar el voltaje que producen los generadores y poder distribuirlos en las líneas de transmisión. En las centrales los generadores eléctricos van directamente acoplados a los respectivos

<sup>6 &</sup>quot;secún monsalve Ismael" centrales hidráulicas, sistema de excitación. http://jaibana.udea.edu.co





transformadores, con el interruptor directo solamente en la alta tensión (ver figura 3.14).



Figura 3.14 transformador elevador de

# 3.2.5 Interruptores de potencia

Los interruptores de potencia están diseñados para operar en redes eléctricas de media tensión, cubriendo todos los tipos de maniobra, que se puedan presentar, otorgando protección confiable al sistema de distribución al cual está integrado, brindando continuidad al servicio y un margen de seguridad confiable para el usuario; estos interruptores operan por medio de un accionamiento de energía almacenada tipo resorte (ver figura 3.15).



Figura 3.15 Interruptores de potencia





# 3.2.6 Cables de potencia

La función principal de los cables de potencia es la de transportar electricidad desde la fuente de generación hasta los puntos de consumo, donde puede ser transformada en luz y otras formas de energía. Son utilizados en instalaciones subterráneas, ductos o charolas, y en tensiones mayores a 5 kV (ver figura 3.16).

Los cables cuentan con barreras contra ingreso de humedad. La tecnología de estos cables está orientada hacia el uso de nuevos materiales, así como mejoras en los procesos de fabricación que garantizan seguridad y continuidad en el servicio, para obtener ahorro de operación y mantenimiento<sup>7</sup>.

Por ello, todas las precauciones son necesarias para garantizar la absoluta limpieza de los compuestos aislantes al momento de su producción, manejo y, especialmente, durante el proceso de fabricación de un cable. De estos importantes pasos depende la confiabilidad en el desempeño y duración de los conductores eléctricos.



Figura 3.16 cables de potencia

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> http://es.scribd.com



#### 3.2.7 Cuchillas seccionadoras

Las cuchillas seccionadoras son utilizadas como dispositivos de seccionamiento de circuitos, en sistemas de media tensión de 7.2kV hasta 38 kV, especialmente para aislar subestaciones, barras y circuitos de la fuente de suministro<sup>8</sup>.

Las cuchillas desconectadoras (llamados también **Seccionadores**) son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas. Son muy utilizadas en las centrales de transformación de energía eléctrica de cada ciudad. Consta de las siguientes partes<sup>9</sup>:

- 1. **Contacto fijo**. Diseñado para trabajo rudo, con recubrimiento de plata.
- 2. **Multicontacto móvil**. Localizado en el extremo de las cuchillas, con recubrimiento de plata y muelles de respaldo que proporcionan cuatro puntos de contacto independientes para óptimo comportamiento y presión de contacto.
- 3. **Cámara interruptiva**. Asegura la interrupción sin arco externo. Las levas de las cuchillas y de la cámara interruptiva están diseñadas para eliminar cualquier posibilidad de flameo externo.
- 4. **Cuchillas**. Fabricadas con doble solera de cobre. La forma de su ensamble proporciona una mayor rigidez y alineación permanente, para asegurar una operación confiable.
- 5. **Contacto de bisagra**. Sus botones de contacto troquelado y plateados en la cara interna de las cuchillas, en unión con un gozne plateado giratorio y un resorte de presión de acero inoxidable, conforman un diseño que permite combinar óptimamente la presión de contacto, evitando puntos calientes pero facilitando la operación y estabilidad de las cuchillas.

<sup>8</sup> http://www.driwisa.com

<sup>9</sup> http://es.wikipedia.org





- 6. **Aisladores tipo estación**. De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas.
- 7. **Base acanalada**. De acero galvanizado de longitud variable, con varios agujeros y ranuras para instalarse en cualquier estructura.
- 8. **Cojinete**. De acero, con buje de bronce que proporciona una operación suave. No requiere mantenimiento y resiste la corrosión.
- 9. **Mecanismo de operación**. Permite una amplia selección de arreglos de montaje para diferentes estructuras.

La maniobra de operación con estas cuchillas implica abrir antes los interruptores que las cuchillas en el caso de desconexión. Y cerrar antes las cuchillas y después los interruptores en el caso de conexión.

Tienen aplicación como cuchillas de paso en subestaciones compactas y tableros de media tensión de servicio interior.

Las cuchillas seccionadoras están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo.

Esto es debido a que los seccionadores son un tipo de a paramenta eléctrica más de seguridad, que de corte propiamente dicho, pues su objetivo es proporcionar una seguridad visual de desconexión real ante operaciones que requieren desconexión.

De esta forma, un operario trabajando puede ver visualmente que la desconexión se ha llevado a cabo, y que no sufrirá ninguna clase de daños, aunque exista un fallo en los interruptores, y que las cuchillas pueden tener peligro de arco eléctrico mientras que los interruptores, no (ver figura 3.17)..







Cuchillas seccionadoras

Figura 3.17 cuchillas

# 3.2.8 BUS

Son líneas eléctricas por las que circulan cargas eléctricas diversas (ver figura 3.18).

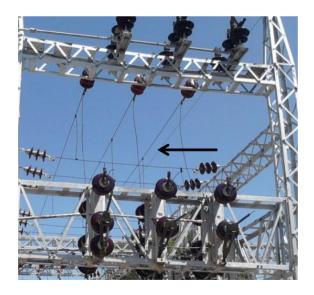


Figura 3.18 Bus





#### 3.2.9 Tableros de control

Son equipos que pueden ser de tipo inteligente o convencional, dicho tablero se encarga de recibir todas las señales de entrada y libera voltaje para activación de equipos, este tablero activa sistema de excitación por medio de zonas, así mismo se pueden controlar paro y arranque de equipos externos como es el generador. Es el equipo donde un personal sumamente capacitado efectúa la labor de control del proceso total de generación de la planta. Para tal efecto el tablero cuenta con indicadores, alarmas y protecciones, para las unidades generadoras (ver figura 3.19).



Figura 3.19 Tablero de control





# CAPÌTULO IV FUNDAMENTO TEÒRICO





#### 4.1 DEFINICIONES

#### **Mantenimiento**

Es el conjunto de actividades que tiene por objeto la conservación y/o restitución del equipo o instalación, a sus condiciones óptimas de operación en su vida útil<sup>10</sup>.

#### Mantenimiento correctivo.

Es un servicio de reparación en los equipos con falla, sin embargo esto se basa en el acondicionamiento o situación de partes del equipo, una vez que fallan y la reparación se presenta como emergencia, con esta palabra no quiere decir que deben ser mal hechos, pues ya que en toda emergencia se pone la atención y calidad debidas para que así se asegure el servicio más allá de la fecha.

Este tipo de mantenimiento debe tomarse en cuenta de inmediato, con el fin de lograr que el artefacto proporcione el servicio lo más pronto posible.

Este mantenimiento se divide en dos subtipos:

# Mantenimiento por falla.

Son las actividades que se realizan en los equipos o instalaciones, que implican el restablecimiento de la condición operativa que fue interrumpida por una falla.

#### Mantenimiento por emergencia.

Se efectuada después de que se presenta una alteración en el comportamiento operativo del equipo o instalación y que aun cuando pueda mantenerse en operación la unidad con su capacidad nominal o ligeramente menor, denota un riesgo potencial cuya causa debe ser corregida lo más pronto posible.

#### Mantenimiento preventivo.

Servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas.

<sup>10 &</sup>quot;Guía de mantenimiento en centrales hidroeléctricas de CFE" (subdirección de generación)





Este tipo de mantenimiento se divide en dos tipos:

- Mantenimiento rutinario: Es aquel que se efectúa en forma repetitiva en los equipos o instalaciones, este consiste principalmente en revisión, limpieza y como correcciones menores reportados por los responsables del área.
- Mantenimiento menor: Es el que de acuerdo con los registros de comportamiento (parámetros de operación), diagnósticos (sintomatología), experiencia y/o recomendaciones del fabricante, se requiere dar a los equipos y/o instalaciones.

# Mantenimiento predictivo.

Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas, o componentes de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de las piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

#### Mantenimiento detectivo.

Búsqueda de falla. Esta estrategia consiste en examinar, con frecuencia programada las partes de la máquina que tienen funciones ocultas, para corroborar que trabajen de manera funcional, se repara la falla sin presentarse como emergencia.

#### Mantenimiento autónomo.

Se considera como un instrumento para intervenir una organización, esto significa, transformar su cultura, creencias y formas de actuar. En empresas que poseen procesos avanzados de mantenimiento autónomo, se pueden identificar las tres siguientes etapas de desarrollo de la organización:





#### 4.2 DIAGRAMA CAUSA - EFECTO<sup>11</sup>.

El diagrama causa y efecto, permite organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema, además se conoce como el diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado.

El diagrama de causa-efecto es una forma de como ordenar, de una manera más concentrada y ordenada, todas las causas que puedan contribuir a un determinado efecto, además nos permite obtener un conocimiento común sobre un problema complejo.

Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías, sin embargo este diagrama sirve para que las personas puedan conocer en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y las causas. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

# 4.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).

El interés por el TPM fuera de Japón está creciendo cada vez más debido a las mejoras que se consiguen en rentabilidad, eficacia de gestión y calidad, a la vez este sistema integrado y participativo de producción y mantenimiento se ha introducido en empresas no solo japonesas, si no en las industrias americanas y europeas.

El mantenimiento productivo total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se generan en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total y Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> http://www.monografias.com





JAPON	MUNDO OCCIDENTAL
Manteniendo y mejorando la	
integridad de su sistema de	
producción a través de las	Reparar cuando existan paros.
máquinas, equipo y empleados que	
añaden valor.	

Tabla 4.1 Diferencias del mantenimiento productivo total

Luis Cuatrecasas, TPM (Total Productive Maintenance), Editorial Gestión 2000, página. 22,23)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es desarrollado para eliminar perdidas, reducir paradas, garantizar la calidad y disminuir costes en las empresas con procesos continuos. Además está orientado a crear un sistema para maximizar la eficiencia de todo el proceso productivo y exige una plena participación de todo el personal dentro de la empresa<sup>12</sup>.

Para lograr una buena aplicación del TPM debe incluir cinco elementos básicos:

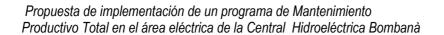
- Optimizar la Efectividad y Disponibilidad de los equipos
- Programar mantenimiento preventivo-predictivo para toda su vida útil.
- Implementarse multidisciplinariamente por los departamentos interesados.
- Incluir todos los miembros de la organización
- Fundamentarse en la efectividad integrada de pequeños grupos.

La palabra "total" en "TPM" tiene tres significados que se relacionan con tres importantes características del TPM:

**Eficiencia total:** Esta característica implica la búsqueda de eficiencia, economía, productividad o rentabilidad.

**Mantenimiento preventivo-predictivo total:** Incluye la prevención del mantenimiento y la mejora en la ejecución del mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

<sup>12</sup> http://www.mantenimiento Productivo Total







**Participación total:** fundamentada en Mantenimiento Autónomo, por la actividad de operadores o pequeños grupos en cada parámetro y a cada nivel.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) busca:

- Detectar defectos.
- Hacer mejoras continuas.
- Encontrar satisfacción en las actividades de mejoras.
- Comprender los mecanismos de las máquinas.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.

# 4.4 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de la empresa.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños





grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

# 4.5 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)<sup>13</sup>.

# **Estratégicos:**

Ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

#### **Operativos:**

Tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

#### Organizativos:

Busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento lo moral en el trabajador, además crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

# 4.6 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Amplia participación de todas las personas de la organización.

13 http://www.ceroaverias.com





- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a mejorar la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.
- Puede definirse como la habilidad de un trabajador para realizar su propio trabajo.

# 4.7 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).

- ♣ No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficientes, ya que el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la sabiduría de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- ♣ El equipo sometido a TPM será elevado a su desempeño óptimo, corrigiendo cualquier discrepancia o anomalía encontrada.
- Una maquina más limpia y mejor conservada tiene menor probabilidad de sufrir una falla.

# 4.8 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).

#### **Organizativos:**

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.





- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Redes de comunicación eficaces.

# Seguridad:

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- ❖ Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

#### Productividad:

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- \* Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por cambios.





- Mejora de la tecnología de la empresa.
- ❖ Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

#### 4.9 PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL<sup>14</sup>.

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implementan siguiendo una forma disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los que se indican a continuación.

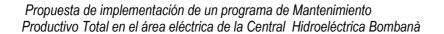
# Pilar 1: Mejoras enfocadas (Kaizen).

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la efectividad global del equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrado su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de control total de calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso.

Además este aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar el factor a mejorar, definirlo como meta y estimar el tiempo

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> http://es.scribd.com/doc/59655297/Pilares-Del-TPM.







para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora.

Estas actividades están dirigidas a mejorar gran variedad de elementos, como un proceso, un procedimiento, un equipo o componentes específicos de algún equipo; detectando acertadamente la pérdida y ejecutando un plan de acción para su eliminación.

# Pilar 2: Mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

Los objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo son:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo
- Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo
- ❖ Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador





- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno
- Mejorar la seguridad en el trabajo
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador
- Mejora de la moral en el trabajo

# Pilar 3: Mantenimiento Progresivo (Keikaku Hozen).

El propósito de este pilar es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. Sin embargo este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

El mantenimiento progresivo que se practica en empresas presenta entre otras las siguientes limitaciones:

- ❖ No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones de fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico.
- Se aprovecha la parada de un equipo para "hacer todo lo necesario en la máquina" ya que la tenemos disponible.





- ❖ Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado.
- ❖ A los equipos y sistemas se les da un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de preventivo, sin importan su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el recambio o repuesto, etc.
- ❖ Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para la realizar su trabajo técnico.
- ❖ El trabajo de mantenimiento planificado no incluye acciones Kaizen para la mejora de los métodos de trabajo. No se incluyen acciones que permitan mejorar la capacidad técnica y mejora de la fiabilidad del trabajo de mantenimiento.

# Pilar 4: Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen).

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

#### Mantenimiento de Calidad no es:

- Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento
- ♣ Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento
- Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento.
- Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento

#### Mantenimiento de Calidad es:





- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- ♣ Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentra dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- ♣ Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

# Principios del Mantenimiento de Calidad.

Los principios en que se fundamenta el Mantenimiento de Calidad son:

- Clasificación de los defectos e identificación de las circunstancias en que se presentan, frecuencia y efectos.
- Realizar un análisis físico para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad
- Establecer valores estándar para las características de los factores del equipo y valorar los resultados a través de un proceso de medición
- > Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas
- Preparar matrices de mantenimiento y valorar periódicamente los estándares

#### Pilar 5: Mantenimiento Temprano.

Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica





de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

# Pilar 6: Educación y Formación.

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

#### Pilar 7: Mantenimiento en áreas administrativas.

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

#### Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad, además emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo y finalmente contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

#### Pilar 9: Especiales (Monotsukuri).





Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, implantar tecnología de aplazamiento, nivelar flujo, aplicar Justo a Tiempo y otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

# 4.10 CONCEPTO DE AVERÍA.15

Se puede decir que es la pérdida de la función de un elemento, componente, sistema o equipo. Está pérdida puede ser total o parcial.

- ✓ La avería total conllevaba que el elemento no pueda desempeñar las funciones para las que fue diseñado.
- ✓ La avería parcial afecta solamente a algunas funciones consideradas de importancia relativa.

Las averías se categorizan según la función afectada:

**Averías crónicas:** Están ocultas y permanecen en el tiempo, su efecto es relativamente bajo, pero el sumario durante todo el tiempo que se presento puede llegar a ser muy importante para la empresa.

Averías críticas: Afectan las funciones del equipo considerada como mayores.

Averías reducidas: Afectan algunas funciones sin dañar a todo el equipo

**Averías parciales:** Afectan al equipo sin que pierda su función principal y secundaria.

Averías esporádicas: Ocurren de repente y de forma no prevista

**Averías transitorias:** Afecta durante un tiempo limitado al elemento y adquiere nuevamente su actitud para realizar la función requerida, si haber sido objeto de ninguna acción de mantenimiento.

<sup>15</sup> http://www.ceroaverias.com





# 4.11 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS<sup>16</sup>.

# Pérdidas por averías:

Son causadas por defectos en los equipos que requieren de laguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado.

# Pérdidas de cambio de modelo y de ajuste:

Son causadas por cambio en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten de tiempo muerto, cambio de moldes o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas y su magnitud se mide también por el tiempo muerto.

#### Pérdidas debido a paros menores:

Son causadas por interrupciones a las máquinas, atoramientos o tiempo de espera. En general no se pueden registrar estas pérdidas directamente por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de perdida no se daña el equipo.

#### Pérdidas de velocidad de ciclo:

Son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentemente.

#### Pérdidas de defectos de calidad:

Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos productos, tienen que ser trabajados o

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> http://tpm.awardspace.us/Seis-Grandes-Perdidas.html,





eliminados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado.

#### Pérdidas de rendimiento:

Son causadas por materiales desperdiciados o es decir sin utilizar y son ejemplificadas por la cantidad de materiales regresados, tirados o de desecho.

# 4.12 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)<sup>17</sup>.

Para introducir el TPM, se implementa de acuerdo con las siguientes cuatros fases (12 pasos):

# Preparación para la implementación del TPM

- 1.- Crear el entorno apropiado.
- 2.- Crear una estructura organizacional que promueva el TPM.
- 3.- Crear la organización para el TPM.
- 4.- Crear los objetivos y las políticas para el TPM.
- 5.- Crear el plan maestro para el desarrollo del TPM.

#### Implementación preliminar

6.- Puesta en marcha del TPM.

# Implementación del Mantenimiento Productivo Total

- 7.- Mejora de la efectividad global del equipo instalado.
- 8.- Implementar el plan de mantenimiento autónomo.

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> "Dounce Villanueva, Enrique" (un enfoque analítico del Mantenimiento Industrial).





- 9.- Establecer un plan de mantenimiento (para el personal de mantenimiento).
- 10.- Plan de capacitación y desarrollo en el mantenimiento para todo el personal
- 11.- Plan de mantenimiento (para los nuevos equipos instalados)

#### Estabilización

12.- Acciones de control midiendo resultados

# Paso 1: Crear el entorno apropiado.

El TPM debe ser entendido y respaldado plenamente por la alta dirección. Crear el entorno apropiado en su responsabilidad básica, por lo que se debe informar oficialmente a todo el personal de la empresa y proveedores a través de un evento formal de la decisión de establecer el TPM; en este evento se busca la comprensión del TPM, así como la participación y el compromiso de todos.

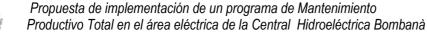
Sin embargo la alta dirección debe infundir entusiasmo en los niveles de su empresa y en las compañías afiliadas y proveedores para después ser perseverante y firmes en sus acciones.

En este paso debe ser cuidadosamente planeado, utilizando los recursos de comunicación (diapositivas, folletos, etc.).

#### Paso 2.- Crear una estructura organizacional que promueva el TPM.

Es necesario crear el adiestramiento y desarrollo de personal para que su nueva actuación armonice, con las exigencias técnico-administrativas del TPM, por lo que deberán desplegarse programas de educación, seminarios, juntas de trabajo, presentaciones con diapositivas, medios electrónicos, computacionales y campañas para introducir el TPM.se ajustan al nivel del personal que será informado o entrenado, incluyendo a los proveedores.

#### Paso 3.- Crear la organización para el TPM.







Este paso consiste en estructurar un sistema que apoye, por lo que es el momento de establecer la oficina promotora y coordinadora de desarrollo del TPM.

En este paso el entrenamiento del personal debe enfocarse a que este obtenga:

- Pleno conocimiento de los que es el TPM
- Habilidad para manejar en forma practica el concepto TPM
- El deseo de involucrarse
- La seguridad d que el cambio es posible y positivo

# Paso 4.- Crear los objetivos y las políticas para el TPM.

Las metas deben ser por escrito en documentos que mencionen que el TPM será implantado como un medio para alcanzar las metas.

En primer lugar se debe decidir sobre el año en el que la empresa se someterá a auditoría interna o externa. Fijar una meta numérica que debe ser alcanzada para cada categoría en ese año. No se deben fijar metas "tibias", las metas deben ser drásticas reducciones de 1/100 bajo los objetivos planteados.

Basados en los objetivos y políticas, los comités TPM de departamento, sección y grupo, definirán sus propios objetivos y políticas a que periodo se necesita y deberán ser congruentes con los del comité central.

#### Paso 5.- Diseñar el plan maestro de TPM.

Desarrollar un plan maestro para implementar el TPM ya que es el más desafiante de los pasos de la etapa de preparación, una tremenda cantidad de insumos es necesaria para llevar a cabo el análisis que requiere de cada uno de los miembros del comité de desarrollo del TPM.

Sin embargo en un plan de implementación de TPM debe consistir en:

- Una lista de actividades
- Un tiempo definido para iniciación, complementación y definición de actividades





- Estimación de recursos y requerimientos
- Definir roles y responsabilidades de los participantes
- Criterios de medición del progreso

#### Paso 6.- Acto de iniciación.

Se organizara una junta integrada por todo el personal de la empresa, en la cual el comité promotor y coordinador del TPM informara que a partir de ese momento cada trabajador laborará de acuerdo con el TPM, así que debe de abandonar sus rutinas tradicionales de trabajo.

Esta junta ayuda a crear y desarrollar un clima proactivo y de deseos de superación en todo el personal de la empresa. Cada responsable del comité del TPM informa sobre el trabajo planeado y desarrollado cada uno de los cinco pasos anteriores.

# Paso 7.- mejora de la efectividad global del equipo.

Para mejorar la efectividad global del equipo es preciso:

- Estudiar a fondo las características y los rendimientos de los equipos para obtener el mayor provecho de ellos al utilizarlos en la forma debida. Esta labor se realiza de acuerdo con el equipo que se tiene instalado en cada industria, por lo que ésta es un caso particular para cada empresa.
- 2. Eliminar los obstáculos que se oponen a la eficiencia de los equipos

Esto envuelve al esfuerzo concentrado de todo el personal de la planta a la mejora en el funcionamiento y disponibilidad de los equipos críticos.

Los indicadores del TPM para calcular la efectividad del equipo han sido desarrollados para ayudar a la ejecución de la evaluación del equipo y comprenden tres elementos: **D** = Disponibilidad, **Er** = Eficiencia del rendimiento y **Tc** = Tasa de calidad.





La OEE es el mejor método para tener los índices de productividad de la planta, es un método que puede ser establecido para revisar cada máquina. Los puntos siguientes facilitan las mejoras en la efectividad de la planta. Estos están basados en la asignación de responsabilidades a grupos pequeños de trabajo.

# Selección del equipo:

Definir las piezas o partes del equipo son candidatos para la medición de las mejoras.

# Desarrollo del plan de mejora:

Las prioridades pueden ser establecidas de acuerdo a dos factores, el primero es dirección a la dificultad de expandir el esfuerzo para realizar las mejoras en cada pieza del equipo y el segundo establece la importancia del equipo crítico en el proceso.

# Estudiar y corregir problemas a través de grupos autónomos:

Estudiar problemas y realizar acciones correctivas de mantenimiento en los equipos.

#### Monitorear el progreso y compartir resultados:

El proceso debe ser institucionalizado y solo si es parte normal del equipo será responsabilidad del operador.

#### Paso 8.- Implementar el plan de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es el proceso en el que os operarios aceptan y comparten la responsabilidad para mantener el buen estado de sus equipos. Sin embargo el japonés Fumio Goto desarrollo un método de siete pasos cuando se implementa el mantenimiento autónomo.

- 1. Limpieza inicial.
- 2. Evitar fuentes de problema.





- 3. Establecer estándares de limpieza.
- 4. Inspección general.
- 5. Inspección autónoma.
- 6. Organización y orden.
- 7. Mantenimiento autónomo pleno.

La productividad y mejora máxima son posibles solo si el equipo es mantenido limpio, organizado, y disciplinado el área de trabajo, sin embargo una larga inversión de tiempo de los recursos de factores humanos y entrenamiento es requerida inicialmente para seguir llevando a cabo el mantenimiento autónomo. Muchas plantas tienen mantenimiento autónomo en un proceso particular de los elementos del equipo, pero tiene que ser estables y convencer a la organización con un plan de evaluación para expandir el proceso y realizarlo fácilmente.

# Paso 9.- Establecer un plan de mantenimiento (para el personal de mantenimiento).

Para elaborar los planes de mantenimiento es indispensable estudiar la organización existente en nuestra empresa y, sobre todo, en el departamento de mantenimiento, pues ella modulará los planes y hará que se apeguen a una planeación realista de mantenimiento.

Sin embargo el departamento de mantenimiento debe tener las siguientes características:

- Una estructura racional que facilite la aplicación de labores estratégicas y tácticas.
- 2. Un inventario de recursos físicos (maquinas, etc.).
- 3. Planes estratégicos de mantenimiento integral efectuados por la dirección de la planta.
- 4. Un sistema de planificación de órdenes de trabajo efectuado por el departamento de mantenimiento.





Al establecer un sistema de mantenimiento planeado en el departamento de mantenimiento, es llevar acabo las actividades para desarrollar un programa de actividades que ayuden a la mejora de la efectividad. La plantación del mantenimiento toma cuenta cuatro áreas: mantenimiento reactivo. mantenimiento preventivo. mantenimiento predictivo. prevención del mantenimiento.

#### Mantenimiento reactivo:

El departamento de mantenimiento responde a las fallas o malfuncionamiento del equipo. Los problemas son reparados tan rápido como sea posible entonces el equipo vuelve a su operación normal.

#### **Mantenimiento preventivo:**

Son actividades designadas para prevenir fallas en el equipo y mantener su fiabilidad, este mantenimiento realiza mejoras y predetermina los periodos en que se establecerán los métodos, herramientas, equipos y tiempos estimados.

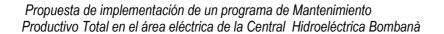
#### **Mantenimiento predictivo:**

Es el proceso de medición y dirección del proceso o parámetros de la maquina con el fin de detectar las fallas antes de que estas ocurran.

#### Prevención del mantenimiento:

Está basado en la percepción de los requerimientos de mantenimiento para las piezas de los equipos y son determinadas en estos diseños. Si el diseño principal de ingeniería es la mantenibilidad, operatividad, flexibilidad y robustecimiento, muchos de los requerimientos de mantenimiento del equipo pueden ser eliminados.

Paso 10.- Plan de capacitación y desarrollo en el mantenimiento para todo el personal.







El entrenamiento y capacitación del personal es inevitable y juega un papel importante en el desarrollo del proceso. La continua inversión en los empleados para el mejoramiento de sus técnicas y capacidades es indispensable para la inversión del equipo de la planta. Además se debe de programar y realizar cursos para todo el personal de la empresa, de acuerdo con las categorías que tengan, utilizando las técnicas más modernas de enseñanza.

- Todo personal debe ser capacitado, según las técnicas de mantenimiento y operación.
- Todo entrenamiento debe adecuarse a las necesidades específicas de cada área de trabajo.

#### Paso 11.- Plan de mantenimiento (para los nuevos equipos instalados).

El objetivo es maximizar la inversión en los equipos de la planta, esto es acompañados por la garantía de que los individuos en los grupos entiendan su rol en la organización de los equipos, entonces deben saber que actividades impactan en el ciclo de vida del equipo. En este plan de mantenimiento el personal de producción y mantenimiento debe corroborar que todo equipo recién instalado se analice desde el punto de vista de mantenimiento, y de acuerdo con su LCC (Costo del Ciclo de Vida); además, se debe de considerar que 72% de los equipos tiene vida temprana, por tanto, al inicio de su funcionamiento, en su "vida temprana", hay que tener en cuenta un etapa en la que el proveedor asegure su garantía, esta etapa se le denomina *commissioning* (poniendo en uso).

Las actividades de *commissioning* están enfocados a:

- 1. Evaluar el costo económico del ciclo de vida del equipo.
- Comprobar que el equipo en los niveles más altos confiabilidad, mantenibilidad y operatividad desde el punto de vista de seguridad y economía.
- 3. Lograr el mejor nivel en la planeación de la inversión.





- 4. Reducir el tiempo de vida temprana.
- 5. Conseguir que las actividades de *commissioning* se lleven a cabo en eficiencia.

#### Paso 12.- Acciones de control midiendo resultados.

Se basa en una constante medición de resultados y en la búsqueda de mejores objetivos, todo el personal de mantenimiento auxiliado por el comité general, promotor y coordinador del TPM, trabajara para mejorar los resultados, para así permitir la fijación de metas más elevadas.

Conforme se loga una adecuada implementación del TPM es necesario ser más exigente con los resultados y hay que fijar objetivos de mayor nivel, por lo que se hace indispensable que todo el personal trabaje en forma coordinada, continua y de manera proactiva.

Según (John Moubray) Los trabajos de mantenimiento no solamente influyen en la disponibilidad y costo de producción, sino que además en todo lo referente al negocio mismo, en su seguridad, integridad del medio ambiente, uso eficiente de los recursos humanos fiscos y técnicos, calidad de producto, servicio al cliente, etc.

# 4.13 ETAPAS EN LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO<sup>18</sup>.

# Etapa 1.- Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo.

- Disponer de registros de mantenimiento
- Contar con equipo para el mantenimiento planificado
- Condiciones de trabajos actuales del equipo

http://books.google.com.mx Lluís Cuatrecasas Arbós, Lluís Cuatrecasas y Francesca Torrell, FRANCESCA TORRELL MARTINEZ - 2010). TPM en un entorno, estrategia competitiva. el mantenimiento planificado. La prevención frente a la reparación pag.195





#### Etapa 2.- Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal.

- Validar el mantenimiento autónomo.
- Corregir puntos débiles del diseño.
- Contramedidas frente a la repetición de fallos.

#### Etapa 3.- Establecimiento de un sistema de control de la información.

- Compresión de la situación actual partida.
- Establecer un sistema de control de datos de fallos.
- Establecer sistema de control del mantenimiento.
- Establecer un sistema de control de tecnología.
- Sistema de control de piezas de repuesto/material.
- Sistema de control de presupuesto de mantenimiento.

#### Etapa 4.- Establecimiento de un sistema de mantenimiento sistemático.

- Selección de equipos o componentes.
- Planificación del mantenimiento.
- Estandarización del mantenimiento.
- Control de progreso.

#### Etapa 5.- Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo.

- Selección de equipo y condición a medir.
- Técnicas de diagnóstico adecuadas.
- Desarrollar nuevas tecnologías de diagnóstico.

#### Etapa 6.- Evaluación del mantenimiento planificado:

Evaluar el sistema de mantenimiento planificado; número de fallos, frecuencia de fallos, ahorro de costos de mantenimiento, etc.





#### 4.14 CONCEPTO DE EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS (OEE)<sup>19</sup>

La OEE, evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento, además está relacionado con el estado de conservación y productividad de los equipos mientras está funcionando.

Se considera como un indicador que muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo, posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial.

Estos indicadores se manejan de forma diaria, por lo que los datos de paros planeados y los paros no programados varían con los utilizados en el Aprovechamiento de los Equipos (AE) y está compuesto por los siguientes factores:

**Disponibilidad:** Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados.

Disponibilidad = (Tiempo operativo)/(Tiempo neto disponible)

En donde:

Tiempo neto disponible = (Tiempo extra)+(Tiempo total programado)+(Tiempo de paro permitido).

Tiempo operativo = (Tiempo neto disponible)-(Tiempo de paros de línea)

**Eficiencia:** Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinado por el fabricante del equipo o diseño.

Eficiencia = (Tiempo ideal de ciclo) (Piezas producidas) / (Tiempo operativo)

En donde:

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> "Cuatrecasas, Luis"; (2004); "TPM hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción"; Editorial Gestión 2000.





Tiempo ideal de ciclo = (tiempo neto total diario) / (demanda total diaria)

Calidad a la primera (FFT): Las pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problema de calidad.

% Calidad = (visitas programadas)-(Visitas repetidas) / (visitas programadas)

El cálculo de la OEE se obtiene multiplicando los tres términos anteriores expresados en porcentajes.

**OEE = (Disponibilidad)(Eficiencia)(% Calidad)** 

#### 4.14.1.- IMPORTANCIA DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO (OEE).

Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM, la OEE sirve para justificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto, además, sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Las cifras que componen la OEE nos ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que debemos utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos. La OEE sirve para construir índices corporativos entre plantas (benchmarking) para equipos similares o diferentes.

En aquellas líneas de producción complejas se debe calcular la OEE para los equipos componentes. Algunos directivos de plantas consideran que obtener un valor global OEE para un proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones TPM no se logran apreciar adecuadamente en la OEE global.





Sin embargo, el efecto multiplicativo de la disponibilidad, rendimiento y niveles de calidad producen un deterioro del aprovechamiento del equipo (AE) y la efectividad global del equipo (OEE), no siendo observado por los directivos de la empresa.

Es frecuente que el personal de mantenimiento se encargue de controlar la disponibilidad de los equipos ya que este mide la eficiencia general del departamento.

La disponibilidad es una medida de funcionamiento del equipo, sin embargo en el área de mantenimiento es frecuente desconocer los valores del nivel de rendimiento de los equipos, esta falta de trabajo en equipo y con intereses comunes, hace que sea más difícil obtener las verdaderas fuentes de pérdidas.

#### 4.15 PRODUCTIVIDAD TOTAL EFECTIVA DE LOS EQUIPOS<sup>20</sup> (PTEE).

La PTEE es una medida de la productividad real de los equipos. Esta medida se obtiene multiplicando los siguientes índices:

#### PTEE = AE X EGE

AE (Aprovechamiento del equipo). Se trata de una medida que indica la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos. El AE está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo. Esta medida es sensible al tiempo que habría podido funcionar el equipo, pero por diversos motivos los equipos no se programaron para producir el 100 % del tiempo, además el AE se puede interpretar como un porcentaje del tiempo calendario que ha utilizado un equipo para producir.

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> http://www.monografias.com/trabajos14/manufact-esbelta/manufact-esbelta2.shtml





#### OEE (Efectividad Global del Equipo).

Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. La EGE está fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Para calcular el AE se tiene que seguir los siguientes pasos:

#### Establecer el tiempo base de cálculo o tiempo calendario (TC).

Es frecuente en empresas de manufactura tomar la base de cálculo 1440 minutos o 24 horas. Para empresas de procesos continuos que realizan inspección de planta anual, consideran el tiempo calendario como (365 días) (24 horas).

#### Obtener el Tiempo Total No Programado.

Si una empresa trabaja únicamente dos turnos (16 horas), el tiempo de funcionamiento no programado en un mes será de 240 horas.

#### Obtener el Tiempo de Paradas Planificadas.

Se suma el tiempo utilizado para realizar acciones preventivas de mantenimiento, descansos, reuniones programadas con operarios, reuniones de mejora continua, etc.

#### Calcular el tiempo de funcionamiento (TF).

Es el total de tiempo que se espera que el equipo o planta opere. Se obtiene restando del TC, el tiempo destinado a mantenimiento planificado y tiempo total no programado.

TF= Tiempo calendario – (Tiempo total no programado + Tiempo de paradas planificadas)

#### CÁLCULO DEL AE.





Se obtiene dividiendo el TF por el TC. Representa el porcentaje del tiempo calendario que realmente se utiliza para producir y se expresa en porcentaje:

#### $AE = (TF/TC) \times 100$

#### CÁLCULO DE LA (EGE).

Este indicador muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Está compuesto por los siguientes tres factores:

- Disponibilidad: mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paradas no programadas.
- Eficiencia de rendimiento: Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinada por el fabricante del equipo o diseño.
- Indice de calidad: Estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos, no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

El cálculo de la EGE se obtiene multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje.

#### **OEE = Disponibilidad X Eficiencia de rendimiento X Índice de Calidad.**

Este índice es fundamental para la evaluación del estado general de los equipos, máquinas y plantas industriales. Sirve como medida para observar si las acciones del TPM tienen impacto en la mejora de los resultados de la empresa.





#### 4.16 MEDICIÓN DE EFICACIA EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

La medida del equipo, es una medida de valor agregado de la producción a través del equipo. TPM maximiza la eficiencia del equipo por medio de dos tipos de actividad.

Cuantitativa: incrementa la disponibilidad total del equipo y mejora su productividad en un periodo dad o de tiempo.

Cualitativa: Estabiliza la calidad

Una meta de TPM es incrementar la eficiencia del equipo para que cada parte pueda ser operada en todo su potencial y mantenida a ese nivel. El creer que las cero descomposturas pueden ser alcanzadas, es prerrequisito para el logro del TPM.

#### Índices de eficiencia del equipo

La eficiencia puede ser medida mediante la siguiente formula

### EFICIENCIA DEL EQUIPO = TASA DE OPERACIÓN x TASA DE

#### DESEMPEÑO X TASA DE CALIDAD

Las tasas pueden ser determinadas en cada área de trabajo. El alto nivel de exigencia solo se logra cuando las tres tasas sean altas.

Para calcular las tasas a utilizar, es necesario revisar los siguientes conceptos:

- Tiempo de carga; (Tiempo total disponible para operación) (tiempo necesario para descanso, encuentros, etc. (inevitables)).
- Tiempo de operación: es el tiempo en el que el equipo está en operación.
- Tiempo de operación neto: Al tiempo de operación se le resta el tiempo perdido por paros menores y por pérdida de velocidad.



#### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà



- Tiempo valuable de operación: Es el tiempo neto de operación menos el tiempo estimado que se requiere para trabajar los productos defectuosos.
- Tiempo de Ciclo de Ideal: tiempo diseñado para la producción de una unidad.
- Los tiempos caídos; incluyen tiempo de reparar, ajustar, cambiar herramientas y otras detenciones.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TIEMPO\ DE\ CARGA - TIEMPOS\ CAIDOS}{TIEMPO\ DE\ CARGA}$$

$$TASA\ DE\ DESEMPE\~NO = \frac{PRODUCCION\ x\ CICLO\ DETIEMPO\ IDEAL}{TIEMPO\ DE\ OPERACION}$$

$$TASA\ DE\ OPERACION\ NETA = \frac{PRODUCCION\ x\ CICLO\ DE\ TIEMPO\ ACTUAL}{TIEMPO\ DE\ CARGA-TIEMPOS\ CAIDOS}$$

$$TASA\ DEVELOCIDAD\ DEOPERACION = \frac{CICLO\ DETIEMPO\ IDEAL}{CICLO\ DETIEMPO\ ACTUAL}$$

 $TASA\ DE\ DESEMPE\~NO = TASA\ DE\ OPERACION\ NETA\ x\ TASA\ DE\ VELOCIDAD$   $DE\ OPERACION$ 

$$TASA\ DE\ CALIDAD = \frac{NUMERO\ DE\ PRODUCTOS\ BUENOS}{PRODUCCION}$$





# CAPÌTULO V SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA





#### 5.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA ELÉCTRICA DE LA C.H. BOMBANÀ.

El TPM es un método de trabajo en plantas productivas que se generan en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total y Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección y la prevención. Sin embargo con estas mediciones, la eficiencia global del equipo indica el uso óptimo de los recursos.

Sin embargo para conocer la condición actual del área eléctrica de la C.H. Bombanà, se realizó un estudio, a través del análisis de datos históricos y mediante observación directa.

Para tener una mejor perspectiva de cómo está integrada el área eléctrica de la C.H. Bombanà, a continuación se presentan las maquinas ò equipos con sus respectivos elementos integrales necesarios para su buen funcionamiento (ver tabla 5.1).

Equipos eléctricos de la central hidroeléctrica bombanà y sus componentes.					
Equipos	Componentes				
Banco de baterías de 120v de CD	Celdas unitarias				
Ballco de baterias de 1200 de CD	Cargador de baterías				
	Rotor				
	Estator				
	Bobinas				
Canada Eléatrica de 2400.	Anillos Rozantes				
Generador Eléctrico de 2400v (WESTINGHOUSE)	Carbones				
	Porta Escobillas				
	Transductores (transformador de corriente				
	(TCs)				
	Transformadores de potencial (TPs)				
	Regulador automático				
Pagulador do valtajo (MOODWAPD)	Tablilla del puente rectificador				
Regulador de voltaje (WOODWARD)	Tablilla de la quebradora de campo				
	Terminales (conexión)				
	Botón mecánico de cierre				
	Botón mecánico de disparo –emergencia				
	Tablillas corto circuitable				
Interruptor de Potencia en vacío 3AH3, con	Termostato				



#### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà



gabinete 8HH (SIEMENS) TIPO RESORTE	resistencia calefactora 450W			
	Boquillas			
	Interruptor Termo magnético			
	Conmutador remoto			
	Lámparas indicadoras			
	Botón pulsador de disparo y cierre.			
	Terminales de pasamuro (boquillas)			
	Cableado			
	Volmetro			
	Amperímetro			
Tablero de control	Medidor			
	Terminales			
	Cables			
Cuchillas	Aisladores de porcelana			
	Cobre			
	Tornillos			

Tabla 5.1 componentes de los equipos eléctricos.

#### 5.2 DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

De acuerdo a la información obtenida se realizó el siguiente Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa), que se presenta el siguiente diagnóstico de la situación actual del área eléctrica, en el cual podemos identificar y analizar causas probables que provocan los problemas.

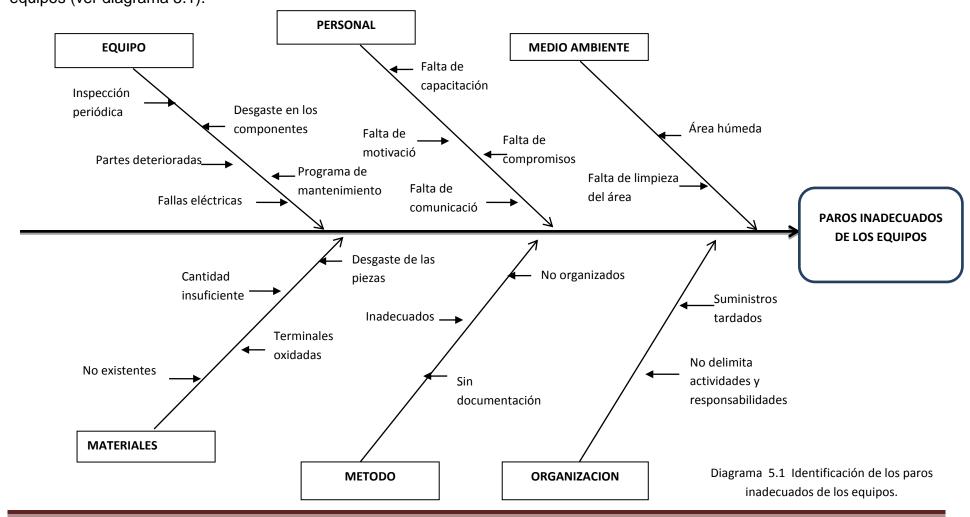
El presente diagrama causa - efecto es para identificar las causas que estén provocando paros inadecuados en los equipos de generación eléctrica. (Ver diagrama 5.1)





#### 5.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS PAROS INADECUADO DE LOS EQUIPOS.

De acuerdo al siguiente diagrama se lograron a identificar las principales causas que provocan los paros inadecuados de los equipos (ver diagrama 5.1).







#### 5.4 INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA 5.1

De acuerdo al estudio que se realizó dentro de la empresa se observaron las diferentes causas que intervienen en los paros de los equipos ya que al eliminar estas causas se obtendrían grandes beneficios. De acuerdo al análisis realizado se describen los paros inadecuados en la siguiente tabla. (Ver tabla 5.2).

Equipos	Los paros inadecuados que se presentan en algunas máquinas generadoras y equipos eléctricos se debe a la falta de un programa							
	de mantenimiento ya que algunas de sus piezas o terminales de							
	conexión ya están deterioradas y al no llevar a cabo un historial que							
	proporcione información detallada del estado en que se encuentran							
	los equipos, los operarios no se percatan de estos problemas y por lo							
	tanto estos siguen trabajando con los equipos a un ritmo normal hasta							
	que estos presentan alguna falla.							
Materiales	Debido a que la planta cuenta con maquinaria industrial generadora y							
	por lo tanto hay que tener los materiales más prioritarios, no existe un							
	control de inventario de materiales de trabajo ya que no se le da la							
	importancia adecuada. La falta de herramientas en el momento de							
	reparar los equipos provoca que a menudo se adquiera materiales de							
	baja calidad, lo cual a la vez también genera mayores costos ya que							
	al poco tiempo los problemas regresan.							
Personal	El personal eléctrico no se encuentra motivado y por lo tanto							
	comprometido para realizar acciones de mantenimiento, debido a que							
	no se les proporciona una capacitación adecuada para mantener en							
	condiciones óptimas el buen funcionamiento de los equipos eléctricos,							
	y para que ellos desarrollen habilidades de análisis en el momento en							
	que se presente algún problema y así poder controlarlos. Además se							
	presentan malos hábitos por parte del personar ya que en ocasiones							
	no se tiene un cuidado especial con los equipos, refacciones y							
	materiales utilizados durante alguna acción de mantenimiento.							
Método	Los métodos con que se cuenta para realizar acciones de							



	mantenimiento en ocasiones son inadecuados debido a que no se
	cuenta con un programa de mantenimiento bien establecido, ya que
	no se tiene un procedimiento programado de los trabajos y acciones
	de mantenimiento preventivo que se deben realizar en el área de
	producción para abatir ciertos tipos de problemas que se puedan
	presentar.
Organización	En cuanto a la organización se observa que generalmente no existe
	involucramiento de forma activa en acciones de mantenimiento, y
	ocasionalmente no se delimitan actividades y responsabilidades del
	área eléctrica con el de mantenimiento. Esto ocasiona que la
	organización no se percate de todos los problemas que se presentan.
Medio	En cuanto al medio ambiente donde se encuentran ubicados los
ambiente	equipos eléctricos se encuentran en malas condiciones, debido a que
	el lugar donde se encuentran los equipos eléctricos es una zona
T.I. FOR	húmeda y sobre todo falta de limpieza en el área.

Tabla 5.2 Descripción de los paros inadecuados de los equipos

#### 5.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Para realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa el diagrama de causa- efecto proporcionó la información necesaria para darnos cuenta que el tipo de mantenimiento que más utiliza la empresa es correctivo, sin embargo este tipo de mantenimiento se presenta solo cuando ocurre una falla o avería, es decir, solo actúan cuando se presenta un problema en el área de producción, lo que ocasiona costos elevados de mantenimiento debido a que en ocasiones no se cuenta con refacciones o materiales disponibles para dicha intervención, lo que a la vez genera paros inadecuados en generación afectando así la productividad y sobre todo la competitividad con otras centrales.

Este tipo de mantenimiento tiene como consecuencia las siguientes cuestiones:



#### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà



- Paros no previstos en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, ya que los ciclos productivos posteriores se ven afectados por la espera de la corrección de la falla.
- Presentan costos altos por reparación y repuestos no presupuestados.

Debido a lo anterior se cree conveniente crear un programa de mantenimiento aplicando TPM, con el cual se pueda abatir las causas principales que generan los paros inadecuados de los equipos así como los costos elevados por su reparación, a través de programas de mantenimiento preventivo, predictivo y de un cambio de cultura laboral.

Así también se obtendrán los siguientes beneficios:

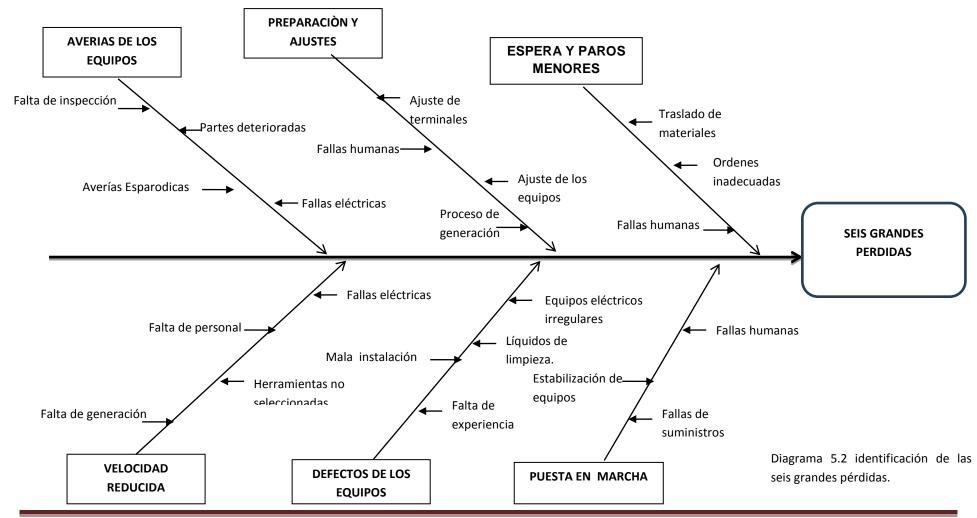
- Mejor ambiente laboral
- Menores problemas de calidad causados por fallas en equipos eléctricos.
- Mejorar la capacitación del personal eléctrico para implementar el programa de mantenimiento.
- Menor tiempo de reparación en el equipo dañado.
- Menores costos de mantenimiento.
- Menor tiempo improductivo relacionado con mantenimiento.
- Mejor seguridad laboral





#### 5.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS

De acuerdo a las causas que se obtuvieron en el análisis que se dio en el diagrama interior (5.2), se identificaron las principales pérdidas en los equipos eléctricos en la central hidroeléctrica bombanà (ver diagrama 5.3).







# 5.6.1 INTERPRETACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS.

En la siguiente tabla se describe cada una de las pérdidas de los equipos que se presentan en la central hidroeléctrica Bombanà (Ver tabla 5.3).

Perdidas	Descripción						
Por averías	Este tipo de perdida que se presentan en los						
	equipos eléctricos no se detecta a tiempo, ocurren						
	de forma esporádica, provocadas por el uso						
	constante de los equipos. Este tipo de averías						
	disminuye la disponibilidad de los equipos,						
	ocasionando retrasos en generación.						
Por preparación	La principal causa de perdida se presenta cuando se						
y ajustes	detiene una unidad de generación esto por parar el						
	equipo para realizar algún ajuste o reparaciones por						
	fallas.						
Por espera y paros	La principal pérdida de tiempo se debe por la espera						
menores	de algunos componentes, que son solucionados lo						
	más pronto posible. Ajustes de menores en						
	maquinaria durante el proceso.						
Por velocidad	Las pérdidas por velocidad reducida se deben a que						
reducida	los equipos y maquinarias no trabajan al 100%, ya						
	que algunas operaciones requieren de una cierta						
	habilidad manual por parte del personal y en						
	ocasiones no se cuenta con la capacitación						
	adecuada, por lo que se opta por disminuir la						
	velocidad.						
Por defectos de	Las principales pérdidas que se presentan por						
equipos.	defectos de equipos se deben, a la presencia de un						
	mal mantenimiento industrial en los equipos						
	eléctricos.						
Por puesta en marcha	Se presentan algunas pérdidas al poner en marcha						





la unidad generadora (generador) debido a que se encuentra en serie cada uno de los equipos eléctricos o que al momento de arrancar el generador, los trabajadores les faltan hacer algunos ajustes en los equipos eléctricos.

Tabla 5.3 Descripción de las seis grandes pérdidas.

#### 5.7 ESTRATEGIAS PARA ELIMINAR LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS.

- La creación de pequeños grupos mixtos que incluyen a personas de mantenimiento y Operación, facilita una aproximación global a la problemática de la eficiencia. Las ideas y esfuerzos reunidos de varias personas trabajando en equipo, permite acceder de forma más rápida y efectiva a las soluciones correctas. Compartir tareas implica también compartir conocimientos y, como consecuencia el crecimiento personal de cada individuo.
- ❖ Los grupos de trabajo deben dotarse de métodos comunes para la resolución de los problemas. Deben ser procedimientos sencillos de entender y de aplicar. Unos aplican para el análisis de problemas. Otros sirven para llevar a cabo mejoras en los métodos y condiciones del trabajo.
- ❖ El TPM hace énfasis sobre el Mantenimiento Autónomo llevado a cabo por los operadores. experiencia acumulada sobre el particular, ha permitido identificar las actividades más indicadas para su participación: limpieza, ajustes e inspecciones.
- ❖ Las herramientas de "calidad total", que inicialmente se destinaron hacia aspectos de producción, administración y ventas, han llegado al mantenimiento. Hay múltiples métodos que sirven a diversos propósitos. Su combinación aporta un poderoso instrumento, para conocer la situación real del Mantenimiento y resolver con éxito todo tipo de situaciones.



#### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà



- Involucrar tempranamente al personal de Operación y Mantenimiento para reducir las inconsistencias y problemas del costo total del ciclo de vida del equipo, (CCV), en cuanto al diseño, mantenibilidad, instalación y operación.
- Para soportar las estrategias y actividades descritas, es sumamente importante producir la capacitación y entrenamiento adecuado. Debe diseñarse y efectuarse un plan de capacitación, que cubra los requisitos específicos de la empresa, para los diversos perfiles existentes.





# CAPÌTULO VI

PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LA C.H.BOMBANÀ





#### 6.1 OBJETIVOS.

- Ayudar a la empresa y al personal eléctrico encargado de los equipos eléctricos, a evitar, reducir, y en su caso reparar las fallas, alcanzando y prolongando la vida útil de los equipos y con esto logrando la mayor productividad.
- Involucrar al personal encargado del área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà, fortalecer el trabajo en equipo, con el fin de disminuir paros inadecuados en la generación eléctrica, con la finalidad de estar en los altos niveles competitivos.

#### 6.2 CAPACITACIÓN AL PERSONAL.

Es importante capacitar al personal de mantenimiento ya que por lo general existe resistencia al cambio por algo nuevo, por lo que se debe informar al personal mediante cursos, no solamente sobre las responsabilidades sino que también los beneficios que obtendrán con la implementación de este nuevo programa. Así como también se debe involucrar (informar) al personal en temas relacionados con mantenimiento básico, todo esto se realizará en un horario establecido por la organización para no afectar el funcionamiento normal de las actividades de la empresa.

Para lograr esto, se informa a todo el personal que conforma el área eléctrica, que se realizará la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Para obtener una adecuada implementación de un programa de mantenimiento se requiere de un cambio de cultural ya que el objetivo es fortalecer el trabajo en equipo, en cuanto a, incrementar la moral en el trabajador. Crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato por lo que se requiere de la participación de todo el personal.





Para tener equipos de producción (generación) siempre listos, por ello de la importancia de llevar a cabo este programa, de manera adecuada, en si este se apoya en la participación proactiva de todo el personal que compone la empresa. Se soporta en las ciencias técnico-administrativas, para obtener una mejora constante en la productividad y calidad de sus productos o servicios haciendo énfasis en la predicción y prevención de defectos, errores y fallas de sus equipos.

Debido a la situación a la que se encuentra la central hidroeléctrica con el personal de trabajo ya que cambian cada determinado tiempo y no tienen a un ayudante del eléctrico establecido es necesario establecer cursos de capacitación para evitar ciertos accidentes que podrían ser de alto riesgo.

La cual se propone un programa de capacitación del personal para que la empresa siempre tenga capacitado al personal del área eléctrica. (Ver tabla 6.1).

CURSOS	Frecuencia
Capacitación a la introducción a pruebas eléctricas	Semestral
Capacitación de corriente alterna y corriente continua	Semestral
Capacitación al uso de herramientas de medición (pruebas eléctricas)	Semestral
Capacitación para la instalación de equipos eléctricos.	Semestral
Capacitación para el uso de líquidos de limpieza	Semestral
Capacitación al uso de herramientas de trabajo	Semestral

Tabla 6.1 programa de capacitación al personal de la C.H. Bombanà

6.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÀ.





#### 6.3.1 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

El mantenimiento autónomo se debe considerar como un instrumento para intervenir una organización, esto significa, transformar su cultura, creencias y formas de actuar del personal. En empresas que poseen procesos avanzados de mantenimiento autónomo, se pueden identificar las tres siguientes etapas de desarrollo de la organización.

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por los operarios, las actividades y acciones a realizar son las siguientes:

- Inspección
- Limpieza
- Verificación de ajustes de terminales y precisión
- Reparaciones livianas
- Identificación de situaciones anormales de su propio equipo

Pero además de estas habilidades técnicas, el trabajador desarrolla otro tipo de competencias como:

- Trabajo en equipo.
- Análisis de problemas.
- Capacidad de observación.
- Organización del trabajo.
- Formulación de metas personales y gestión de la rutina diaria.

#### Beneficios del Mantenimiento autónomo.

- Mejorar las inspecciones de rutina y el mantenimiento de la maquinaria.
- 2. Lograr las condiciones básicas de los equipos eléctricos.
- 3. Establecer una nueva disciplina de inspección por parte del personal operativo.





 Crear una nueva forma de dirección fundamentada en el autocontrol sobre los factores que contribuyen a su mal funcionamiento.

Para poder evaluar las condiciones del equipo debemos conocer todos los equipos que se encuentran dentro del área eléctrica, así como los parámetros de operación.

Para el desarrollo del programa de mantenimiento autónomo, como primer recurso, es necesario formar un grupo de proyecto, donde se involucre al personal de producción y mantenimiento, con el fin de unir fuerzas desde las etapas iniciales de la creación del sistema TPM, esto nos conduce a una mayor exactitud en la detención de problemas.

#### Factores clave para el desarrollo del mantenimiento autónomo.

Factores clave del trabajo autónomo:

- Identificar e involucrar a las personas clave que pueden potenciar el proceso.
- Modelo de formación continua.
- Práctica del conocimiento adquirido.
- Asignación de responsabilidades individuales.
- Organización que respalde el proceso de cambio.
- Un fuerte liderazgo de los diferentes niveles de dirección.
- Reconocimiento.
- Participación efectiva del personal para lograr los objetivos.
- Análisis y evaluación previa de las condiciones de los equipos eléctricos.
   (Ver tabla 6.2)



#### Propuesta de implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total en el área eléctrica de la Central Hidroeléctrica Bombanà





#### **COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

## SUBGERENCIA REGIONAL DE GENERACION HIDROELECTRICA GRIJALVA CENTRAL HIDROELECTRICA BOMBANA

#### PROGRAMA ELECTROMECANICO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

#### UNIDADES GENERADORAS

#### LISTA DE VERIFICACION DE LAS ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LAS UNIDADES

LISTA DE VERI	FICACION DE LAS ACTIVIDADES D	EL WAN I	EMIMIE	NIO RU	TINARIO D	E LAS UNIDADES
SUPERVISOR:						
						O-2153-SG01-R-02
UNIDAD GENERADORA No.						
ACTIVIDADES		REALIZADO		CONDICIONES		OBSERVACIONES
		SI	NO	В	M	
GENERADOR						
REVISION GENERAL DEL ROTO	R.					
REVISION GENERAL DEL ESTA	TOR.					
REVISION Y LIMPIEZA DE ANILL	LOS ROSANTES.					
REVISION DE T`P, T`C Y APART	ARRAYOS.					
LIMPIEZA DEL FOSO Y CABLES	DE CONTROL EN TRINCHERAS.					
TRANSFORMADOR.						
REVISION DE NIVELES DE TEM	PERATURAS. LO ≥ NORMAL ≤ HI					
REVISION DE CONEXIONES.						
GABINETE DEL REGULADOR D EXCITACIÓN.						
REVISION Y LIMPIEZA TABLILLA REGULADOR DE VOLTAJE.	AS, EQUIPO, CONEXIONES EN					
REVISION Y LIMPIEZA TABLILLA QUEBRADORA DE CAMPO.	AS, EQUIPO, CONEXIONES					
REVISION Y LIMPIEZA TABLILLA CIRCUITO EXCITACIÓN.	AS, EQUIPO, CONEXIONES					
INTERRUPTOR.						
REVISION Y AJUSTE DEL MECA APERTURA Y CIERRE.						
REVISION Y LIMPIEZA CONECT ELECTRICO.	ORES Y EQUIPO DEL CIRCUITO					
VERIFICAR OPERACIÓN Y FUG	AS DE AIRE EN COMPRESOR.					
TABLERO DE CONTROL.						
REVISION DEL VOLMETRO.						
REVISION DEL AMPERIMETRO.						
REVISION DEL MEDIDOR.						
LIMPIEZA Y AJUSTE DE LAS TE	RMINALES.					
LIMPIEZA DE LOS CABLES.						

TABLA 6.2 Lista de verificaciones del mantenimiento rutinario.





#### 6.4 GRUPOS AUTÓNOMOS.

Los grupos autónomos son aquellos que están integrados por un grupo de personas que cuentan con un área físicamente definida, un conjunto completo de tareas interdependientes; todos los sujetos han de poseer las habilidades necesarias para desempeñarlas, lo cual dota al equipo de una enorme flexibilidad. Además se les asigna la realización de inspecciones periódicas en los equipos, para verificar su limpieza, funcionamiento o deterioro, para así mejorar la productividad, la competitividad y las condiciones de trabajo. Están constituidos por personal del área de producción y del área de mantenimiento industrial.

#### Diseño del plan de trabajo de los grupos autónomos.

Inspeccionar y analizar cada uno de los equipos existentes en la planta generadora hidroeléctrica, para detectar anomalías y prevenir posibles fallas en los equipos, mediante la realización de trabajos de mantenimiento preventivo, así como llevar un control de los equipos mediante registros.

#### **Actividades de los Grupos Autónomos:**

- ❖ Realizar reuniones entre miembros del grupo para planear el trabajo, solucionar problemas, dudas, aportar ideas y tomar decisiones.
- Realizar inspecciones diarias a los equipos e instalaciones del área eléctrica.
- Estandarizar programas de inspección, limpieza, ajustes y pruebas de resistencia para las maquinarias y equipos.
- Realizar acciones de limpieza y ajustes.
- Registrar los datos obtenidos mediante la inspección en los formatos establecidos.
- Dar a conocer la condición en la que se encuentran los equipos.
- Realizar reparaciones menores.





Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, mediante la identificación y el control de los factores que contribuyen a su mal funcionamiento.

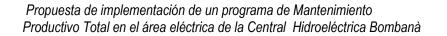
# 6.5 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÀ.

Para el control de materiales de consumo es necesaria una buena coordinación con el departamento que controla las refacciones. Ya que los equipos eléctricos requieren de limpieza, en la mayoría de los casos se opta por un material de uso general dependiendo del clima de la región y del tiempo de operación, entre otros aspectos. Así que los líquidos, trapos, lijas, etc., son los que en mayor volumen se mueven y siempre debe haber en los almacenes para cubrir satisfactoriamente las intervenciones.

La limpieza y los niveles de líquidos de baterías como parte del mantenimiento preventivo, es importante para obtener la óptima operación de los equipos, los factores principales para que dicha actividad sea exitosa es encontrar el líquido adecuado para los equipos y realizar una programación para efectuarla. Un adecuado plan de lubricación asegura el aumento de la disponibilidad del equipo así como su vida útil y disminuirá los tiempos y la frecuencia de los paros.

CFE de la Central Hidroeléctrica Bombanà después de analizar sus equipos, concluyo que las sustancias adecuadas a utilizar para la limpieza y para las especificaciones de sus equipos (banco de baterías, generador, regulador de voltaje, transformador, interruptor y tablero de control.) es el siguiente:

#### Dielectrol -25 (Líquido de limpieza para las partes eléctricas)







Proporciona una barrera aislante alrededor de los contactos y conductores eléctricos, que los protege de la humedad y corrosión del entorno. Su especial proceso de refinación asegura el poder dieléctrico necesario para aislar las partes conductoras de los transformadores de alta potencia. Su buena capacidad refrigerante es beneficiada por la adecuada viscosidad, y fluidez a bajas temperaturas, que favorecen la transferencia de calor. La alta resistencia a la formación de lodos, y facilidad de separación de los gases formados por efecto del arco eléctrico, aseguran una adecuada protección de los conductores.

#### **APLICACIONES**

Se recomiendan para transformadores, reguladores, generadores, y también en equipos utilizados en la apertura de circuitos que operan por formación de arco tales como; cortadores de circuitos, disyuntores, interruptores, llaves, fusibles, etc.

Antes de ser utilizado en sistemas eléctricos sopletee completamente para quitar el exceso de polvo, puede ser aplicado con pistola de aire. Aspersor de hombro, una vez lavado los equipos con dielectrol 25, sopletear perfectamente bien.

#### **DESENGRASANTE:**

Desengrasante dieléctrico (solvente r-909)

Su formulación está orientada para usos de limpieza sin que éste represente peligro en su aplicación por ser un solvente de alta tecnología y excelentes propiedades.

#### CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

- No es tóxico: Remplaza el acostumbrado uso del peligroso y tóxico tetracloruro de carbono, con la ventaja de ser más eficaz y seguro.
- ➤ No deja residuo: La superficie queda completamente seca, después de usarlo su tiempo de evaporación es lo suficientemente amplio para impedir que la humedad penetre en los giros y vueltas del metal.





No se inflama a la temperatura de ebullición. No irritante.

#### CARACTERÍSTICA LIMITES METODO

Apariencia Líquido incoloro sin materia en suspensión EM-01

Densidad a 20°C. 1.154 - 1.164 EM-03

Color natural, Pt-Co 15 Máx. EM-02

Punto de flama\*\* Mayor de 110°C EM-11

Valor Kauri Butanol\*\* 54 c.c. mín. EM-04

Intervalo de destilación a 580 mm Hg EM-05

Punto inicial 100°C mín.

Punto Final 195°C Máx.

\*\*Valor típico no reportado en el certificado de calidad.

#### APLICACIONES FUNCIONALES.

- ♣ Aplicarse en cualquier sitio donde se usen motores, la constante dieléctrica del R-909 es mayor de 25,000 Volts.
- ♣ Emplearse en embobinados ya que no tiene efectos corrosivos que dañen o alteren las condiciones del metal, pintura o caucho.
- ♣ Utilizarse en equipo eléctrico y mecánico donde limpia y desengrasa cualquier pieza de motores, generadores, condensadores y alambres conductores, es ideal ya que no ataca a los aisladores de esmalte plástico.
- ♣ Equipo como máquinas de imprenta, rodillos, tipos de offset, maquinaria de oficina, mimeógrafos, para motores y equipos de condensación de aire, amarres, rotores y terminales de motores, etc.

#### **ACEITE PEMEX N° 1**

El aceite actúa como medio (dieléctrico) aislante permitiendo reducir las distancias entre las partes vivas y la carcaza, lo cual sirve para obtener unas dimensiones menores de la misma aclaración: la carcaza es la misma cuba o vasija recipiente en la cual está encerrado el núcleo y sus bobinados.

El aceite trabaja como medio refrigerante para disipar o evacuar el calor generado en la operación normal del transformador, circulando desde la cuba





hacia los radiadores, formando un medio de convección para disipar el calor por radiación.

No obstante lo anterior, si existen transformadores de potencia que usan otros medios dieléctricos, tales como resinas epóxicas (llamados transformadores secos) y con gases (llamados transformadores encapsulados) como el Hexafluoruro de Azufre, más conocido como SF6. Los cuales por sus altos costos comparados con el aceite, restringen su utilización económica para propósitos muy específicos, tales como en lugares donde se requiera mayores niveles de seguridad (una central de generación nuclear) o donde existan limitaciones de espacios disponibles para el montaje de los transformadores de potencia, (edificios históricos, hospitales, rascacielos, etc.).

#### **ACIDO SULFURICO:**

El ácido sulfúrico de las baterías es dañino para la vida acuática incluso en muy bajas concentraciones y es extremadamente irritante, corrosivo y tóxico para el ser humano, lo que puede causar muy serios daños a la salud.

#### Medidas de seguridad durante el tratamiento de ácido de baterías

En caso de que el tratamiento del ácido sulfúrico se realice en el mismo sitio donde se almacena, se deben aplicar las siguientes medidas de seguridad en el área:

- ➤ Entrenar al personal que realiza la labor, sobre la correcta forma de actuar, procedimientos por seguir en casos de emergencia y medidas de primeros auxilios.
- Disponer de acceso a Fuentes de agua para lavado de ojos o cualquier parte del cuerpo que haya sido salpicada. En la medida de lo posible, el agua debe estar mezclada con bicarbonato de calcio en una concentración del 10%.
- Usar, como mínimo, el siguiente equipo de protección personal:
  - Botas de hule
  - Guantes de hule
  - Delantal de hule





- Chaqueta y pantalón de hule o de otro material resistente al ácido
- Gafas de protección contra sustancias químicas
- Pantallas faciales
- Máscara con cartucho para vapores orgánicos y gases ácidos

#### **FIBRA DE VIDRIO:**

La fibra de vidrio que se utiliza para los generadores son cuñas y cintas aislantes (ver tabla 6.3) que estas no permiten que ocurra algún daño en los equipos.

Materia	al			Descripción				
				Espesor			Ancho	Largo
Cuña f	Cuña fibra de vidrio 1,		1 cm	1 m				
				0.5,0.25mm				
Cinta	aislante	fibra	de	0.2	у	0.07	1pulg	33 mts
vidrio				mm				

Tabla 6.3 Características de los materiales aislantes que se utiliza en la Central Hidroeléctrica Bombanà

La fibra de vidrio es un producto natural, inorgánico y mineral, que por su naturaleza, características técnicas y prestaciones, la fibra de vidrio es indispensable en cualquier proyecto, aportando notorios y rentables beneficios al mejorar ostensiblemente el confort térmico en todo tipo de cubiertas. Gracias a su estructura elástica y fibrosa, la fibra de vidrio presenta valores inmejorables de absorción y amortiguación acústica. El ruido ya sea ambiental, industrial o proveniente de otros locales, es uno de los más acusados factores de falta de confort.

El uso de fibra de vidrio permite:

- Acondicionar y aislar acústicamente los locales.
- Proteger a las personas de las agresiones acústicas.
- Seguridad frente al fuego.





Gracias a la naturaleza inorgánica de la fibra de vidrio, ésta resulta de carácter incombustible y mantiene sus excelentes propiedades térmicas y acústicas incluso a elevadas temperaturas.

#### Ventajas de la Fibra de Vidrio:

Gracias a su entrelazado de fibras que le confieren un elevado poder aislante térmico, la fibra de vidrio reduce las necesidades de climatización en cualquier época del año, consiguiendo:

- Ahorro de energía.
- Ahorro económico.
- Confort térmico
- Contribuir a la ecología.
- Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.

#### **BARNIZ AISLANTE:**

Un aislante de resina, de constitución especial y mucho más resistentes que los cerámicos. Si son sometidos a esfuerzos por efecto de dilataciones o contradicciones de las barras que soportan, pueden resultar más convenientes y hasta más fácil, adoptar terminales de fijación especiales que permitan un ligero desplazamiento de los conductores.

#### Instrucciones de Uso

- 1. Desconectar los equipos eléctricos antes de limpiar.
- 2. Asegúrese de apuntar con la flecha del dosificador hacia la superficie a limpiar.
- 3. Aplique en forma pareja a unos 20/25 cm. de distancia.
- 4. Prevenga obstrucciones volteando el envase y presionando su válvula para liberarla de residuos. Si se enfría bajo 21° C, sumérjalo en agua a 32° C por 5 minutos.





5. Asegúrese que luego de limpiar, el área este completamente SECA, antes de energizar.

#### Secuencia para realizar la limpieza

- Programar las actividades de limpieza de los equipos con base al programa de mantenimiento.
- Contar con los materiales necesarios para realizar la limpieza.
- Localizar los puntos de limpieza en el equipo.
- Llevar a cabo el proceso de limpieza de acuerdo con el programa.
- Registrar las actividades realizadas en un formato de mantenimiento.

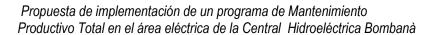
#### 6.6.- MANTENIMIENTO PLANIFICADO.

El objetivo de implementar mantenimientos planeados es el de mantener un seguimiento en las acciones de mantenimiento con el fin de evitar paros inadecuados en la generación eléctrica y efectuar las acciones en momentos en que la generación no se vea afectada.

Para llevar a cabo el mantenimiento planeado es necesario disponer de información histórica de los equipos para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo, esto se realizará con el trabajo conjunto de las áreas de producción y mantenimiento, tomando en cuenta los programas de mantenimiento autónomo.

Antes de emprender un programa de mantenimiento Preventivo y predictivo aplicando TPM es indispensable trazar un plan de trabajo y despertar el interés de quienes participarán en las actividades de este. Dentro del programa es importante elaborar un cronograma de actividades para poder apreciar los adelantos que se irán obteniendo durante el transcurso de su aplicación.

Se recomienda verificar la realización de las acciones que contenga el programa de mantenimiento planificado de acuerdo a las fechas propuestas para que se le pueda dar seguimiento a las acciones siguientes, también es importante que al finalizar cada etapa de este se haga un análisis y se evalúen los resultados obtenidos para conocer si se está trabajando correctamente, si







se logró lo planeado y en caso de encontrar alguna anomalía hacer los cambios pertinentes en el programa.

Para implantar un adecuado programa de mantenimiento se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ♣ Equilibrio entre las necesidades y la capacidad de satisfacerlas: La planeación del mantenimiento debe ser lo más ajustada a la realidad y tomar en cuenta la disposición y condiciones de los equipos para evitar estar adivinando o programar sin saber que pasa en las áreas de trabajo.
- Revisión y provisión para cambios en el programa: Siempre debe tenerse en cuenta la necesidad de hacer cambios en el programa, por ello estos deben ser flexibles, ya que habrán momentos que aunque se tenga la disponibilidad de realizar las acciones de mantenimiento no se podrán efectuar por anomalías de carácter externo.
- Registros prácticos: Todos los registros utilizados en la programación deben ser claros, sencillos y rápidos para evitar pérdida de tiempo y mal entendido entre los trabajadores; fechas de realización de acciones de mantenimiento tanto reales como planeadas, etc.
- ♣ Coordinación de materiales, personal, herramientas, equipos y producción: Al programar las acciones de mantenimiento se debe tener conocimiento preciso sobre la cantidad de materiales y herramientas que se necesitan, ya que si no se cuenta con ellas se debe realizar los pedidos necesarios para que cuando se tengan que realizar los trabajos se cuenten con ellos y así evitar retrasos. También es importante conocer las destrezas y habilidades del personal para poder asignarles la labor adecuada.

A la vez se tiene que coordinar con el área de generación para tratar de realizar los mantenimientos cuando las máquinas estén ociosas y sobre todo encontrar el momento adecuado para no afectar demasiado los tiempos de producción.





# 6.7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE CONFORMAN LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BOMBANÀ.

El mantenimiento preventivo se refiere a la conservación planeada de fábrica y equipo, la finalidad de este mantenimiento es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva.

Este tipo de mantenimiento, está basado en paradas programadas periódicamente para realizar una inspección minuciosa y reemplazar las piezas desgastadas. Con esto se intenta reducir el número de paradas por averías imprevistas. El mayor conveniente del mantenimiento preventivo es la elección del intervalo entre paros programados. Si el intervalo es muy corto, el tiempo de producción disminuye y la probabilidad de fallos por la interferencia humana aumenta. En cambio, si el intervalo seleccionado es muy grande, el número de paros por averías aumenta. Sin embargo este tipo de mantenimiento es de suma importancia ya que permite obtener un sensible ahorro, debido a que su principal objetivo es bajar los costos.

El mantenimiento preventivo es de suma importancia para las centrales hidroeléctricas ya que es el que consiste en una serie de trabajos que desarrollar en alguna maquinaria o instalación para evitar paros inadecuados y pérdidas en los equipos.

Esta serie de trabajos se toma de las instrucciones de los fabricantes al respecto y los puntos de vista que hacen los técnicos de mantenimiento en cada especialidad.

Este tipo de mantenimiento se subdivide en los siguientes tipos; el mantenimiento rutinario, mantenimiento menor y el mantenimiento mayor.

Para realizar este mantenimiento se necesita de las órdenes de trabajo (Ver anexo A) para efectuarlo en las máquinas y equipos de cada unidad sin embargo cada unidad generadora está compuesta por los siguientes equipos.

Banco de baterías

Generador





Transformador

Tablero de control

Interruptor

Cables de potencia

Regulador de voltaje

Cuchillas

#### 6.7.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Este tipo de mantenimiento consistirá principalmente en revisión y limpieza del generador, el regulador de voltaje y tablero de control (ver tabla 6.4). Este tipo de mantenimiento se realizara para las cuatros unidades generadoras que se encuentran instaladas en la Central Hidroeléctrica Bombanà, durante todo el año y de acuerdo al programa de mantenimiento con el que se propone en las siguientes tablas (6.5.1-6.5.12). (Guía de mantenimiento en centrales industriales de CFE una empresa de clase mundial (subdirección de generación) coordinación de generación hidroeléctrica).

NERAL	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
BANCO DE	Revisar el banco de batería	Mensual
BATERIAS	Limpieza del banco de baterías	Mensual
	Limpieza de los anillos rozantes	Semanal
GENERADOR	Ajuste de la porta escobillas.	Semanal
	Limpieza en los carbones	Semanal
	Limpieza en las bobinas	Semanal
	Limpieza en el rotor	Semanal
	Revisión de los TPs y TCs.	Semanal
	Limpieza de la tablilla del regulador de tensión.	Semanal
	Limpieza de la tablilla de la quebradora de	Semanal
REGULADOR DE	campo.	
VOLTAJE	Revisar puente rectificador (trincheras)	Semanal
	Limpieza y ajuste de los cables	Semanal
TABLERO DE	Revisión de las terminales	Semanal
CONTROL	Revisión del volmetro	Semanal
	Revisión del amperímetro	Semanal
	Revisión del medidor	Semanal

Tabla 6.4 Especificación de las actividades a realizar para cada unidad generadora durante el mantenimiento rutinario.





En las siguientes tablas que se proporcionan, se identifica el programa de mantenimiento rutinario durante un año, para las unidades generadoras de la central hidroeléctrica bombanà (ver tabla 6.5.1-6.5.12).

																		ENE	RO 2	2012															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																																		
UNIDAD 1	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 2	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 3	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 4	R																																		

														FEE	RERO	<b>)</b> 20:	12											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	1	2	3
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																											
UNIDAD 1	R																											
	Р																											
UNIDAD 2	R																											
	Р																											
UNIDAD 3	R																											
	Р																											
UNIDAD 4	R																											

															MAR	ZO 2	012												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	
	Р																												
UNIDAD 1	R																												
	Р																												
UNIDAD 2	R																												
	Р																												
UNIDAD 3	R																												
·	Р																												
UNIDAD 4	R																												

P Programado
R Real

Página 101





																		ΑE	BRIL	2012	2														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																																		
UNIDAD 1	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 2	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 3	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 4	R																																		

														Ν	1ayo	20	)12													
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	
UNIDADES		L	М	М	J	V	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	
	Р																													L
UNIDAD 1	R																													L
	Р																													
UNIDAD 2	R																													
	Р																													
UNIDAD 3	R																													
	Р																													
UNIDAD 4	R																													

																		JUN	IIO																	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D
	Р																																			
UNIDAD 1	R																																			
	Р																																			
UNIDAD 2	R																																			
	Р																																			
UNIDAD 3	R																																			
	Р																																			
UNIDAD 4	R																																			
Tabla 6.4.6	pro	gra	ma	de m	ant	eniı	mier	nto ru	ıtinaı	rio du	rante	el m	es de	juni	0			•				•	•					•	•			•				





												JI	JLIO															
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	V	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																											
UNIDAD 1	R																											
	Р																											
UNIDAD 2	R																											
	Р																											
UNIDAD 3	R																											
	Р																											
UNIDAD 4	R																											

														A	AGOS	TO												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
UNIDADES		L	М	М	J	V	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																											
UNIDAD 1	R																											
	Р																											
UNIDAD 2	R																											
	Р																											
UNIDAD 3	R																											
	Р																											
UNIDAD 4	R																											

													SEP	TIEM	IBRE														
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D
	Р																												
UNIDAD 1	R																												
	Р																												
UNIDAD 2	R																												
	Р																												
UNIDAD 3	R																												
	Р																											•	
UNIDAD 4	R																												
Tabla 6.4.9 prog	ram	a d	e ma	inten	imi	ento	o ru	tina	rio du	ırant	e el n	nes d	e Ser	tiem	bre.	•			•	•	•			•				•	





																		00	CTUE	BRE															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
JNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S
	Р																																		
UNIDAD 1	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 2	R																																		
	Р																																		
UNIDAD 3	R																																		
	Р																				·														
JNIDAD 4	R																																		

														1	ΙΟΟΙ	EME	RE												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
UNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D
	Р																												
UNIDAD 1	R																												
	Р																												
UNIDAD 2	R																												
	Р																												
UNIDAD 3	R																												
	Р																												
UNIDAD 4	R																												

													[	DICIE	MBR	RE														
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	3
JNIDADES		L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	L	М	М	J	٧	S	D	
	Р																													
JNIDAD 1	R																													
	Р																													
JNIDAD 2	R																													
	Р																													
JNIDAD 3	R																													
	Р																													
JNIDAD 4	R																													





#### 6.7.2 MANTENIMIENTO MENOR.

Se define como aquellos trabajos que de acuerdo a los registros de comportamientos (parámetros de operación), diagnósticos (sintomatología), experiencia y/o recomendaciones del fabricante, se requiere dar a los equipos y/o instalaciones. (Guía de mantenimiento en centrales industriales de CFE una empresa de clase mundial (subdirección de generación) coordinación de generación hidroeléctrica).

Debido a la situación actual con que cuenta la central se propone el siguiente mantenimiento menor para cada unidad generadora (ver tabla 6.6). De acuerdo al programa de mantenimiento menor establecido en las tablas (6.7.1-6.7.3).

GENERAL	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
BANCO DE	Reponer ácido sulfúrico del banco de baterías	Trimestral
BATERIAS	Ajustar los conectores de la baterías	Trimestral
OFNED ADOD	Ajustar los anillos rozantes	Semestral
GENERADOR	Ajuste de la porta escobillas.	Semestral
	Revisión de carbones	Semestral
	Verificar el estado actual del rotor	Semestral
	Pruebas de voltaje de los TPs y TCs.	Semestral
	Ajuste de la tablilla del regulador de tensión.	Semestral
	Ajuste de la tablilla de la quebradora de campo.	Semestral
REGULADOR DE	Ajustar puente rectificador (trincheras)	Semestral
VOLTAJE	Ajuste de las terminales de conexión	Semestral
	Ajuste de los cables	Semestral
TABLERO DE	Revisión y ajuste de los botones de protección	Semestral
CONTROL	Revisión de los botones de medición	Semestral
	Cambio de fusibles	Semestral
	Pruebas de resistencia a las conexiones	Semestral

Tabla 6.5 Especificación de las actividades a realizar para cada unidad generadora en el mantenimiento menor.





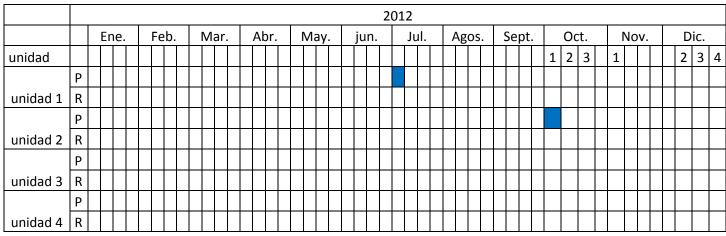


Tabla 6.5.1 programa de mantenimiento menor durante el año 2012.

P Programado
R Real

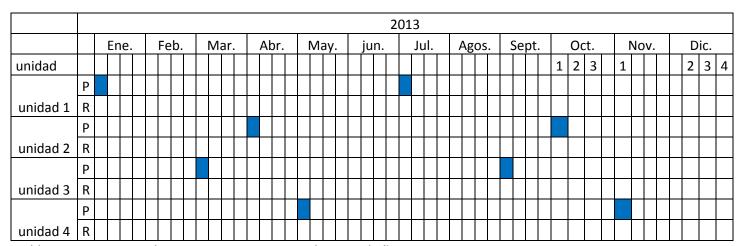


Tabla 6.5.2 programa de mantenimiento menor durante el año 2013.

P Programado
R Real

													2	01	4														
		Е	ne.	F	eb.	Ν	1ar	A	۱br	N	Лa	у.	jun			Ju	Ι.	-	Ag	os.	Se	pt.	0	ct.	Ν	١o	٧.	Di	c.
unidad																													
	Р																												
unidad 1	R																												
	Р																												
unidad 2	R																												
	Р																								Ī				
unidad 3	R																								Ī				
	Р																								Ī				
unidad 4	R																								Î				

Tabla 6.5.3 programa de mantenimiento menor durante el año 2014.





#### 6.7.3 MANTENIMIENTO MAYOR.

Es el que se realiza bajo la misma premisa que el menor y requiere de mayor tiempo, el empleo del personal y herramientas especializadas dependiendo de la capacidad de la unidad generadora, debido a que en este mantenimiento se requiere desmontar, reparar y/o sustituir las partes principales de la unidad. (Guía de mantenimiento en centrales industriales de CFE una empresa de clase mundial (subdirección de generación) coordinación de generación hidroeléctrica). En este tipo de mantenimiento se realizara mantenimiento a todos los equipos (ver tabla 6.8) que componen a la unida generadora en este caso sería a los siguientes equipos:

- Generador
  - Estator
  - Rotor
- Transformador
- Interruptor
- Regulador de voltaje
- Tablero de control
- Cables de potencia
- Cuchillas

El presente mantenimiento se propondrá cada dos años ya que la empresa tendría demasiado tiempo ocioso si se programara un mantenimiento anual y la empresa estaría perdiendo una gran cantidad de recursos el no estar produciendo energía, de acuerdo a esto se establece el siguiente programa de mantenimiento (ver tabla VI.4.1).

En este tipo de mantenimiento se realizan pruebas de resistencias a la mayor parte de los equipos que integran a la unidad generadora y se tomara notas para colocarlos en los formatos (ver anexo B).





General	Actividad	Frecuencia
Generador	Aplicar barniz aislante azul al estator color	Cada dos años
	Aplicar barniz aislante rojo al embobinado del rotor.	Cada dos años
	Verificar o cambiar cuñas con fibra de vidrio y aplicar cinta	Cada dos años
	aislante de fibra de vidrio a las bobinas del estator.	
	Reparación de la barra de neutros del generador.	Cada dos años
[	Cambiar tornillería de la barra de neutros	Cada dos años
	Revisar y cambiar cables de potencia	Cada dos años
	Revisar y desmontar el porta escobillas de los anillos	
	rozantes.	Ondo do ~ .
	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento al	Cada dos años
	generador.	Cada dos años
	Realizar pruebas de resistencias a los Transformador de	Caua uos anos
Transforma	potencial y de corriente.	Cada dos años
	Ajustar las terminales de los cables de potencia que conectan con el transformador.	Caua uus anus
dor		Cada dos años
	Limpieza y ajuste de las terminales de conexión con el	
	interruptor.  Realizar pruebas de resistencia de aislamiento al aceite.	Cada dos años
		Cada dos años
Interruptor	Realizar pruebas de relación de transformación.	Cada dos años
merruptor	Ajustar o cambiar las terminales de las diferentes conexiones del interruptor.	Caua uos anos
	Limpiar y ajustar a los relevadores.	Cada dos años
	Realizar pruebas de resistencias del interruptor	Cada dos años
	Realizar pruebas de cierre y apertura del interruptor	Cada dos años
	Revisar en forma general el gabinete.	Cada dos años
	Realizar limpieza general de los aislamientos.	Cada dos años
	Verificar el estado de las lámparas de señalización	Cada dos años
	Comprobar el funcionamiento de la resistencia calefactora	Cada dos años
	y el termostato.	
	Verificar las conexiones de la instalación firmemente	Cada dos años
	apretada.	
Regulador		Cada dos años
de voltaje		Codo dos =====
_	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Cada dos anos
Tablero de	,	Cada dos años
•		
control		Cada dos años
		Cada dos años
Cables do	verinicar y ajustar las terminales de control.	
	Realizar pruebas de aislamiento	
potencia	Limpiar a trincheras a los cables de potencia	Cada dos años
Cuchillas		Cada dos años
: L	Ajustar tornillerías	Cada dos años
Tablero de control  Cables de potencia	apretada.  Reapriete a las terminales de las diferentes conexiones del equipo de excitación estática.  Realizar pruebas de apertura y cierre de la quebradora de campo.  Revisar el esquema de protección de los equipos  Ajuste de las terminales  Verificar y cambiar fusibles de los equipos de medición y protección.  Verificar y ajustar las terminales de control.  Realizar pruebas de aislamiento  Limpiar a trincheras a los cables de potencia  Revisar los aisladores	Cada dos años

Tabla 6.6 Especificación de las actividades a realizar para cada unidad generadora en el mantenimiento mayor.





				2	201	2													20:	13										:	20	14					
unidades		Ε	F	М	Α	М	J	J	Α	S	0	N	D	Ε	F	М	Α	М	J	J	Α	S	0	Ν	D	Ε	F	М	Α	М	J	J	Α	S	0	N	D
unidad 1	Р																																				
umuau 1	R																																				
unidad 2	Р																																				
unidad 2	R																																				
unidad 3	Р																																				
unidad 3	R																																				
unidad 4	Р																																				
unidad 4	R																																				

Tabla 6.7 programa de mantenimiento mayor para las unidades generadoras.







# CAPÌTULO VII

CONCLUCIONES Y
RECOMENDACIONES.

Página 110





#### CONCLUSIONES.

Al término de la implementación de este proyecto me dejo muchas experiencias que me ayudaran a tener una mayor visión en el ámbito industrial y que todo lo que se aprende en el salón de clases es aplicado en la vida real.

En si la finalidad de la elaboración del mantenimiento productivo total en la en la Centrales Hidroeléctricas, es tener en óptimas condiciones la instalación y del mismo equipo de trabajo para garantizar la producción de electricidad; en el cual se emplean programas de mantenimiento autónomo y preventivo.

Existe algo que toda empresa debe tener presente, que hoy en día las exigencias del cliente son cada vez más fuertes, una de ellas es que el producto se le entregue en tiempo y forma, es por esta razón que debemos estar consientes que no se debe de tener paros en las líneas de producción.

La notable importancia que tiene el TPM en la eliminación de perdidas le confiere un lugar especial en el sistema Kaizen como en el Sistema Just in Time. Aunque la mayoría de las empresas no le han dado la suficiente prioridad debido a que solo se enfocan a producir y nunca se preocupan por la vida útil de los equipos, esta no deja de ser una herramienta muy eficaz para disminuir los desperdicios y los costes de producción y de mantenimiento.

En cualquier organización u empresa al inicio de implementar algo nuevo siempre abra obstáculos que impidan su realización, pero si concientizamos a la gente de los beneficios que se obtendrán estaremos seguros de que contaremos con su participación en las actividades que se les asignen.

Sin embargo el mantenimiento productivo total proporciona confiabilidad, eficiencia y productividad a la empresa, ya que este se considera como una actividad fundamental para la conservación de los equipos que lo que permite maximizar la producción.





#### RECOMENDACIONES.

En la implementación de TPM se demostró que es una herramienta muy eficaz para incrementar la productividad en la empresa, y que se necesita de la participación de todo el personal tanto el de producción como el de mantenimiento para que el departamento eléctrico cuide la vida útil de la máquina y de los demás equipos.

# Algunas de las recomendaciones que hago a la empresa son las siguientes:

- Que el personal sea motivado y consientes que son ellos mismos los responsables de su propio equipo y de su puesto de trabajo, en especial de mantenerlos limpios y en correcto funcionamiento, así como de la detección de problemas potenciales antes de que ocasionen dificultades a la maquinaria y el sistema eléctrico.
- Invertir para elevar los conocimientos y las habilidades de los trabajadores para que sean capaces de mantener y mejorar el equipo del que serán responsables. El TPM permite a los operarios entender su equipo y ampliar cada vez más las tareas de mantenimiento que puedan asumir, mediante una buena formación y entrenamiento.
- Capacitar al trabajador para concientizarlo a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, y establecer mayor responsabilidad del trabajador en cuanto a las condiciones de los equipos.
- Contar con las especificaciones de los materiales y herramientas adecuadas para que el trabajador trabaje adecuadamente.





#### GLOSARIO.

**Commissioning:** Servicio enfocado a la calidad para reforzar la entrega de un proyecto, centrado en verificar y documentar que la instalación y todos sus sistemas están planificados, instalados, comprobados, operados y mantenidos para reunir los requisitos fijados por el cliente en todo el ciclo de vida del edificio".

**Confort:** Ausencia de malestar térmico, además se considera como un estado mental donde nos encontramos cómodos con nuestra vida actual, con nuestras aspiraciones cubiertas y sin presiones.

**Discrepancia:** Falta de acuerdo o de aceptación, por parte de una persona, de una situación, una decisión o una opinión. Disconformidad, disensión, disentimiento.

**Extrapolar:** Método que consiste en suponer que el curso de los acontecimientos continuará en el futuro, convirtiéndose en las reglas que utilizamos para llegar a una nueva conclusión

**Fiabilidad:** Probabilidad de que una máquina, un aparato o un dispositivo funcionen correctamente bajo ciertas condiciones y en un periodo de tiempo determinado

**Megger:** Es un instrumento que sirve para medir altas resistencias, muy altas. Se llama así porque se usa para medir los Meg ohms, o sea millones de ohms. Se utiliza generalmente para determinar el valor de resistencia de aislaciones. Por su principio de funcionamiento, las puntas de medición someten a una tensión alta a lo que estas midiendo, generalmente 600 o mil volts. Por eso para algunos aparatos esta prueba es destructiva. Se suele utilizar para medir aislación de motores, entre bobinados y de bobinados a masa; y líneas de alimentación, pero se debe tener en cuenta que hay aparatos (el electrónico sobretodo)) que no pueden ser sometidos a esto y se deben desconectar previamente.



Ostensible: que puede manifestarse o mostrases.

Peachímetro: equipo para la medición simultánea del valor pH y temperatura.





# ANEXO A (orden de mantenimiento para las unidades generadoras)

	_			
FALLA	C.AJENA			
UNIDAD	EQUIPO AUX.	INSTALAC	CIONES	
<ol> <li>GENERADOR</li> <li>EXCITACIÓN</li> <li>REG. VOLTAJE</li> <li>TABLEROS.</li> <li>PROTECCIONES</li> <li>BANCO BATERIAS.</li> <li>INTERRUPTOR.</li> <li>TRANSFORMADOR.</li> <li>SUBESTACION</li> <li>ALUMBRADO.</li> </ol>				
LICENCIA	REGISTRO			
LOCAL.				
SUBAREA	AU	TORIZA		
FECHA INICIO ACTIVID DIA MES		NTENDENTE EN F	DIVERSIVES CIT. B	OWIDAN
ORDEN A ENCARGADO	DE MANTENIMIENTO.			
ORDEN A ENCARGADO  MANTENIMIENTO ELEC				
	TRICO	ADO		
MANTENIMIENTO ELEC	TRICO  NES O EQUIPO UTILIZA	ADO		

O-2153-SG01-R-01





#### ACTIVIDADES REALIZADAS

REALIZO	VERIFICO
ENCARGADO DE MANTENIMIENTO FIRMA	SPTTE. CENTRAL BOMBNA FIRMA

O-2153-SG01-R-01





# ANEXO B: (formatos para realizar pruebas eléctricas en los equipos eléctricos después del mantenimiento mayor)

#### I.- GENERADOR

**EQUIPO:** 

9 MIN. 10 MIN.

I.A I.P

# I.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ESTATOR

LOCALIZACIO	ON:					MARCA	۸:					
VOLTAJE: 24	00 VOLT	S	KVA:	1625		FRECU	ENCIA: 6	60HZ	-			
TIEMPO DE O	PERACI	ÓN:				FECHA						
TEMP. (°C)	28 °C											
PARTE	ESTAT	OR		F	ASE	A	F	ASE	В	F/	SE	С
PROBADA												
VOLTAJE	FASE A	4-B-(	<b>C</b>		Α			В			С	
DE PRUEBA	TIERRA	A FIS	SICA	TIERR	A FI	SICA	TIERRA	A FIS	CA	TIERRA	A FIS	ICA
TIEMPO	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ
15 SEG.												
30 SEG.												
45 SEG.												
1 MIN.												
2 MIN.												
3MIN.												
4MIN.												
5MIN.												
6 MIN.												
7 MIN.												
8 MIN.		1										

**UNIDAD: TRES** 

EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA: UNICO MEGGER Nº:

RANGO: > DE 50,000M $\Omega$ . OBSERVACIONES: PRUEBAS

REALIZADAS DESPUES DE MANTTO. MAYOR

PROBÒ: PERSONAL DEL DEPTO. ELÈCTRICO



#### I.2 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ROTOR.

EQUIPO:					UNI	DAD:					
LOCALIZACIO	ON:				MAF	RCA:					
VOLTAJE: 24	00 VOLT	S	KVA: 1	625		FRECU	ENCIA:	50HZ	7_		
TIEMPO DE C	PERACI	ÓN:	50 AÑC	S		FECHA:					
TEMP. (°C)	28 °C										
PARTE	POLOS	DE R	OTOR	1							
PROBADA											
VOLTAJE DE	500 VCE	)									
PRUEBA											
CONEXIÓN	POSITIV	O:Al	NILLOS								
DEPRUEBA	NEGATI	VO:		1							
	TIERRA	FISI	CA								
TIEMPO	LECT	K	MΩ								
15 SEG.											
30 SEG.											
45 SEG.											
1 MIN.											
2 MIN.											
3MIN.											
4MIN.											
5MIN.											
6 MIN.											
7 MIN.											
8 MIN.											
9 MIN.											
10 MIN.											
I.A											
I.P											
<b>EQUIPO INC</b>	LUIDO	EN	LA PRI	JEBA:	UNIC	00	ME	EGG	ER Nº:	 	

<del>- - -</del>

RANGO: > DE 50,000M $\Omega$ . OBSERVACIONES: PRUEBAS

REALIZADAS DESPUES DE MANTTO. MAYOR

PROBÓ: PERSONAL DEL DEPTO. ELÈCTRICO





#### II. CABLE DE POTENCIA

#### **II.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

<b>EQUIPO</b> :				ι	JNID	AD:					
LOCALIZACIO	N:				MAR	CA:					
VOLTAJE: 240	0 VOLTS	K	<b>VA:</b> 162	5	FR	ECUENC	<b>A:</b> 60HZ				
TIEMPO DE OF	PERACIÓ	<b>N</b> : 50	AÑOS		FE	CHA:					
TEMP. (°C)	28 °C										
PARTE	CABLE	S DE	POTEN	CIA						-	
PROBADA											
VOLTAJE DE	2500 VC	CD		2500 V	CD		2500VC	D			
PRUEBA											
CONEXIÓN	FASE A	1		FASE I	В		FASE C	;			
DEPRUEBA	TIERRA	A FIS	ICA	TIERR	A FIS	SICA	TIERRA	FIS	CA		
TIEMPO	LECT	K	МΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ		
15 SEG.											
30 SEG.											
45 SEG.											
1 MIN.											
2 MIN.											
3MIN.											
4MIN.											
5MIN.											
6 MIN.											
7 MIN.											
8 MIN.											
9 MIN.											
10 MIN.											
I.A											
I.P											

EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA: UNICO MEGGER Nº:

RANGO: > DE 50,000M $\Omega$ . OBSERVACIONES: PRUEBAS REALIZADAS

**DESPUES DE MANTTO. MAYOR** 

PROBÒ: PERSONAL DEL DEPTO. ELÈCTRICO





#### III. TRANSFORMADOR

#### III.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEVANADO ALTA TENSIÓN

#### III.2 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEVANADO BAJA TENSIÓN

EQUIPO:	UNIDAD:
LOCALIZACION:	MARCA:
VOLTAJE: 2400 VOLTS KVA: 1	625 FRECUENCIA: 60HZ
TIEMPO DE OPERACIÓN: 50 AÑO	S FECHA: 16 DE FEBRERO DEL 2012
TEMP (0C) 20.0C	

TEMP. (°C)	2	28 °C										
PARTE	Н	VS X	(									
PROBADA												
VOLTAJE DE	250	0 V	CD	25	00 V	CD	25	00 V	CD	100	00 VC	D
PRUEBA												
CONEXIÓN	Α	lta (H	)	-	Alta (I	H)	В	aja (	X)	Ва	aja (X	)
DEPRUEBA	X+ T	(Tie	rra)		Х			H+T			Н	
TIEMPO	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ
15 SEG.												
30 SEG.												
45 SEG.												
1 MIN.												
2 MIN.												
3MIN.												
4MIN.												
5MIN.												
6 MIN.												
7 MIN.												
8 MIN.												
9 MIN.												
10 MIN.												
I.A												
I.P												

EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA: UNICO

MEGGER Nº:

RANGO: > DE  $50,000M\Omega$ .

OBSERVACIONES: PRUEBAS REALIZADAS

**DESPUES DE MANTTO. MAYOR** 

PROBÒ: PERSONAL DEL DEPTO. ELÈCTRICO





#### **IV. INTERRUPTOR**

#### **II.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

EQUIPO:		UNIDAD:	
LOCALIZACION: C.H.BO	KVA:	MARCA:	
VOLTAJE: 33 KV	KVA:	FRECUENCIA:	
TIEMBO DE ODEDACIÓ	N. FO AÑOS	EECHA.	

TIEMPO DE OPERACION: 50 ANOS FECHA:														
TEMP. (°C)	36 °C													
PARTE	INT. ABIERTO			INT. ABIERTO										
PROBADA	TERMINALES DE		TERMINALES DE			INTERRUPTOR CERRADO								
	ENTRADA		SALIDA											
VOLTAJE DE	2500 VCD		2500 VCD			2500VCD								
PRUEBA														
CONEXIÓN	FASE ABC			FASE ABC			FASE ABC							
DEPRUEBA	Т		Т			Т								
TIEMPO	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ	LECT	K	MΩ					
15 SEG.														
30 SEG.														
45 SEG.														
1 MIN.														
2 MIN.														
3MIN.														
4MIN.														
5MIN.														
6 MIN.														
7 MIN.														
8 MIN.														
9 MIN.														
10 MIN.														
I.A														
I.P														

EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA: <u>UNICO</u> MEGGER Nº

RANGO: > DE 50,000M $\Omega$ . OBSERVACIONES: PRUEBAS REALIZADAS

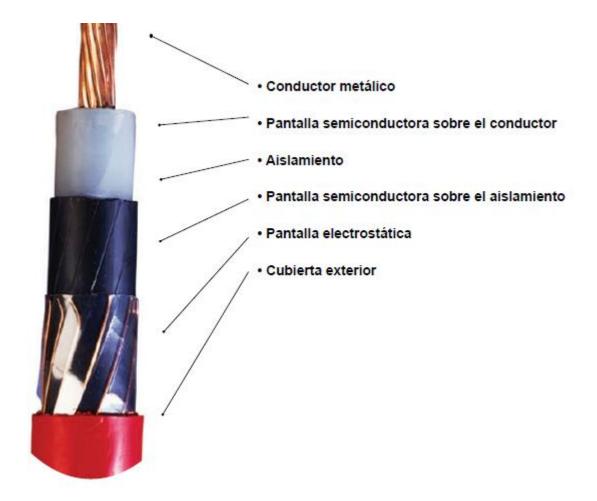
**DESPUES DE MANTTO. MAYOR** 

PROBÒ: PERSONAL DEL DEPTO. ELÈCTRICO.





# ANEXO C componentes del cable de potencia de 5 kv.



# ANEXO D (Mantenimiento al generador)







# ANEXO E (mantenimiento al transformador)









#### **REFERENCIAS**

Administración de mantenimiento industrial (E.T. Newbrough) editorial diana México. Primera edición julio 1974, séptima impresión, abril de 1986.

Centrales hidroeléctricas "redes eléctricas" estaciones transformadoras del mismo autor (editorial Gustavo Gili, S.A. calle del Rossellon 87-89 Barcelona -15 MCM LXV (Gaudencio Zoppeti Jùdez, ingeniero industrial)

Guía de mantenimiento en centrales industriales de CFE una empresa de clase mundial (subdirección de generación) coordinación de generación hidroeléctrica.

Ingeniería de confiabilidad (Jorge Acuña Acuña) editorial tecnológica de Costa Rica.

La administración en el mantenimiento; como planear, organizar, dirigir y controlar el mantenimiento del equipo industrial (enrique Dounce Villanueva) primera edición abril de 1973.

La productividad en el mantenimiento industrial (Enrique Dounce Villanueva, Jorge Fernando Dounce Pérez) cuarta reimpresión México 1997.

Un enfoque analítico del mantenimiento industrial (Enrique Dounce Villanueva) primera edición México, 2006.





#### **PAGINAS WEB**

#### **González Andrade Carlos Alberto (TPM)**

www.monografias.com

#### Manés Fernández Cabanas, Manuel García Melero.

http://www.tecnicasparaelmantenimientoydiagnosticodemaquinasrotativas.com

http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles\_on\_total\_productive\_maintenance/tpm/tpmrobertsSpanish.htm

http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml

http://books.google.com.mx.Lluís Cuatrecasas Arbós, Lluís Cuatrecasas y Francesca Torrell, FRANCESCA TORRELL MARTINEZ - 2010). TPM en un entorno, estrategia competitiva

#### Producto 1 Mantenimiento planificado

http://www.manteniminetoplanificado.com

#### Que es TPM

http://hemaruce.angelfire.com/tpm.pdf

http://www.ceroaverias

http://www.solomantenimiento.com

http://www.odim.com.mx/Mantenimiento%20Productivo%20Total.htm