INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXT LA GUTIERREZ

ESPECIALIDAD:

INGENIERÍA ELÉCTRICA.

RESIDENCIA PROFESIONAL:

ACTUALIZACIÓN Y CAMBIO DE EQUIPOS DE TEMPERATURA EN CHUMACERA Y DEVANADOS DE LA UNIDA 5 DE LA C.H. BELISARIO DOMÍNGUEZ.

ASESOR INTERNO:

DOC. RUBÉN HERRERA GALICIA.

ASESOR EXTERNO:

ING. GILBERTO FIGUEROA MARTÍNEZ.

ALUMNO:

LUIS ENRIQUE SUCHIAPA MAGDALENO.

ARISEL RINCÓN PÉREZ.

TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS.

Índice

1. Introducción 3

1.1 Antecedentes 4

1.2 Estado del arte 5

1.3 Justificación 6

1.4 Objetivo 7

2. Fundamento teórico 7

2.1 Análisis del estado del arte de generadores de 180 MW 7

2.2 Caracterización mecánica y eléctrica de la unidad generadora 15

2.3 Instrumentación 37

2.4 Caracterización del sistema de control de la unidad generadora 51

3. Desarrollo 55

3.1 Procedimiento de desalambrado de señales y alarmas 55

3.2 Realización de desmontaje de 6 termómetros 59

3.3 Retiro de gabinete existente 62

3.4 Montaje de gabinete nuevo 63

3.5 Realización de instalación de 12 termómetros nuevos 66

3.6 Procedimiento de alambrado de alarmas y disparos 74

3.7 Pruebas operacionales 79

3.8 Pruebas de puesta en servicio 83

4. Resultados y Conclusiones 84

5. Bibliografía 85

1. Introducción

Actualmente los instrumentos de medición están siendo usados en todas partes, cada uno de ellos son partes importantes en su rama y optimizan de alguna forma las actividades tanto residenciales como en las grandes industrias. Muchos de ellos los utilizamos de forma cotidiana en nuestras vidas, por lo que muchas veces no nos damos cuenta de la naturaleza de estos dispositivos, algunos de los instrumentos que podríamos mencionar serían los relojes, los termómetros, indicadores, medidores.

Este proyecto está fundamentado a grandes rasgos en la aplicación de los sensores de temperaturas y de la gran importancia que tienen en el ámbito de los diferentes tipos de controles que existen, en este caso el capítulo uno trata del estado del arte que involucra a la instrumentación que se emplea para el buen funcionamiento en una maquina generadora de energía eléctrica.

En este caso se abordan temas relacionados con el tipo de sensor de temperatura que se emplea desde el comienzo de funcionamiento de la unidad generadora hasta la actualidad, así como también el objetivo. En el capítulo dos, se refiere a los fundamentos teóricos que se tienen de cada uno de los diferentes tipos de sensores, así como de sus transductores y sus diferentes aplicaciones, de aquí partimos para la seleccionar el tipo de sensor para la unidad generadora, teniendo en cuenta una serie de actividades para poder aplicar.

En el capítulo tres, se desarrolla toda la secuencia que tiene que ver con la aplicación de cómo se realiza el proceso de desmonte y todos los protocolos que se tienen que seguir para desmontar un cable de control, así como también el proceso de señalización, localización y fijación de los protocolos de etiquetación. Por otra parte también se emplea un protocolo de cómo se realiza la implementación de la selección de los equipos que se requieren para el acarreo de los tableros tanto usados como los nuevos que se van a instalar.

Las personas comunes como se menciona anterior mente, regularmente no tiene idea de cómo funciona un instrumento de medición avanzado y más aún como está compuesto dicho aparato internamente y mediante que principios funciona. Pero eso no quiere decir que ellos necesiten saber todo eso, ya que para ello existen las empresas que los fabrican y los calibran a cada uno de ellos para que si una persona común pueda mediante instrumentaciones sencillas manejar ya sea un termómetro, una balanza electrónica, un surtidor de gasolina por mencionar algunos de ellos.

Principalmente los ingenieros de materiales y otros especialistas en estos dispositivos son los que deben de tener el conocimiento de los distintos instrumentos de medición que existen para que con dicho conocimiento no solo puedan saber cómo funcionan los sistemas de medida que se utilizan en la caracterización de los materiales y en los procesos de fabricación de los mismos.

Sino también puedan juzgar que es lo adecuado y que no, de los sistemas de medición utilizados por otros, es decir, poder seleccionar un sistema adecuado de medida para un uso particular. Por lo que entonces empezamos definiendo a la instrumentación la cual es el conjunto de instrumentos que hacen posible la medida de una variable física particular y, por extensión, también al conjunto

1.1Antecedentes

Termómetro.-Cuando uno percibe en el ambiente los diferentes niveles de temperatura, solamente percibimos una cantidad inmensurable de calor y se dice entonces que estamos percibiendo una cantidad alta o baja calor sin tener en cuenta la magnitud de esto, pero en estos casos, cuando acezamos aun espacio donde la cantidad de calor tiene una importancia vital en el funcionamiento de un sistema tan eficiente como son, las centrales hidroeléctricas de generación de energía.

Cabe resaltar que esta parte tiene mucha importancia en el funcionamiento de las unidades de generación. Los instrumentos de medición de temperatura adquieren un papel importante en el proceso de generación ya que de estos dependen que funcionen adecuadamente el sistema, manteniendo una temperatura controlada, lográndose así un funcionamiento adecuado y con esto mantener la vida útil de los equipos que componen la unidad de generación de la central hidroeléctrica.

En el caso de la central Belisario Domínguez, Al entrar a casa de máquinas se logra percibir que los instrumentos de medición están colocados en áreas estratégicas (figura 1) para lograr determinar la temperatura del sistema, pues como en toda industria hidroeléctrica, es necesario mantener el control de las temperaturas para lograr el correcto funcionamiento de los equipos.

Con el paso del tiempo es necesario recurrir a actualizaciones en los diversos equipos de medición debido a las tendencias tecnológicas; los cambios de estos equipos son innovados con aplicaciones y tecnología de punta, con el fin de lograr mayor precisión y facilidad en lecturas visibles en alarmas controladas digitalmente, es así como en la Central hidroeléctrica Belisario Domínguez.

Los instrumentos de medición han pasado de ser una forma más eficiente ya que anteriormente constaba de indicadores visuales analógicos y con esta tecnología pasan a ser tanto visual como auditivas con un rango más eficiente en cuestiones de alarmas digitales.

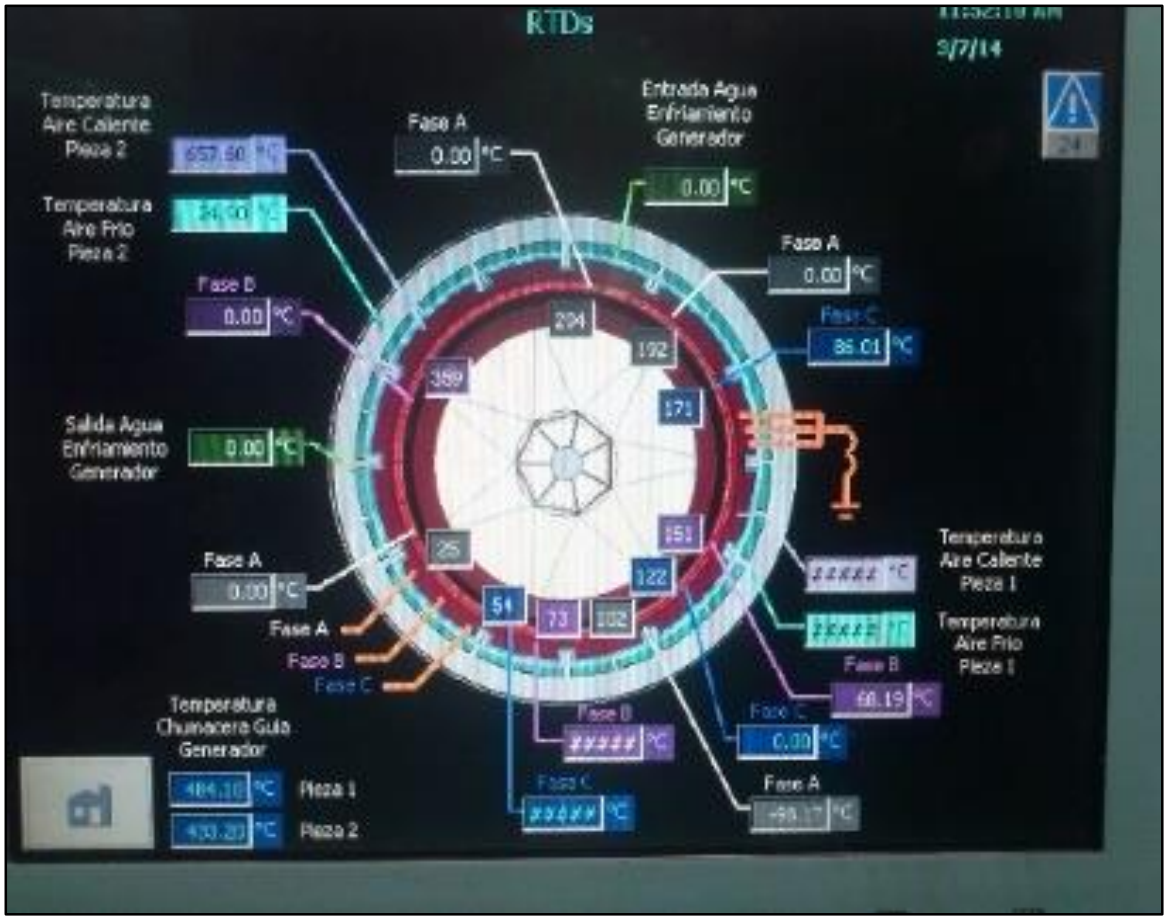

Fig. 1.1*Ubicación de los RTD; vista en monitor.*

1.2 Estado del arte

Es importante considerar que desde tiempos muy remotos, la humanidad ha tenido la necesidad de cuantificar la cantidad de calor en diferentes cuestiones de la vida, tal es el caso de que en un aplicación de mejorar la calidad de vida entre las personas, en muchas ocasiones esta necesidad se fue profundizando en los ámbitos de trabajo a tal grado que surgen las necesidades de poder controlar los diferentes espacios de trabajo.

En este sentido como en otras partes de la ciencia el progreso en termometría va ligado a descubrimientos a los que es difícil asignar una paternidad, especialmente en épocas en los que la comunicación entre los científicos era escasa o inexistente. Esto sucede, por ejemplo con la aparición del termoscopio de aire durante el renacimiento, con la consideración simultanea de los puntos de

solidificación y de ebullición del agua como el punto de referencia, con el uso del mercurio como liquido termométrico, o con la inversión de la escala propuesta originalmente por Celsius por mencionar algunos.

En esta central hidroeléctrica Belisario Domínguez, hace poco más de 20 años se inició con un sistema que acoplaba una señal analógica y los elementos primarios estaba formado por capilares de tipo resistivo de mercurio, la cual se siguió utilizando con un poco ya de problemas, en lo que respecta al mercurio como se sabe es contaminante por tal motivo también se opta por cambiar la tecnología.

Pero esto sigue funcionando hasta finales de enero del 2014 y a principio de febrero del 2014 se realiza un diagnostico llegando a la conclusión que la tecnología es obsoleta, mientras que en el mercado ya se encuentra tipos de sensores y transductores que reúnen tanto tecnología como calidad en el funcionamiento de este tipo de aplicación para una medición de temperaturas más exacta.

Cambiando a un sistema más estable con tecnología existente en vanguardia, teniendo una comunicación digital en tanto a la indicación y a los controles que el sistema requiere. Por otra parte cabe resaltar que la tecnología anterior estaba un poco rudimentaria, pues no contaba con alarma audibles y sobre todo la señal que se establecía era de tipo análoga.

Fig. 1.2 *Gabinete de termómetros analógicos.*

Fig. 1.3 *RTD en chumacera de carga.*

1.3 Justificación

Se realizó el cambio debido a que era un equipo obsoleto, dando así el término de su vida útil, el equipo realizo lecturas erróneas constantes que pudo traer como consecuencia el daño de la chumacera de la unidad número cinco, por tal motivo que se tomó la decisión de efectuar con urgencia el cambio de estos termómetros a equipos actualizados, con una tecnología de mayor precisión para mayor seguridad de dicha unidad.

Los termómetros actualmente colocados cuentan con mayor precisión, es tecnología a la vanguardia, cuentan con cuatro niveles de alarmas, mayor sensibilidad y precisión, cuenta con características que satisfacen las necesidades que se requieren en dicha central.

Paso de ser un sistema de medición por termómetro líquido a medición por termómetro de gas (anteriormente las lecturas eran medidas con termómetros por dilatación de mercurio el cual tenía un riesgo enorme debido a lo toxico del mercurio, en dado caso que se rompiera) mientras que los termómetros ahora colocados son por dilatación de gas, los termómetros de gas aportan una lectura más precisa y clara ya que el gas es más sensible a los cambios de temperaturas.

Estos equipos pueden ser controlados digitalmente en un sistema físico-digital-visual; por lo tanto“ no es necesario su constante revisión" sin embargo no se excluye la revisión visual en el cual se usa el tablero local de turbina o bien a través de una computadora, la cual se ubica en tableros generales o en una portátil la cual está conectada a la red de CFE, esto para llevar un mejor control de la unidad.

A través del tiempo diversos equipos han sido descontinuados, ya sea por el término de su vida útil o bien para ser sustituidos por equipos con mayor precisión y mayor facilidad de control.

1.4 Objetivo

Es el cambio y actualización del sistema de medición, que se encuentran en la unidad cinco, de la central generadora de electricidad de Belisario Domínguez, esto se refiere al cambio de equipos con el fin de lograr un mejor funcionamiento en la medición de temperatura de las chumaceras y devanados, logrando así, una mayor precisión en las lecturas de los límites permitidos de la temperatura que se encuentran en dicha unida.

2. Fundamento teórico

2.1 Análisis del estado del arte de generadores de 180 MW

Las Centrales Hidroeléctricas son el conjunto de obras hidráulicas y equipamientos electromecánicos construidos con el objetivo de transformar la energía almacenada por el agua en forma potencial y cinética, en energía eléctrica. Existen diversos criterios para clasificar las centrales hidroeléctricas. Estos pueden ser: Por la disposición general que presentan, Por la forma de utilización de la energía generada, Por la potencia instalada, Otros criterios.

Por la disposición general, las centrales hidroeléctricas se clasifican en centrales de represamiento y centrales aguas fluyentes. Al primer grupo pertenecen aquellas que disponen de un embalse de dimensiones considerables que les permite acumular un gran volumen de agua que luego es utilizada de forma conveniente, por lo que también se les suele llamar centrales por regulación.

En estas, la generación de electricidad puede ser la función principal del embalse, pero en ocasiones el embalse cumple otras funciones, como son, el abasto de agua para usos domésticos o para regadío, evitar inundaciones, navegación fluvial, piscicultura, entonces la generación de electricidad puede estar supeditada a otras funciones más importantes.

Las centrales aguas fluentes son aquellas en las cuales el agua a signada a la central se toma del río mediante una pequeña obra de captación y es llevada hasta la casa de máquinas mediante diferentes tipos de conducciones, según la topografía del terreno y los medios disponibles lo permitan. Si el agua a la salida de las máquinas es reintegrada al cauce original del río, se denomina central en derivación, de lo contrario, se conoce como central de desvío.

Esta última disposición debe evitarse por su incidencia negativa sobre el medio ambiente. Según la manera en que la energía es utilizada, las centrales hidroeléctricas pueden ser por regulación o de uso continuo. Las centrales por represamiento, generalmente se utilizan en centrales conectadas al sistema eléctrico nacional o regional, funcionando mediante el sistema de regulación, generando un determinado número de horas al día a una potencia constante.

En función del escurrimiento del río, la capacidad útil del embalse y el salto hidráulico, resulta relativamente fácil de terminar la energía que se puede generar en un determinado período de tiempo y la potencia optima a instalar. Las centrales aguas fluentes que trabajan de forma aislada, generalmente lo hacen de manera continua un mayor número de horas al año, con la potencia fluctuante, según la demanda o la disponibilidad de agua del río, de ahí que sea tan difícil la determinación de la potencia a instalar.

El término Pequeñas centrales hidroeléctricas es un concepto genérico. En función de la potencia instalada, las pequeñas centrales se clasifican en: micro centrales, minicentrales, pequeñas centrales y grandes centrales, algunos incluyen el término ″nanocentrales″ para aquellas de potencias inferior aun kW, existen algunas diferencias en los rangos que dan los diferentes organismos regionales. En la tabla 2 se muestra, a modo de ejemplos, algunos de ellos.

En la tabla 2.1 se describe la clasificación de las centrales hidroeléctricas en función de la potencia instalada.

Tabla 2.1 *Clasificación de centrales hidroeléctricas.*

Organismo	Región	Micro C.	Mini C.	P.C.H	Grandes
OLADE	América L.	0-50 kW	51-500 kW	500-5000 kW	>5000 kW
IDEA	España	0-50 kW	51-500 kW	500-1000 kW	>10000 kW
HIC	R.P China	0-50 kW	51-500 kW	500-25000 kW	>25000 kW
Banco Mundial		0-100 kW	100 kW-1	1 a 20 MW	>20000 kW

OLADE-Organización Latinoamericana de la Energía
IDAE-Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía. España
HIC –Han zhou International Center. República de China

El desarrollo eléctrico.- Comenzó a estimularse el uso de las pequeñas centrales hidroeléctricas, por ser una forma de energía renovable y limpia, que produce poco impacto sobre el medio ambiente. Muchas de las formas de actuación para las grandes centrales hidroeléctricas no eran aplicables a las P.C.H.

Para poder enfrentar y resistir los embates competitivos de otras fuentes renovables y no renovables de energía, ha sido necesario perfeccionar los proyectos y las formas de explotación de las P.C.H.

En este sentido, los trabajos fundamentales han estado en caminados a la utilización de recursos hidráulicos de usos múltiples, tales como, el abasto de agua a poblaciones, el regadío, la piscicultura, la optimización técnico-económica de los proyectos, el aumento de las eficiencias, la disminución de los costos de explotación mediante la utilización de plantas completamente automatizadas o teledirigidas, y otros avances.

El desarrollo futuro de la generación de energía en todo el mundo.- La energía hidroeléctrica suministra actualmente cerca del 16% de las necesidades de electricidad del mundo. La mayoría de los escenarios a medio plazo, prevén que los requisitos de energía serán cubiertos principalmente por una combinación de varios recursos nuevos, combustibles y fósiles renovables.

El MEM (el Mercado Eléctrico Mayorista) estima que la suma de proyectos previstos para el periodo 2011-2015 aportará al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) un incremento promedio de 869 MW/año.

Según el Documento Promotor del Subsector Electricidad 2012, del Ministerio de Energía y Minas (MEM), la energía proviene, un 56% de centrales hidroeléctricas y 44% de termoeléctricas. Además, explica que la producción eléctrica por tipo de fuente tuvo la participación del 59% de hidroenergía, 34% gas natural, 4% diesel y residual y 3% Carbón mineral.

También conceden gran importancia a la sostenibilidad. Sus estrategias de sostenibilidad se basan en la instalación de tecnologías y procesos respetuosos con el medio ambiente moderno y en la responsabilidad social. Es por eso que están invirtiendo en infraestructura, salud y educación en los lugares y las comunidades en las que sus empresas operan. Además, se crean nuevos puestos de trabajo para la población local, sub-proveedores, y otras industrias, la mejora del nivel de vida de miles de personas.

Ventajas de la energía hidroeléctrica.- Hasta el momento, sólo el 30% de los recursos mundiales de energía hidroeléctrica se han desarrollado, en comparación con otras fuentes de energía, la energía hidroeléctrica ofrece algunas ventajas importantes, la energía hidroeléctrica es una forma probada de la generación de electricidad ya que el agua es una fuente de energía renovable. La energía hidroeléctrica contribuye de manera significativa a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La energía hidroeléctrica es una forma de energía limpia y no deja residuos nocivos para el medio ambiente.

La generación de energía hidroeléctrica es rentable y no es sensible a los aumentos de precios de los combustibles. En muchas regiones del mundo, los embalses hidroeléctricos son también de vital importancia para el abastecimiento de agua, riego y protección contra inundaciones. Las obras de construcción civil para las plantas hidroeléctricas crean puestos de trabajo locales y apoya las economías regionales. La energía hidroeléctrica conserva los recursos de combustibles fósiles.

Fig. 2.1 *Turbinas Francis.*

Modernización y remodelación.- Alrededor del 50% de las tecnologías primarias y secundarias instaladas en centrales hidroeléctricas en todo el mundo son mayores de 30 años. El mercado de las modernizaciones, la rehabilitación y el aumento de capacidad de los equipos de energía hidroeléctrica instalada se concentra principalmente en Europa y América del Norte. El HYDRO Servicio ANDRITZ y División de Rehabilitación ofrece soluciones, productos y servicios en todo el ciclo de vida de las centrales hidroeléctricas. Una red de servicios bien desarrollado garantiza una respuesta rápida y competente a las necesidades del cliente.

Los servicios y programas de modernización se han diseñado para: Aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la planta, Impulsar la generación de energía a través de la utilización óptima de los recursos hídricos, Aumentar las oportunidades de ingresos de generación de potencia máxima.

Reducir el riesgo de fallas e interrupciones no planificadas, Optimizar el valor de la vida vegetal y operativa, Automatización, control, protección, excitación, y la sincronización, Los sistemas de monitoreo y diagnóstico. La División de Servicio y rehabilitación es responsable de marketing y ventas, así como para la ejecución de los proyectos de los servicios, proyectos y productos mencionados anteriormente.

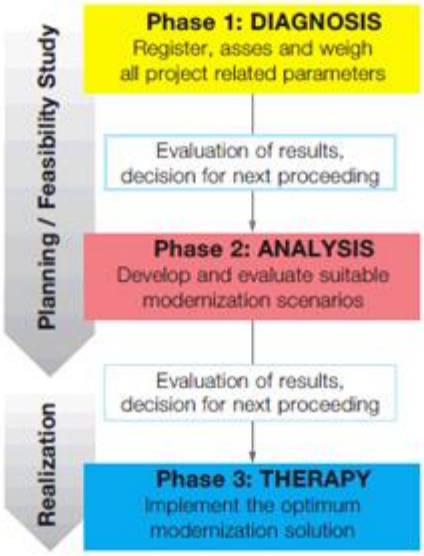

Fig. 2.2 *Diagnostico, análisis terapia.*

Centrales hidroeléctricas a pequeña escala.- El HYDRO División Hydro compacto ANDRITZ es el líder mundial en productos y servicios para centrales hidroeléctricas pequeñas y medianas empresas de hasta una potencia de 10 MW para la axial y turbinas Kaplan y una potencia de 30 MW para Francis y Peltón turbinas.

Compacto Hydro significa "Wáter to Wire" soluciones basadas en componentes modulares pre-diseñados. Compacto Hydro ofrece una única fuente de suministro para todo el equipamiento electromecánico, así como las unidades del taller a prueba y los tiempos de instalación cortos.

Hydro compacto.- Servicios compacto Hydro incluyen la ingeniería, el diseño, las pruebas modelo, compras, fabricación, montaje, gestión de proyectos, gestión de sitios, instalación, puesta en marcha, pruebas y capacitación del personal para

todo el equipo mecánico y eléctrico, turbinas hidráulicas, Reguladores de velocidad digital y UPH, las válvulas de cierre, generadores síncronos y asíncronos, equipo de automatización, control, protección, excitación y sincronización.

Los diferentes tipos de turbinas Unidades axiales de hasta 10 MW.- Bombilla por correas, Bombilla cónicos engranajes, Bulbo y Ecobulb, Pozo, Kaplan, TAO, De tipo S.

Unidades Francis de hasta 30 MW.- Eje horizontal o vertical, Corredores de descarga simple o doble, Ingesta de espiral o cámara abierta.

Unidades Peltón hasta 30 MW.- Horizontal, de 1 a 3 boquillas, Vertical, 1-6 boquillas. Otras dos unidades compactas Hydro empezar a generar algún poder "verde" en el mundo cada semana.

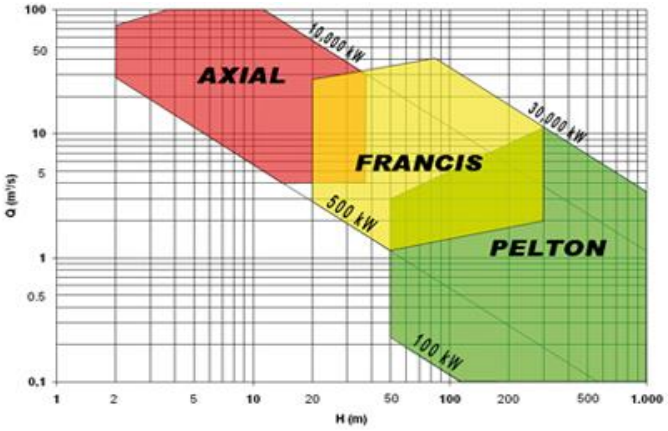

Fig.2.3 *Tipos de turbinas.*

La energía hidráulica se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente, se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta río abajo.

Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos.

Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que precisan una vez estén en funcionamiento centran la atención en esta fuente de energía. La fuerza del agua ha sido utilizada durante mucho tiempo para moler trigo, pero fue con la Revolución Industrial, y especialmente a

partir del siglo XIX, cuando comenzó a tener gran importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica.

Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento. El bajo caudal del verano y otoño, unido a los hielos del invierno hacían necesaria la construcción de grandes presas de contención, por lo que las ruedas hidráulicas fueron sustituidas por máquinas de vapor con en cuanto se pudo disponer de carbón. La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El principal impulsor de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX.

En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad. A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de energía hidroeléctrica eran Canadá y Estados Unidos.

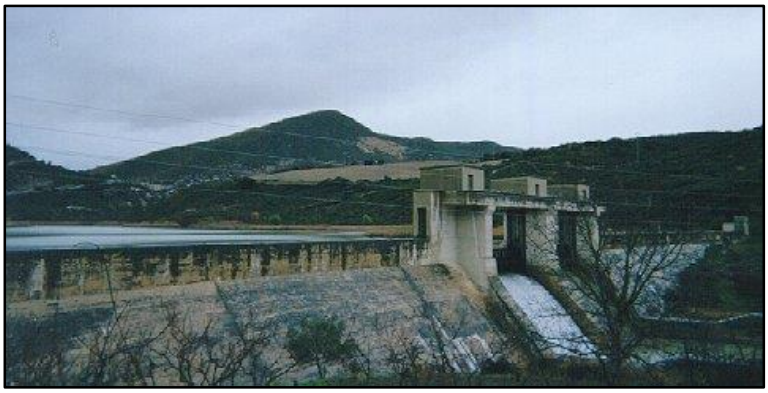

Fig.2.4*Central hidroeléctrica Northumberland, Gran Bretaña.*

Es de obligación mencionar la presa de Asuán (presa del río Nilo), situada al sur de Egipto, cerca de la ciudad de Asuán, en uno de los lagos más grandes del mundo. La presa original se terminó en 1902, y se elevó su altura en 1912 y 1934. La construcción de la nueva presa, situada 6km más arriba comenzó en 1960, y su coste total está estimado en más de mil millones de dólares.

La antigua URSS sufragó una tercera parte de los gastos de su construcción, que empleó a 400 técnicos soviéticos. Se terminó a mediados de 1968, aunque las últimas de las doce turbinas soviéticas se instalaron en 1970. Esta gran presa tiene 111m de altura y una anchura de un kilómetro. El embalse se llamó lago Nasser en honor al presidente egipcio Gamal Abdel Nasser; cubre un área de 480km de largo y 16km de ancho, e inundó muchas poblaciones de la cuenca del Nilo. La capacidad de producción eléctrica es de 2.100 megavatios.

Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná,

está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6500 MW y es una de las más grandes. Colombia cuenta con numerosas instalaciones hidroeléctricas que generan el 69,70% de la producción eléctrica en el país.

En 1997 la producción anual fue de 44.345 millones de KWh. Los principales sistemas hidroeléctricos están localizados en Antioquia, Cundinamarca, Huila y Tolima. En el departamento de Boyacá destaca la central hidroeléctrica de Chivor y en Antioquia la de Guatapé, la más grande del país.La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad.

En la figura 2.5 se aprecia cómo el agua que llega a alta presión en la turbina, incide en sus álabes, haciendo girar su eje, el cual va conectado a un generador produciendo en éste energía eléctrica. Luego el agua sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y van conectados con árboles verticales.

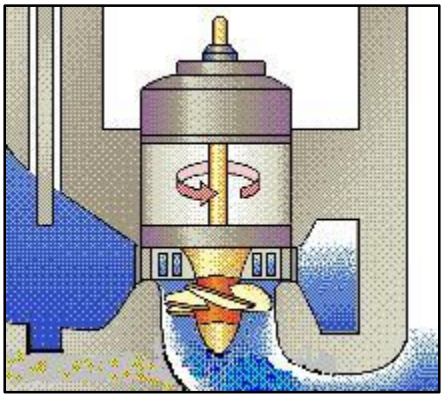

Fig. 2.5*Presión del agua.*

El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Paltón para grandes saltos y pequeños caudales. Las centrales más grandes dependen de un gran embalse de agua contenido de una presa, éstas son llamadas ¨Centrales de Embalse¨. El caudal se controla y se puede mantener casi constante, así como se ilustra en la siguiente figura.

Fig.2.6*¨Centrales de Embalse¨.*

2.2 Caracterización mecánica y eléctrica de la unidad generadora

Turbinas.- Las cinco turbinas de la central son de tipo Francis vertical y se encuentran alojadas en la caverna que forma la casa de máquinas, localizadas a la elevación 420. 30 m.s.n, los datos técnicos de las turbinas se describen en la tabla siguiente.

Tabla 2.2 *Datos técnicos de la turbina.*

Marca	EschaerWyss
Tipo	Francis vertical
Potencia	184 000 KW
Frecuencia	60 CPS
Gasto	218 m^3/seg.
Caída neta	91.5 m
Velocidad	128.6 r.p.m.
Velocidad de embalsamiento	245 r.p.m.
Diámetro entrada espiral	5.70 m
Diámetro entrada rodete	4.65 m
Diámetro salida rodete	5.28m

Diámetro flecha	1.20 m
Diámetro chumacera guía	1.60 m
Material rodete	Material rodete
Numero de alavés del rodete	14
Rotación	En sentido de las manecillas del reloj

Fig.2.7 *Estructura de la turbina.*

Transformador.- El transformador de potencia que se encuentra instalado en casa de máquinas, es trifásico marca Jeumont-Schneider, USAS C-57.12 NEMA 48-132, tipo acorazado y fue fabricado en 1972 con número de serie 89433 y frecuencia de 60Hz, enfriamiento FOW, con capacidad continua y elevación de temperatura en el cobre de 55°C sobre una temperatura máxima del agua de 27°C**.**

Tensión Nominal.- La tención nominal primara del transformador es de 13.8kv y la secundaria de 400kv, cuenta con una potencia de 225kv, frecuencia de 60Hz e impedancia de 6.43%, su peso aproximado total es de 339,000kg y la conexión primaria es tipo delta y la secundaria tipo estrella.

En la siguiente figura 2.8, se muestra el transformador trifásico descrito en los párrafos anteriores

Fig. 2.8 *Transformador de la unidad 5.*

Descripción de las partes de un generador eléctrico.- En la siguiente figura 2.9, tenemos el corte transversal del generador, lo cual nos permite ver detalladamente las partes del generador, ya que están numeradas y en la parte inferior se encuentra ubicados los nombres con dicha numeración y la descripción se encuentra a partir de la pág. 24.

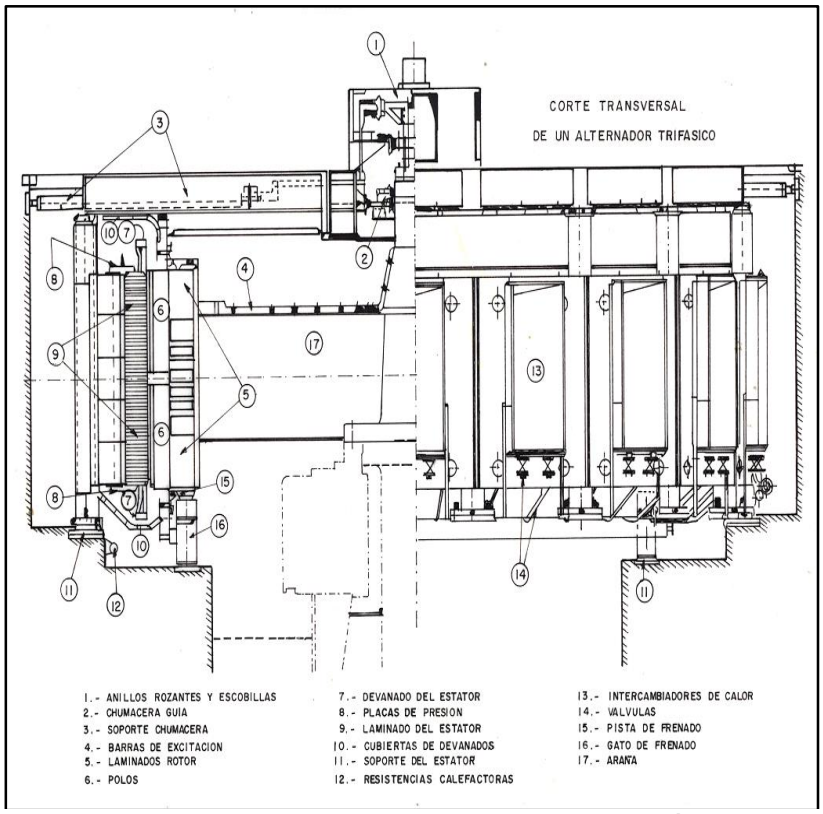

Fig.2.9 *Corte transversal de un alternador trifásico.*

Generación de la energía.- De acuerdo al principio de funcionamiento del Alternador, se requiere que exista un movimiento relativo entre los Polos magnéticos del inductor y las bobinas del inducido, lo cual se puede lograr de acuerdo con las dos alternativas siguientes.

Que las bobinas del inducido permanezcan en el estator y que los Polos se encuentren en el rotor. Que los Polos queden fijos en el estator y las bobinas del inducido estén en movimiento en el rotor. Para la generación de corriente alterna se prefiere la primera alternativa por las siguientes razones.

Los voltajes de Generación en los sistemas de potencia C.A., son del orden de los 20 Kv. En la actualidad. Comparando estos voltajes de generación en C.A. con los que se tienen en C.D., los cuales son del orden de los 700 volts, se comprende que las conexiones al exterior deben quedar perfectamente fijas y aisladas. Sí se usaran anillos rozantes con estos calores de voltaje, lo máquina se destruiría.
En los Alternadores el circuito de excitación se encuentra en el rotor y es de corriente directa del orden de 250 volts, valor que es factible transmitir a través de anillos rozantes. Los voltajes de generación de C.A. implican que el aislamiento sea más estricto por lo que es más factible de incrementar es una armadura fija que en una giratoria debido a que la profundidad de la ranura implica que la raíz del diente sea mayor, en cambio en una armadura giratoria cuando se incrementa la profundidad de la ranura, la raíz del diente disminuye perdiendo con esto rigidez mecánica en el rotor.

Clasificación de los alternadores.- Los Alternadores se pueden clasificar atendiendo a diversos aspectos, Ya sea por su aplicación, los cuales se encuentran, alternadores para turbina hidráulica, alternadores para turbina de vapor y de gas y alternadores para máquina de combustión interna. También se clasifica por la posición de su flecha, los cuales se encuentran alternadores verticales y alternadores horizontales.

Los Alternadores Verticales son los que más se usan en las Centrales Hidroeléctricas que disponen de turbinas de baja velocidad. Los Alternadores Horizontales se pueden emplear en Centrales Hidroeléctricas, Termoeléctricas y de Combustión Interna y pueden dar de alta o baja velocidad.

En la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez los Alternadores son de baja velocidad 128.57 R.P.M. y de 56 Polos para tener la frecuencia nominal de 60Hz, bajo la siguiente relación: f=NP/120Hz. Dónde. f= Frecuencia en Hz o cps. N= Velocidad en R.P.M. P= Número de Polos.

Máquinas síncronas: Constitución y principio de funcionamiento.-Se trata de conseguir un acoplamiento magnético entre los campos del rotor y el estator. Normalmente (aunque también pueden encontrarse máquinas en las que no es esto así), en el rotor se sitúa un campo magnético fijo.

En las máquinas de pequeña potencia ese campo magnético fijo se puede conseguir utilizando un simple imán permanente, pero para máquinas de mayor potencia no es suficiente con el imán permanente y se recurre a electroimanes.

Se necesita pues, una fuente de corriente continua que pueda ser introducida en el rotor. La solución más utilizada consiste en disponer en el eje de anillos rozantes a través de los que inyectar en el inductor la corriente continua necesaria para generar un potente campo magnético.

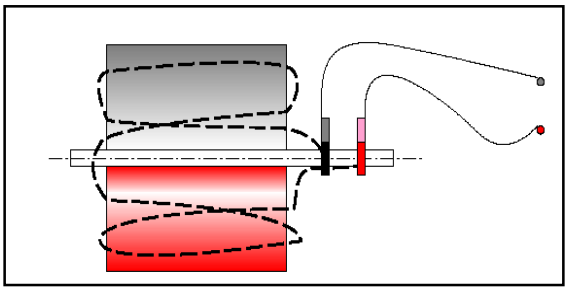

Fig. 2.10 *Eje de anillos rozantes.*

Las escobillas y los anillos rozantes, son siempre un engorro, especialmente en máquinas de gran potencia; las escobillas se desgastan con el uso y es preciso reponerlas y mantenerlas. También las chispas y los depósitos de carbonilla son siempre un foco de posibles problemas. De modo que en los generadores síncronos, se tiende a utilizar mecanismos de excitación del inductor sin escobillas.

En la figura adjunta se indica cómo se logra este objetivo. Se parte de una máquina síncrona que hará de excitatriz, y en la que el inductor se localiza en el estator, alimentándose éste con una fuente de corriente continua estática.

Al girar el eje (arrastrado por una máquina auxiliar), en los devanados el rotor de la excitatriz aparecerá una tensión alterna, la cual será convertida en continua mediante diodos rectificadores montados en el propio eje.

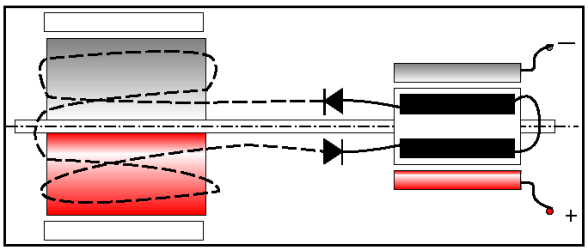

Fig. 2.11 *Diodos rectificadores de C.D a C.A.*

Se tiene pues un inductor (generalmente el rotor) en el que se ha conseguido hacer aparecer un potente campo magnético fijo. Dos son las formas que puede tener este inductor: de polos salientes o liso. En las máquinas lentas o de múltiples pares de polos la disposición de rotor de polos salientes es la que se utiliza.

En cambio, en las máquinas que giran a gran velocidad, y que están en consecuencia sometidas a fuertes fuerzas centrífugas, la presión de los devanados inductores de los polos sobre las cabezas de los polos, puede llegar a ser intolerable, razón por la cual, en las máquinas sometidas a grandes solicitaciones se utilizan rotores “lisos”, en los que el campo inductor se consigue disponiendo un devanado en ranuras insertadas en la periferia del rotor.

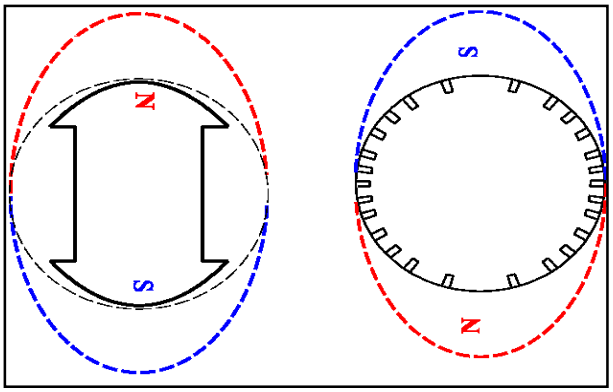

Fig. 2.12 *Campo magnético en un rotor.*

Ya sea la máquina síncrona de rotor de polos salientes o liso, el campo magnético que en ellos aparezca se pretende que su sinusoidal. Para conseguirlo, en las máquinas de polos salientes el entrehierro no es constante. Mientras que en las de rotor liso, la distribución de las ranuras no es uniforme. De esa forma se logra que las distribuciones de campo sean apreciablemente sinusoidales.

Si el inductor, convenientemente excitado, es arrastrado por una máquina auxiliar, el campo magnético fijo del rotor, pasará a ser giratorio, y en cualquier bobina que se disponga en sus proximidades, se inducirán tensiones sinusoidales, dado que el campo inductor también lo es.

En consecuencia la máquina funcionará como generador (alternador).Si por el contrario lo que hace es alimentar con un sistema polifásico de corrientes los devanados convenientemente distribuidos en el estator (inducido) de la máquina, al hacerlo, lo que se conseguirá es generar un campo magnético giratorio.

Este campo y el del inductor accionarán entre sí produciéndose un enclavamiento magnético, de forma que el campo del estator arrastrará al del rotor; siempre que los rozamientos y el par resistente que tenga el rotor aplicado así lo permitan. En este caso, la máquina funcionaría como motor.

Circuito equivalente.- Supongamos una máquina síncrona funcionando como generador. Si por el inducido de la máquina circula corriente (está en vacío), el circuito equivalente por cada una de las fases es verdaderamente sencillo. Se tendría una simple fuente de tensión alterna *E*.

La magnitud de esa tensión dependerá de la excitación del inductor, a más excitación mayor tensión. Manteniéndose una relación lineal entre corriente de excitación y tensión inducida, siempre que no se llegue a saturar al material magnético.

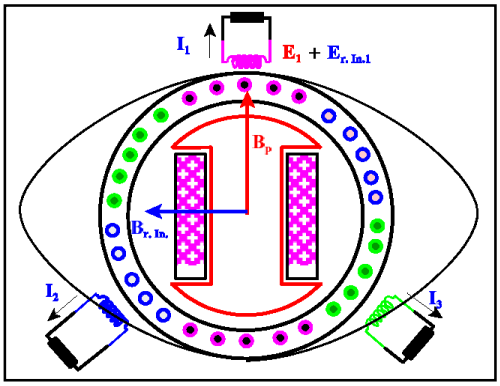

Fig.2.13 *Circuito equivalente de un generador.*

Si por los devanados del estator se conecta cargas, entonces, por esos devanados circularán otras tantas corrientes, las cuales darán origen a su vez a un nuevo campo magnético. Esta es la forma en la que el inducido reacciona, de hecho, a este nuevo campo, se le llama campo de reacción de inducido.

Ahora bien, si la máquina está perfectamente equilibrada y la carga exterior también lo está; entonces, las corrientes engendrarán un campo magnético giratorio, de velocidad justamente la del rotor, de modo que los dos campos serán estacionarios entre sí, dando como resultado un único campo compuesto por la suma vectorial de ambos.

Y consecuentemente, la fuerza electromotriz que se induzca en las bobinas del "inducido" será suma las fuerzas electromotrices inducidas por cada uno de los campo.

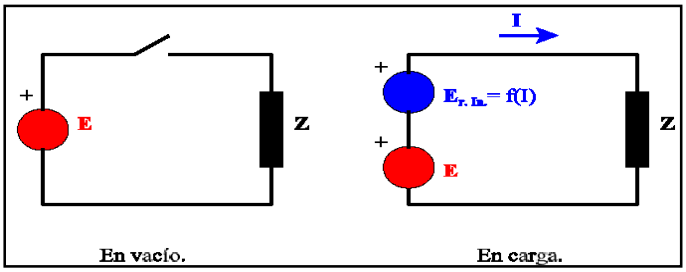

Fig. 2.14 *campo de relación inducido.*

El circuito que representaría

cada una de las fases del inducido (estator) sería pues diferente, según que por ellas circulara o no corriente, apareciendo en el caso de que sí se tuviese una corriente *I* una fuente de tensión adicional dependiente de esta corriente y a la que se puede llamar de reacción de inducido *Er. In*, que habría que añadir a la fuerza electromotriz principal generada directamente por el inductor *E.*

Para poder efectuar correctamente la suma de las tensiones *E* y *Er. In* debemos averiguar cuál es el ángulo que forman entre ellas, para ello, consideremos en primer lugar que la carga exterior conectada a cada una de las tres fases es tal que la fuerza electromotriz debida al campo principal *E* y la corriente exterior *I* están en fase.

Para conseguir que estas dos magnitudes estén en fase, la carga a conectar no será seguramente resistiva, sino que deberá tener una componente reactiva, pues cuando circula corriente por las fases del inducido, la fuerza electromotriz que da lugar a estas corrientes depende tanto del campo principal como del de reacción de inducido.

Reparemos solamente en lo que ocurre en la primera de las fases ayudándonos de la figura adjunta. La fuerza electromotriz debida al campo principal *E* más la debida a la reacción de inducido *Er. In* darán lugar a la corriente *I1*, suponemos que esta corriente y el campo inductor están en fase; o dicho de otra forma; la corriente exterior y la fuerza electromotriz debida al campo inductor principal son máximas en los mismos instantes de tiempo.

Si el campo principal pasa justamente delante de los conductores de la primera fase, según se muestra en la figura, será esta fase la que en ese instante tenga la tensión *E* máxima, y si la corriente está en fase, por los conductores de esta fase pasará también una corriente máxima.

En las otras dos fases va a ocurrir lo mismo que en la primera pero con un desfase temporal equivalente a los ciento veinte grados de desfase espacial entre las bobinas.

Tenemos por tanto que por los conductores de la primera fase la es corriente máxima. Esta corriente dará lugar a un campo magnético cuya distribución, para el caso de la figura con cinco pares de ranuras por fase será la siguiente:

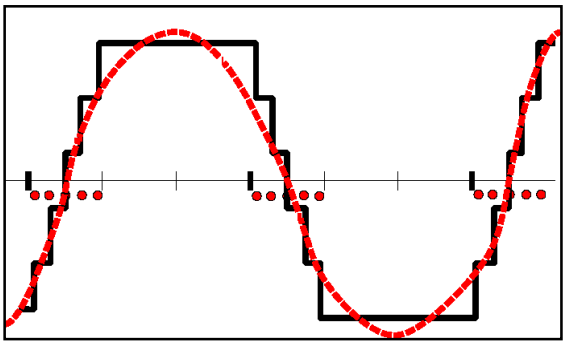

Fig.2.15 *Onda sinusoidal.*

No es precisamente una distribución sinusoidal, pero tampoco es tan diferente. Si la damos por sinusoidal perfecta, y lo propio hacemos con los campos que las otras dos fases generen, el efecto conjunto de los tres campos es, cómo ya se vio en su momento, la aparición de un campo giratorio de velocidad la impuesta por la pulsación de las corrientes que lo producen.

Si los campos de cada fase no fuesen sinusoidales perfectos, el campo giratorio tendrá una componente fundamental girando a la velocidad de sincronismo, y otras componentes de menor cuantía girando a velocidades inferiores, algunos en contra y otros a favor del campo fundamental.

En el momento actual del análisis interesa ver que para cada fase, el campo de reacción de inducido producido por las corrientes de las tres fases, se ve como un campo giratorio que en cada instante presenta su máximo valor retrasado noventa grados respecto a la fase que en ese instante soporta la máxima corriente. En forma vectorial, lo expuesto más arriba estaría reflejado en el gráfico siguiente.

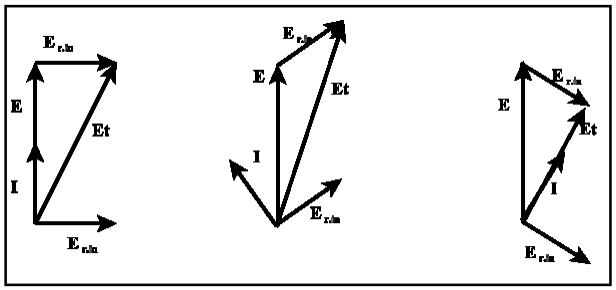

Fig.2.16 *Forma vectorial de la onda sinusoidal.*

Se han dibujado en el gráfico, los diagramas vectoriales correspondientes a tres posibles posiciones de la corriente I respecto a la fuerza electromotriz E inducida por el campo principal. En el primer caso I está en fase con E, y los siguientes en uno está adelantada y el otro retrasada.

Como se puede observar, la fuerza electromotriz total varía apreciablemente, según sea el ángulo con el que se sumen las componentes. Pudiéndose llegar a sumar totalmente (aritméticamente) o a restar totalmente.

Cuando la reacción del inducido es tal que el campo resultante es mayor que el campo principal, se dice que aquellas es magnetizante, mientras que en caso contrario, se dice de ella que es desmagnetizante.

Efecto de la saturación.- Cuando el material magnético trabaja en la zona de saturación, no se cumple que el efecto conjunto de los dos campos magnéticos (el principal y el de reacción de inducido) sea la suma lineal de los efectos de cada uno de ellos por separado.

Sino que debido a que el material está trabajando en la zona de saturación, cuando la reacción del inducido sea magnetizante, el campo resultante será inferior al que se obtendría si el material no estuviese saturado, mientras que cuando la reacción es desmagnetizante, el nuevo campo por lo general sí que coincide con el previsto.

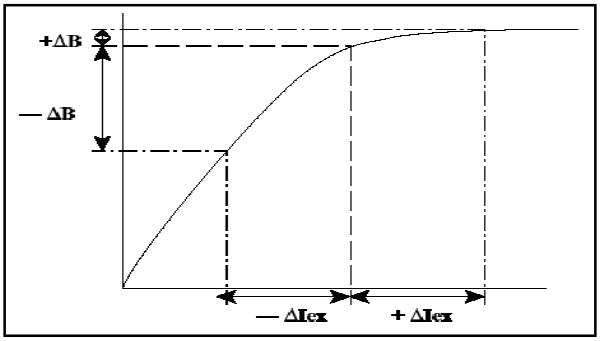

Fig. 2.17 *Reacción desmagnetizaste.*

Anillos rozantes y escobillas.-También conocidos como anillos colectores, son dos y están montados en la parte superior de la flecha y giran a la misma velocidad del generador, y permiten conectar eléctricamente al elemento que suministra la corriente de excitación (sistema de excitación) a los polos del rotor por medio de escobillas.

Los anillos colectores se sujeta con pernos auxiliares aislados. Y se soportan n un cubo de acero soldado en un eje con un tornillo tope.
Los anillos colectores están hechos de acero especial y son lo suficientemente anchos para permitir que las escobillas queden alternadas. Una espiral estirada en la superficie de desgaste mejora la refrigeración y la superficie de contacto de las escobillas.

El mecanismo de las escobillas se monta en una consola generalmente fija a la araña del soporte o en la parte superior de la caseta. Los porta escobillas se colocan en soportes de bronce con pasadores aislados y están colocados de tal manera que no hay posibilidad de corto circuito accidental o que se efectué conexión a tierra del campo si se hace un cambio de escobillas, sobre las barras del sistema de excitación se tiene un conmutador para cambio de polaridad de anillo colector por ciertos intervalos de tiempo.

Las porta escobillas están diseñadas para ejercer la mayor presión posible sobre las escobillas aun en estado de desgaste. Las escobillas van montados en las porta escobillas y se deslizan sobre los anillos colectores permitiendo el paso de la corriente de excitación a los polos de rotor, las escobillas están generalmente fabricadas de grafito. La densidad de corriente establece el valor de superficie de contacto de la escobilla sobre el anillo colector.

Barras de excitación.-Sirven de conductor entre los anillos rozantes y los polos del rotor, son 2 barras de cobre en forma rectangular similares a las que se utilizan en los devanados, están montados sobre una sección de la flecha y sobre las tapas de araña, sujetadas a firmemente por los tornillos aislados con arandelas de baquelita, y gira a la velocidad del conjunto.

Laminado o anillo base del rotor.- El laminado del rotor o núcleo está constituido por una cantidad de secciones y el anillos base está formado por paquetes de laminación de acero sobre montados de tal manera que cubra la mayor área de sección o superficie de fricción, teniendo en cuenta el número de polos y tamaño apropiado de los segmentos.

Entre cada sección hay un canal de aire consistente en dos placas, la parte superior e inferior del anillo están acabadas por una placa de presión, se tensionan por medio de pernos pasadores para dar fuerza de ficción requeridas entre capas de segmentos.

La calidad y las dimensiones de las láminas de acero son determinada por la fuerza centrífuga, el momento de inercia, la estabilidad en relación a las fuerzas magnéticas entre el estator y el rotor así como también el flojo magnético entre polo y polo. La superficie exterior el anillos tiene ranuras para las colas de laminado de los polos y placas deflectoras de aire de enfriamiento. En la superficie interior existen ranuras para colocar en un sitio de araña del rotor.

Pista de frenado.- Las pistas de frenado están colocadas en la placa inferior del anillo base del rotor, forma un soporte para la pista de frenado que consiste d segmentos fijados por abrazaderas, los cuales se pueden retira con facilidad. Su función principal es friccionarse con los gatos de frenado cuando la maquina está en proceso de paro.

Polos salientes.- Como el generador se acopla a una turbina hidráulica el rotor tiene relativamente elevado un número de polos y se le denomina rotor de polos salientes o rueda polar.

El polo está estructurado de la siguiente manera: El núcleo del polo, es forma rectangular y constituida con láminas de acero, toman con la zapata una sola pieza con terminación de cola de milano. El grosor y el material de las piezas terminales se elige de manera que la fuerza centrífuga de esta parte pueda ser trasmitida a las colas de milano sin exceder los límites de tensión permitidas.

La cola de milano se suministra para el montaje del polo en el anillo del rotor. La ranura es más amplia en uno de sus lados para enclavar dos cuñas opuestas que aseguran el polo en su posición correcta. Las cuñas lubricadas facilitan su montaje. Las placas de sujeción, que en algunos diseños forman parte del soporte de ventilación del rotor y aseguran las cuñas en su posición correcta.

La bobina de excitación o de campo, va colocada en el núcleo polar. Se emplean bobinas devanadas en barras rectas de cobre y para aumentar la superficie de refrigeración se usan barras de doble ancho.

El aislamiento entre espiras consiste de asbesto impregnado con resina epóxica. Fijadas a altas temperaturas. El aislamiento alrededor del polo es de fibra de vidrio y baquelitas sujetados por los cuellos y flejes de acero tensados alrededor del polo. Las bobinas normalmente se conectan en serie para ser alimentadas de corriente continua proveniente del sistema de excitación.

Araña de rotor.- La araña del rotor se diseña para acoplarse por medio de bridas al eje. Dos placas de acero en forma de disco están soldadas al cubo. Lacas con alma de acero en forma vertical están formadas entre los discos para formar un cuerpo rígido en forma de tambor. Barras soldadas en los extremos exteriores de las placas con alma de acero soportan el anillo base del rotor.

Juegos de cuñas situadas en la ranuras interiores del anillo base de rotor y soldados a la araña trasmite el momento torsión entre los dos. El cubo del rotor tiene forma cónica, con brida en el extremo interior para ser acoplado al eje, en la parte superior la brida se sujeta a la chumacera.

Los discos de placas de acero se soldán al cubo del rotor, formando las superficies superiores e inferiores de la araña del rotor. Los discos trasfieren el momento de torsión del cubo al núcleo o anillo base del rotor. Las placas con alma de acero y refuerzos verticales tienen las dimensiones y amplitud necesarias para soportar el peso del núcleo y polos del rotor. Los refuerzos provienen abombamientos y desviaciones de los discos durante la soldadura.

Barras verticales soldadas a las placas con alma de acero soportan el anillo base del rotor. Ayudan a liberar las temperaturas juntas soldadas entre las barras y los discos a causa de las fuerzas centrifugas que provoca tensiones de flexión. Las cuñas trasmiten el momento de torsión entre los anillos base y araña del rotor. Las superficies deslizantes permiten el movimiento del núcleo del rotor al cambiar la velocidad. El anillo base permanece concéntrico al eje, pues es radial su movimiento.

Eje superior o flecha.- El eje de chapa de acero en forma cilíndrica y soldada. Todas las superficies externas están trabajadas y en la parte inferior va soldado un anillo en forma de brida. Esta brida esta perforada para ser atornillada al eje principal.

Sobre el eje se trabajan diferentes diámetros para formar los soportes de los equipos auxiliares, tales como anillos colectores. Generador de imanes permanentes, etc. Que se sitúan por medio de ranuras hechas en el elemento del estator.

Elementos del estator: *Chumacera guía superior.-*En general la finalidad básica de las chumaceras es trasmitir el peso y esfuerzos de las partes giratorias a las losas, esto es la estructura de casa de máquinas. Por consiguiente la chumacera guía nos permite oscilaciones a las partes giratorias, es decir sirve para guiar al eje.

La chumacera está construida como una sola unidad, con excepción del cubo y el pozo de aceite que van montado sobre el eje. Las chumaceras guías tienen como partes la carcasa, segmentos, el cubo, pozo de aceite, cubierta superior, enfriadores de aceite, aceite lubricante y supervisores de temperatura. El principio de funcionamiento es el siguiente: a parte principal de la carcasa es un anillo grueso de acero fundido y soldado a dicho anillo. Están los depósitos de aceite y los soportes de segmentos de la chumacera.

Una tercera o cuarta parte de la altura de lo segmentos se llena de aceite para disipar el calor y las perdidas por fricción de cubo, en los segmentos se requiere una gran flujo de aceite que circula por medio de una superficie inferior del cubo que actúa como una bomba centrifuga, aligado al aceite o circular atreves de una chumacera al depósito de aceite superior desde donde vuelve al depósito inferior a través de los refrigeradores, según la perdidas de chumaceras.

Para asegurar la lubricación a bajas velocidades los segmentos tienen unos canales inclinados por donde se desliza el aceite dado el efecto de una bomba al rectar el cubo. La unidad de refrigeradores de aceite está diseñada para mantener las pérdidas de precio de aceite extremadamente bajas. Se construye en u recipiente adyacente al depósito d aceite, en tubos de cobre en forma de U fluye el

agua de refrigeración y en discos de cobre soldados a los tubos de agua, circula el aceite y por trasmisión de calor se enfría.

Los detectores de temperaturas se colocan lo más cercano al metal Babbit de los segmentos para detectar las partes más calientes de las chumaceras.

Araña soporte de la chumacera guía superior.- La araña soporta esta dimensionada para dar a la chumacera guía un máximo de estabilidad y permitir el menor movimiento radial posible. La araña consiste de cierta cantidad de brazos radiales y un cubo central. Está diseñada para soportar el peso combinado de la chumacera superior, la placa de la cubierta, el equipo de excitación y la cubierta superior del estator.

Carcasa del estator.-La carcasa de una estructura formada por placas de acero soldadas y comprende principalmente los pilares verticales, anillo horizontales. Placas de apoyos verticales, barras en cola de milano y placas de casco. Exteriormente tienen forma de un polígono rectangular con los pilares en los vértices. Los anillos horizontales. Placas de casco y de apoyos vértices hacen en conjunto una construcción circular dividida e compartimientos. Aperturas en el casco, en los anillos internos y placas de apoyo verticales sirven de canales de refrigeración del estator.

Soporte del estator.- La función de los pilares es trasmitir la fuerza de reacción tangencial del núcleo del estator. La fuerza vertical de la araña de soporte superior y el peso del estator a los cimientos. Tangencialmente los pilares están fijos a os cimientos mientras que radialmente se mantienen por fricción.

La fricción es suficiente para impedir que es estator se desvié a causa del desbalance de fuerzas magnéticas, a la vez que representa poca resistencia a movimientos causados por la expansión térmica. De esta manera el estator podrá expandirse radialmente, mientras que tangencialmente será frenado, de manera que tendrá su forma y concentricidad.

Núcleo del estator.- El núcleo esta hecho de láminas de acero al silicio troquelado. De un alto grado de calidad resistible a la acción del tiempo, aislado en los dos lados con barniz resistente al calor. Y está sujeto a la carcasa por medio de cuñas de cola de milano, entre el laminado conductos de refrigeración radial se forman insertando chapas de acero en tiras espaciadoras diseñadas para obtener un mínimo de pérdidas en la presión del aire circulante en la entrada del canal de aire y mantener el ruido a un mínimo.

Placas de presión.- Placas de ajuste y dedos de presión no magnéticos soportan al núcleo en la parte superior e inferior, la presión se ejerce por medio de pernos que atraviesan los segmentos detrás de la circunferencia del núcleo, la tensión

diagonal se obtiene con pernos situados en el borde exterior de los segmentos de la tensión resultante es contrarrestada por barras de longitud completa

Devanado del estator.- El devanado de armadura consiste de un número de bobinas distribuidas en las ranuras del estator a lo largo de la periferia de la maquina en correspondencia al número de polos y fases.

En nuestro caso el devanado está conectado en estrella y consiste en bobinas idénticas de una o varias espiras formando un embobinado de tipo diamante o roebel con aislamiento clase “F” y colocadas en ranuras abiertas, con dos costados de bobinas por ranura.

El extremo del conductor neutro se acopla a terminales aparte. El devanado es fraccionario y el paso de 1 a 8. El corte usado en el devanado es el de más alta calidad libre de impurezas. Cada hilo está aislado con fibra de vidrio con resina epóxica termofraguada.

La sección de bobina que queda dentro de la ranura es presionada en caliente para darle rigidez los extremos de la bobina no llevan este proceso lo que permite flexibilidad en el devanado. El aislamiento de la bobina es con cinta mica-mat y fibra de vidrio aplicada en seco y a tensión constante con máquina de encintar, al alto vacío se impregna con resina epóxica y se hornea.

El aislamiento descrito brevemente se denomina micapact. Después de efectuado el aislamiento la bobina esa lista para utilizarse. Con el fin de las fuerzas electromagnéticas que surgen en los casos de cortos circuitos y no provoquen deformaciones, entre ovinas adyacentes se montan abrazaderas, los extremos de los devanados son separados y atados firmemente con baquelita y cinta de fibra de vidrio, los segmentos no magnéticos se ajustan a cada extremo del estator.

Cubierta de devanados.- El devanado se protege con cubiertas de fibras de vidrio moldeadas auto tangibles, están mostradas entre la carcasa y las placas que van encima de la araña de soporte superior. Su diseño incrementa la eficiencia del flujo de aire al generador.

Circulación de aire.- El aire desde el circuito cerrado se distribuye desde el foso del generador a los extremos superiores e inferiores de las cubiertas de los devanado, en donde por medio de los ventiladores a lados opuestos montados en el anillo de base del rotor.

Fuerzan el aire a través de los polos y salen a la carcasa del estator por los ductos del núcleo. Para impedir turbulencias de aire, se cube la superficie de la araña superior con placas de acero y de la misma forma en la parte inferior entre la garganta de la turbina y el eje.

El aire caliente que sale de los devanados pasa por intercambiadores de calor de la carcasa del estator, y enfrían el aire que circula por ellos hacia el espacio dela estructura y la carcasa del foso del generador. El aire enfriado vuelve a entrar al generador por la parte superior e inferior del estator. El acabado de la cubierta de los devanados aumenta a eficacia del flujo de aire.

Intercambiadores de calor.- Los intercambiadores de calor enfriadores de aire, son elementos que están montados sobre aberturas en la superficie exterior de la carcasa del estator, y están conectados a la tubería de agua de refrigeración por medio de las válvulas de cierre.

Los enfriadores están dimensionados para que el generador opere con seguridad o su potencia nominal, aun un refrigerador fuera de servicio, manteniéndose el agua a la temperatura especificada. Los tubos de refrigeración están hechos de cobre y níquel, con lados de refrigeración de aluminio de aluminio. Se sostienen en un marco de acero entre placas tubulares de latón.

Válvulas.- Las válvulas nos permiten controlar el flujo se agua de las tuberías y aislar a los enfriadores para mantenimiento.
Las válvulas deben de un funcionamiento seguro, de cierre rápido y hermético.

Equipo de frenado, gatos de frenado.- El equipo de frenado o gatos de frenado, es un sistema que se emplea en generadores hidroeléctricos para parar la maquina en el menor tiempo posible.

La razón de frenar en el alternador es la siguiente: las chumaceras están calculadas para la velocidad sea sincronismo. Por ello es necesario que la maquina frene en tiempo corto, ya que a bajas velocidades puede desgastarse el eje que esta sobre la chumaceras, ya que como hemos vistos existe un sistema de lubricación a bajas de velocidad de rotación baja provoca la ruptura de película de aceite, con el peligro de rayar los cojinetes.

El frenado y levantado del rotor se efectúa por medio de una calidad de gatos de frenado montados sobre los cimientos del foso de generador. En la operación de frenado, los cilindros de los gatos que están conectados en serie, son accionado por aire comprimido a presión ascendiendo hasta contacto con la pista d frenado del rotor. Lo que produce fricción y ver consecuencia el frenado.

La cooperación de los gatos se efectúa cuando la velocidad del rotor desciende al 20% que su valor nominal. Los frenos son accionados automáticamente por una válvula de tres vías operadas por un selencide/supervisadas por un relevador.
En el levantamiento del rotor, los gatos son accionados por aceite a presión por una bomba operada por un motor.

Cubierta superior.- La cubierta superior del generador (tapas antiderrapantes) son láminas de fierro apoyadas en los abrazos de la araña soporte superior, así como entre las barras entre los brazos, tiras delgadas de empaque entre las placas y las barras impiden ruidos provenientes de las vibraciones. Las tapas quedan al mismo nivel del piso de la extracción.

Resistencias calefactoras.- Las resistencias calefactoras son dispositivos que instalan en la base de los devanados para que proporcionen calor, que no permitirá con la condensación de aire húmedo en los devanados, cuando el generador esta fuera de servicio, se conecta automáticamente.

Base de datos de los termómetros.- En la actualidad existen diferentes tipos de termómetros, los que se van a instalar en este proyecto de mantenimiento de la maquina cinco, se ha considerado los de tipo resistivos tales como los detectores de temperatura resistivos (RTD), para esta aplicación es importante poder definir algunos partes principales dentro del sistema de control.

Se denomina sensor a todo “dispositivo que detecta variaciones en una magnitud física y las transforma en señales útiles para un sistema de medida o control”. El sensor sería el filamento metálico de la banda extensométricas y el transductor de fuerza todo el conjunto, incluidos los cables que permiten conectar el transductor a un acondicionador de señal.

Son Transductores en los que varía la resistencia eléctrica, Bandas extensométricas (variación de la resistencia debida a la deformación mecánica). Termo-resistencias (RTD). Termistores (variación de la resistencia con la temperatura).La termoresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura, en este caso se cuenta con una temperatura inicial en la máquina a temperatura ambiente.

En algunos partes de mayor atención cuenta con una señal extra que hace referente al disparo de la unidad, para protección de la misma maquina estas señales de alarmas las podemos ver en la tabla de Medición de turbinas disparos y alarmas, donde se muestra las alarmas y los puntos de mayor cuidado donde se encuentra la señal de disparo de dicha unidad.

Los termopares actualmente tienen grandes e importantes aplicaciones industriales ya que casi todos los procesos en la industria requieren un estricto control de la temperatura. El uso de termopares ayuda a la automatización del control de la temperatura ya que se pueden implementar programas que ejecuten acciones específicas, dependiendo de la temperatura que se tenga, en un momento dado del proceso industrial.

Pero el asunto radica en distinguir como va a efectuarse el contacto del termopar con la variable a medir es decir ciertos procesos industriales generan reacciones químicas radioactivas o excesivamente caloríficas o en ocasiones peligrosas para los humanos en estas circunstancias el control debe ser a distancia y se deben de implementar extensiones que requieren un cuidado excesivo.

Por otro lado al termopar se le debe de poner una vaina de protección que lo proteja pero que al mismo tiempo no perjudique la lectura del mismo. Los termopares, son elementos que funcionan con circuitos formados por dos metales diferentes, en el que se genera una fuerza electromotriz, cuando las uniones de los dos metales se encuentran a temperaturas diferentes.

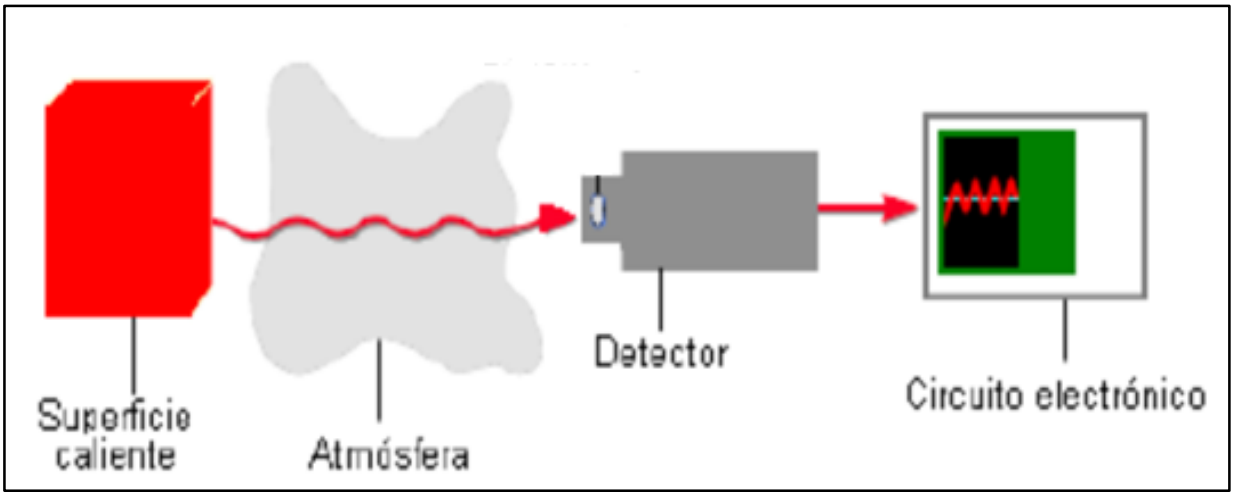

Fig.2.18*Esquema del funcionamiento de RTD.*

Las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad. La relación fundamental para el funcionamiento es.

Rt=$[Ro \times (1+\propto \times t)]$

Tabla 2.3*significado de las siguientes abreviaturas.*

Ro	Es la resistencia en ohmios a 0 grados Celsius.
Rt	Es la resistencia en ohmios a t grados Celsius.
Alpha	Es el coeficiente de temperatura de la resistencia.

Los materiales utilizados para los arrollamientos de termorresistencias son fundamentalmente: platino, níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno.
El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto.

En efecto, la relación resistencia-temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde -260ºC hasta 630ºC.

Tabla 2.4 *Tangos de operación en elementos de termorresistencia.*

RANGO DE OPERACIÓN	PRECISIÓN
(ºC)	(grados)
Platino -200 a 950	0.01
Níquel -150 a 300	0.50
Cobre -200 a 120	0.10

Tabla2. 5 *Medición de turbinas, disparos y alarmas.*

MEDICION DE TURBINAS DISPAROS Y ALARMAS		
PROTECCIONES MECÁNICAS	DISPOCITIVOS	UNIDAD 5 ALARMAS Y DISPAROS
METAL CHUMACERA DE CARGA	38B2H	90°C 92°C
ACEITE CHUMACERA DE CARGA	38QB2	60°C
METAL CHUMACERA GUÍA SUPERIOR	38B3H	65°C 70°C
ACEITE CHUMACERA GUÍA SUPERIOR	38QB3	60°C
METAL CHUMACERA GUÍA INFERIOR	38B1H	65°C 70°C
ACEITE CHUMACERA GUÍA INFERIOR	38QB1	60°C
METAL CHUMACERA	38B4H	75°C

GENERADOR		85°C
ACEITE CHUMACERA GENERADOR	38QB4	65°C
AIRE CALIENTE	26WAX	55°C
AIRE FRIÓ		50°C

En general el sensor viene introducido dentro de un tubo protector metálico de acero inoxidable o construido de aceros especiales o aleaciones, como el Inconel, Incoloy y Hastelloy. Su construcción puede hacerse con 2, 3 o 4 cables, según la necesidad del proceso.
La interconexión entre termorresistencias e instrumentos se realiza con cable común de cobre. En cambio, en el caso de las termocuplas deben emplearse cables especiales de compensación, de costo superior.

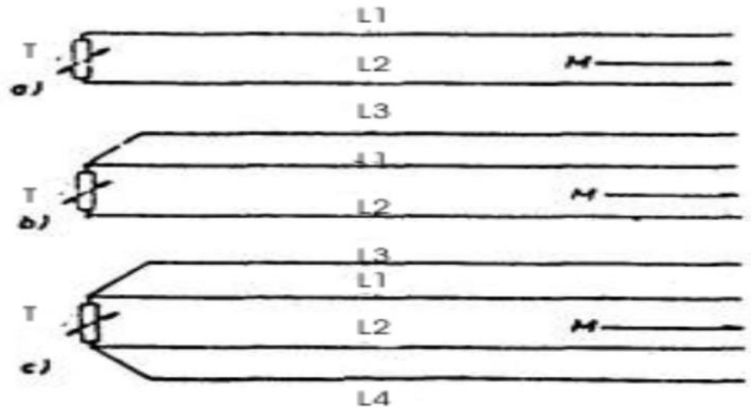

Fig. 2.19 *Tipos de conexiones de 2, 3 o 4 cables entre termorresistencias- instrumento.*

El aspecto exterior de las termorresistencias industriales es prácticamente idéntico al de las termocuplas. Se aplican las mismas consideraciones ambientales y de instalación y se debe prestar la misma atención a los conceptos de presión, temperatura, ataque químico, abrasión, vibración, porosidad y velocidad de fluido, requiriéndose los mismos tipos de vainas de protección.

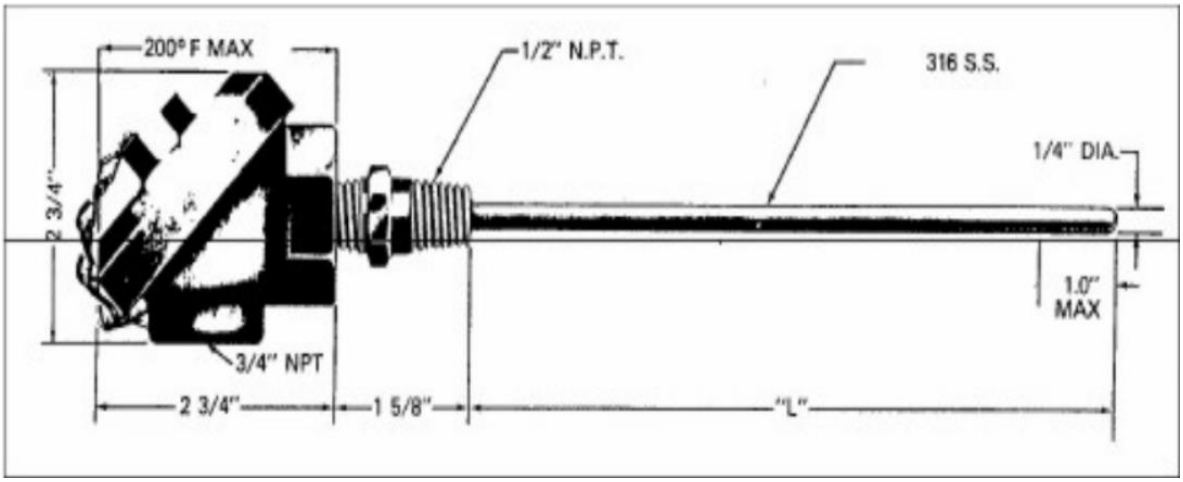

Fig.2.20 *RTD y Capilar.*

Transductores.-Como ya se ha indicado un transductor podría definirse en general como un dispositivo que convierte una magnitud física en otra más conveniente para los propósitos de la medida.

Aunque la conversión puede ser a magnitudes de tipo mecánico (por ejemplo desplazamiento o presión hidráulica o neumática), en la mayoría de las aplicaciones se utilizan transductores de tipo eléctrico ya que ello permite un mejor tratamiento de la información.

En la literatura técnica se puede encontrar el término sensor como sinónimo de transductor. De acuerdo con el Vocabulario Científico y Técnico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Se denomina sensor a todo “dispositivo que detecta variaciones en una magnitud física y las transforma en señales útiles para un sistema de medida o control” mientras que un transductor es un “dispositivo que convierte una magnitud física en otra distinta”.

Los dos conceptos no son en general equivalentes, pero en el campo de la instrumentación pueden tomarse como tales si el contexto lo permite. En muchos textos se reserva el término sensor para el elemento que realiza la conversión de magnitudes y el transductor pasa a ser el dispositivo completo que incorpora el sensor y todos los componentes necesarios para su completo funcionamiento.

Por ejemplo un transductor de fuerzas está constituido por un elemento que, bajo la acción de la fuerza que se quiere medir, se deforma en régimen elástico.

Sobre dicho elemento se pegan elementos llamados bandas extensométricas que convierten la deformación en variación de la resistencia de un hilo metálico. Estrictamente hablando, el sensor sería el filamento metálico de la banda

extensométricas y el transductor de fuerza todo el conjunto, incluidos los cables que permiten conectar el transductor a un acondicionador de señal.

Esta es la interpretación que aquí seguiremos cuando sea estrictamente necesario distinguir entre uno y otro, aunque, en general, tomaremos como equivalentes las denominaciones sensor y transductor. Dentro de los transductores pasivos, los transductores pueden clasificarse por el tipo de variable eléctrica ligada al transductor.

Los tipos fundamentales son.-1. Transductores en los que varía la resistencia eléctrica: potenciómetros (variación de la resistencia inducida por un desplazamiento), bandas extensométricas (variación de la resistencia debida a la deformación mecánica), termo-resistencias (RTD) y termistores (variación de la resistencia con la temperatura).

2. Transductores en los que varía la impedancia eléctrica, debido a un cambio en la autoinducción del transductor (transductores inductivos de núcleo deslizante o de entrehierro variable), debido a un cambio de inducción mutua entre dos bobinas (LVDT: linear variable differential transformer, o RVDT: rotary variable differential transformer,), debido a un cambio de la permeabilidad magnética (magnetoestricción), o debido a un cambio en la capacidad eléctrica (transductores capacitivos).

Transductores especiales, que se basan en efectos no incluidos en lo anterior, como la célula Hall (basada en el efecto Hall), la célula foto emisiva (basada en el efecto fotoeléctrico) o la cámara de ionización (contador de centelleo para la medida de radiaciones ionizantes).

Dentro de los transductores activos, se consideran los siguientes.-Los termopares, circuitos formados por dos metales diferentes en el que se genera una fuerza electromotriz cuando las uniones de los dos metales se encuentran a temperaturas diferentes (efecto termoeléctrico).

El generador eléctrico que usa el efecto de inducción magnética para generar una corriente eléctrica cuyas características están directamente relacionadas con la velocidad de rotación (tacómetro). Los transductores piezoeléctricos que usan un cristal que al ser deformado genera una separación de las cargas positivas y negativas que produce una diferencia de potencial entre caras.

2.3 Instrumentación

La instrumentación es una de las partes importantes en la automatización, ya que con esto se hacen medidas más exactas y se puede controlar, censar y medir.De una forma más eficiente y certera. Los tipos de instrumentación pueden variar, pero lo siguiente son; los puntos donde se requiere la instrumentación para su medición y análisis; Flujo, Temperatura, Nivel, Presión.

Los tipos de instrumentos que se utilizan son.- Flujómetros, Termómetros industriales (transmisor de temperatura, sensor de temperatura RTD´S).Sensores de nivel (transmisor de nivel, transmisor de presión, manómetros de presión).

Flujómetros.- El estado o comportamiento del flujo en un canal abierto es gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad relativa a las fuerzas de inercia del flujo. Efecto de viscosidad: Dependiendo del efecto de la viscosidad relativa a la inercia, el flujo puede ser laminar, turbulento o de transición.

El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son tan fuertes comparadas con las fuerzas de inercia, que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento del flujo. En flujo laminar, las partículas del fluido parecen moverse en recorridos calmados definidos, o líneas de corriente, y las capas infinitésimamente delgadas del fluido parecen deslizarse sobre las capas adyacentes.

El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. En el flujo turbulento, las partículas del fluido se mueven en recorridos irregulares, los cuales no son ni calmados ni determinados pero en su conjunto todavía representan el movimiento hacia adelante de la corriente total.

Entre los estados laminar y turbulento de la corriente, hay un estado mixto o estado de transición. El efecto de viscosidad relativo al de inercia puede representarse por el número de Reynolds. En la mayor parte de los canales abiertos el flujo laminar ocurre muy raramente.

En efecto, el hecho de que la superficie de una corriente aparezca lisa y tersa para un observador no es en ningún modo una indicación de que el flujo sea laminar; más probablemente, ello indica que la velocidad de la superficie es más baja que la requerida para que se formen ondas capilares.

El flujo laminar en canales abiertos existe, por ejemplo donde delgadas láminas de agua fluyes sobre el suelo o en canales de laboratorio. Efecto de la gravedad. El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo se representa por una relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad.

Esta relación es conocida como el Número de Froude, (Es un número a dimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y la fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido). Si el Número de Froude es mayor a la unidad (F > 1), el flujo se denomina súper crítico. Si el Número de Froude es menor a la unidad (F < 1), el flujo se denomina sub crítico. Si el Número de Froude es igual a la unidad (F = 1), el flujo se denomina crítico.

Transmisor de temperatura y sensor de temperatura.- Transmisores de temperatura, toman la señal de bajo nivel proveniente de un RTD o termopar, la convierte a una señal analógica conveniente para la transmisión a larga distancia, a través de una planta ruidosa y lista para la conectividad con indicadores, registradores, DCS, PLC y sistemas SCADA.

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor. Existen dos tipos de termistor; NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo PTC. (Positive Temperatura Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo.

Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen. El bulbo sensor de temperatura, o también denominado bulbo remoto, de las válvulas de expansión termostáticas y válvulas limitadoras de presión es una sonda térmica que mide el grado de sobrecalentamiento del vapor de refrigerante a la salida del evaporador.

Este bulbo, el que está conectado a la parte superior de la válvula por medio de un tubo capilar, se encuentra lleno de un fluido potencia denominado carga termostática, el cual al evaporarse ejerce una fuerza sobre el diafragma de la válvula controlando el flujo de refrigerante al interior del evaporador.

El funcionamiento adecuado de la válvula depende de la localización e instalación del bulbo. Generalmente se usa un bulbo instalado en el exterior de la tubería debido a que existen otros que también puede ir dentro de ella, este debe ir firmemente fijado con abrazaderas metálicas y cercano a la salida del evaporador, en posición horizontal.

Su ángulo de fijación está recomendado a 45º por debajo del plano horizontal; si la tubería es demasiado estrecha o de igual sección circular que la del bulbo, se recomienda montar el bulbo sobre esta. Todo este artificio es necesario a fin de evitar las erróneas señales de temperatura que arroja el aceite alojado en la parte inferior de la tubería a la salida del evaporador, las cuales indican un equívoco valor de sobrecalentamiento, distinto al del vapor de refrigerante. En la figura 2.22 podemos observar los indicadores de temperatura en una pantalla.

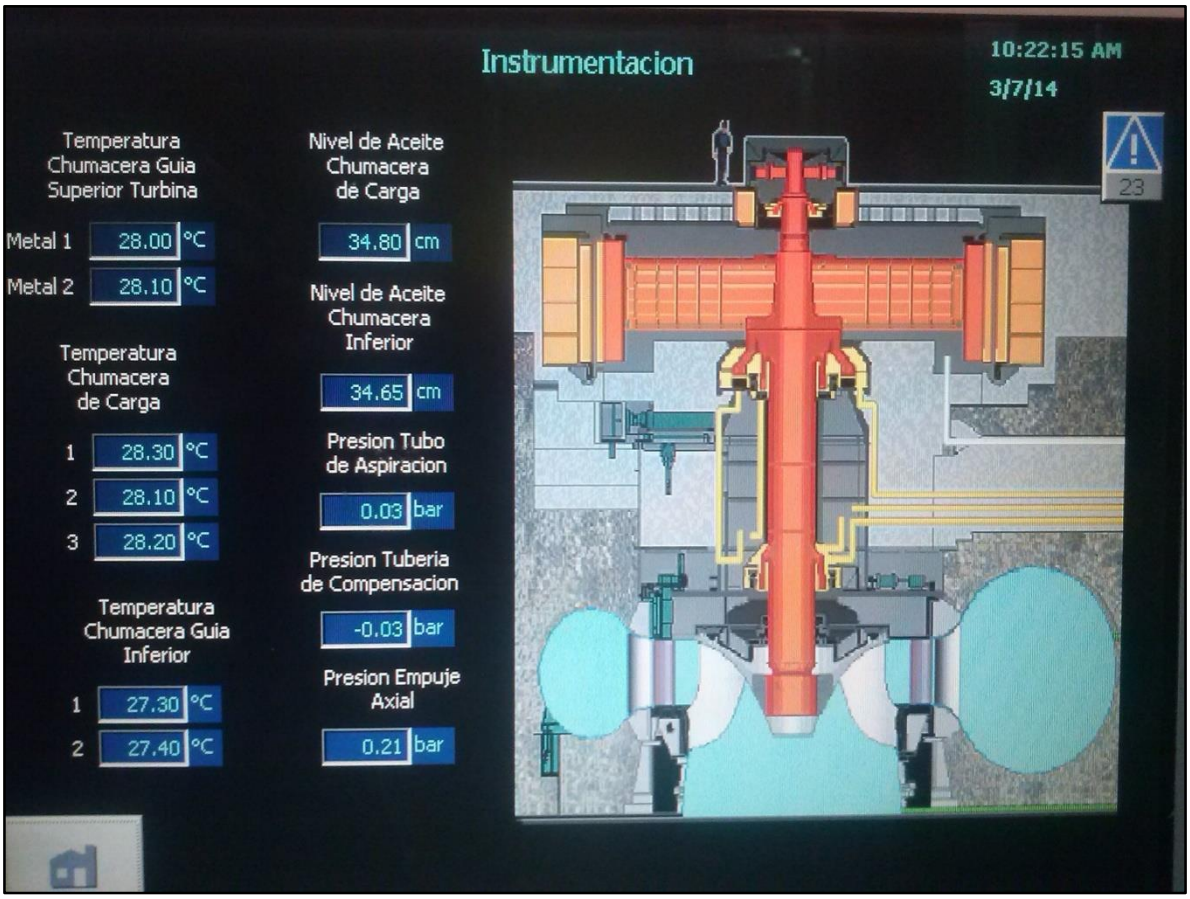

Fig. 2.21*Instrumentación sensor de temperatura.*

Sensor de nivel.- Los controles de nivel son dispositivos o estructuras hidráulicas cuya finalidad es la de garantizar el nivel del agua en un rango de variación preestablecido. Existen algunas diferencias en la concepción de los controles de nivel, según se trate decanales, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento de agua o un embalse, Controles de nivel del agua para canales, Controles de nivel para plantas de tratamiento de agua, Controles de nivel para tanques de almacenamiento de agua, Control de nivel en un embalse.

Controles de nivel del agua para canales.- Los controles de nivel del agua en los canales tienen la finalidad de garantizar la correcta operación de los mismos. En general los controles de nivel se colocan en puntos claves del canal, como son: Secciones de derivación, para canales de menor orden, y para tomas de campo; y, En correspondencia con estructuras de seguridad. Básicamente existen dos tipos de controles de nivel, considerando el nivel que deben controlar:

Controles que aseguran la permanencia del nivel.- Dentro de márgenes preestablecidos, aguas arriba de la estructura de control; *Controles de nivel que garantizan el nivel*, en el ámbito de una variación máxima pre establecido, aguas

abajo de la sección de control. Estos sistemas también se denominan operando a la demanda.
Desde el punto de vista de los mecanismos que operan el control del nivel, se pueden distinguir dos tipos. Controles del nivel aguas arriba mediante un vertedero de gran longitud; Controles de nivel que operan mediante el movimiento automático de una compuerta mecánica accionada por un flotador. Dependiendo de la posición del flotador el control será comandado por el nivel aguas arriba o aguas abajo.

Controles de nivel para tanques de almacenamiento de agua.-Los controles del nivel máximo del agua en un tanque de almacenamiento tienen la doble función de garantizar la seguridad de las estructuras y de evitar el desperdicio de agua. El control del nivel máximo se hace mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque.

Como todo mecanismo siempre puede fallar en el momento de su operación, es importante que el tanque disponga de un sistema de seguridad de funcionamiento totalmente automático como por ejemplo un vertedero libre, eventualmente conectado con una alarma.

El control del nivel mínimo del agua tiene la función de garantizar el buen funcionamiento del sistema evitando la entrada de aire en la tubería que se encuentra aguas abajo del tanque, como por ejemplo en la red de distribución de agua, o en la succión de la o las bombas. En este caso también el sistema está compuesto por un sensor de nivel conectado a una alarma, para que el operador intervenga, o en sistemas más sofisticados, el sensor actúa directamente, para aumentar la entrada de agua al tanque.

Control de nivel en un embalse.-El control de nivel de un embalse es fundamental para garantizar la seguridad de la presa y de las poblaciones situadas el valle, aguas abajo. El control del nivel máximo del agua en los embalses se puede efectuar mediante compuertas operadas según reglas de operación bien precisas y generalmente testadas en modelos reducidos antes de la construcción del embalse, para que los incrementos bruscos de caudal aguas abajo no erosionen las márgenes ni causen problemas a las estructuras allí existentes. Sin embargo en la gran mayoría de los embalses existe también un vertedero de solera libre.

Introducción a los medidores de temperatura.- En el campo de los procesos industriales, químicos, petroquímicos, siderúrgicos, cerámico, farmacéutico, alimenticio, papel y celulosa, *hidroeléctrico*, nuclear. El monitoreo de la variable temperatura, es fundamental para la obtención del producto final especificado.

Cuando uno mira a su alrededor percibe que los instrumentos de medida están en todas partes. El más ubicuo es el reloj, pero en las calles abundan los termómetros y los salpicaderos de los coches están llenos de indicadores, velocidad, revoluciones y nivel de gasolina.

El común de los mortales está familiarizado con los indicadores que constituyen el extremo visible de la cadena de medida, como quien dice la punta del iceberg. Poca gente conoce, ni siquiera a grandes rasgos, el funcionamiento interno de un sistema o aparato de medida.

Aunque el saber no ocupa lugar, un usuario ordinario no tiene porqué conocer cómo funciona por dentro un aparato, siempre que ese conocimiento no sea preciso para poder hacer un uso adecuado del mismo. Este es el caso de aparatos "cerrados", cuyo correcto funcionamiento está certificado caso de los instrumentos de un coche, de la balanza electrónica de un supermercado o del medidor de un surtidor de gasolina.

Sin embargo, un ingeniero de materiales, igual que otros profesionales, debe conocer algo más acerca de cómo funcionan los sistemas de medida que se utilizan en la caracterización de los materiales y en los procesos de fabricación de los mismos, tanto para poder juzgar lo adecuado de los sistemas utilizados por otros, como para poder seleccionar un sistema adecuado de medida para un uso particular.

Denominaremos instrumentación al conjunto de instrumentos que hacen posible la medida de una variable física particular y por extensión, también al conjunto de instrumentos de medida que permite seguir la evolución de un sistema físico, cualquiera que sea el número de variables físicas involucradas.

Denominaremos también instrumentación a la disciplina que estudia las técnicas de diseñar, construir y utilizar correctamente los sistemas de medida. En este curso introductorio vamos a ceñirnos a los conceptos mínimos necesarios para comprender el funcionamiento de los sistemas eléctricos o electrónicos de medida a efectos, fundamentalmente, de poder utilizarlos correctamente. Existen una gran variedad de termómetros, dependiendo del tipo de necesidades que se tenga se puede catalogar de la siguiente forma.

Termómetros magnéticos, termómetros de líquidos en dilatación, termómetros de gas.En el programada de mantenimiento de la unidad cinco de la central Belisario Domínguez usaremos el termómetro de gas ya que este cumple con nuestras necesidades y características requeridas, que se encuentran establecidas en las normas que pide la comisión federal de electricidad.

Termómetros de gas.- El termómetro de gas de volumen constante es muy exacto, y tiene un margen de aplicación extraordinario, desde - 27 °C hasta 1477

°C. Pero es más complicado, por lo que se utiliza como un instrumento normativo para la graduación de otros termómetros. El termómetro de gas a volumen constante se compone de una ampolla con gas helio, hidrógeno o nitrógeno, según la gama de temperaturas deseada y un manómetro medidor de la presión.

Se pone la ampolla del gas en el ambiente cuya temperatura hay que medir, y se ajusta entonces la columna de mercurio (manómetro) que está en conexión con la ampolla, para darle un volumen fijo al gas de la ampolla. La altura de la columna de mercurio indica la presión del gas. A partir de ella se puede calcular la temperatura.

En un termómetro de gas de volumen constante el volumen del hidrógeno que hay en una ampolla metálica se mantiene constante levantando o bajando un depósito. La altura del mercurio del barómetro se ajusta entonces hasta que toca justo el indicador superior, la diferencia de los niveles (h) indica entonces la presión del gas y su temperatura.

Es físicamente idéntico al termómetro de dilatación de líquidos, consiste en un bulbo, un elemento de medida y un capilar que los une. El volumen del conjunto es constante y llenado con gas a presión. Con variaciones de temperatura, la presión del gas varía aproximadamente según la ley de los gases perfectos, y el elemento de medición opera como medidor de presión. Las variaciones de presión, son linealmente dependientes de la temperatura, si se mantiene el volumen constante. El gas utilizado es el nitrógeno, presurizado entre 20 y 50 atmósferas. El rango de medida va desde –100 a 600 ºC.

Termómetro a presión de vapor.-Su construcción es similar a los anteriores, su funcionamiento se basa en la Ley de Dalton, “La presión de un vapor saturado, depende solamente de su temperatura y no de su volumen”. Por lo tanto, para cualquier variación de temperatura, habrá una variación de tensión del gas licuado en el bulbo del termómetro y en consecuencia, una variación de presión dentro del capilar.

Tabla. 2.6 *Puntos de fusión y puntos de ebullición.*

Líquido	Pto. De fusión	Pto. De ebullición
Clorato de metilo	- 139	- 24
Butano	- 135	- 0,5
Eter etílico	- 119	34
Tolueno	- 95	110
Propano	- 180	- 42

Termómetros de dilatación de sólidos (Termómetros bimetálicos.).- El termómetro bimetálico está compuesto de dos láminas metálicas, con coeficientes de dilatación diferente, superpuesta formando una sola pieza. Al variar la temperatura del conjunto, se produce una deformación proporcional a la temperatura. En la práctica, la lámina bimetálica esta enrollada en forma de espiral o hélice, con lo que aumenta bastante la sensibilidad. El termómetro más utilizado es el de lámina helicoidal.

El rango de trabajo de los termómetros bimetálicos es, aproximadamente entre –50 y 800 ºC y se pueden conseguir exactitudes del orden del 1%. En la siguiente figura se ilustra el funcionamiento de un termómetro de mercurio.

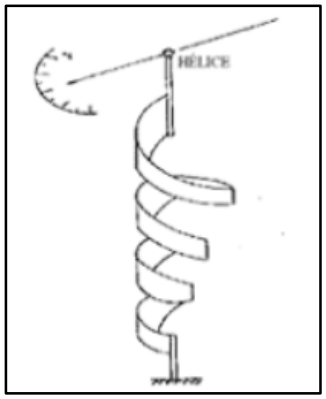

Fig. 2.22 Termómetro por dilatación de mercurio.

Tipos de termómetros.- En física se utilizan varios tipos de termómetros, según el margen de temperaturas a estudiar o la precisión exigida. Como ya hemos señalado, todos se basan en una propiedad termométrica de alguna sustancia, que cambie continuamente con la temperatura (como la longitud de una columna de líquido o la presión de un volumen constante de gas).

Termómetros de líquido.-Los termómetros de líquido encerrado en vidrio son, ciertamente, los más familiares. El de mercurio se emplea mucho para tomar la temperatura de las personas, y, para medir la de interiores, suelen emplearse los de alcohol coloreado en tubo de vidrio.

Los de mercurio pueden funcionar en la gama que va de -39 °C (punto de congelación del mercurio) a 357 °C (su punto de ebullición), con la ventaja de ser portátiles y permitir una lectura directa. No son, desde luego, muy precisos para fines científicos.

El termómetro de alcohol coloreado es también portátil, pero todavía menos preciso; sin embargo, presta servicios cuando más que nada importa su cómodo

empleo. Tiene la ventaja de registrar temperaturas desde -112 °C (punto de congelación del etanol, el alcohol empleado en él) hasta 78 °C (su punto de ebullición), cubriendo por lo tanto toda la gama de temperaturas que hallamos normalmente en nuestro entorno.

Termómetros de gas.-El termómetro de gas de volumen constante es muy exacto, y tiene un margen de aplicación extraordinario: desde -27 °C hasta 1477 °C. Pero es más complicado, por lo que se utiliza más bien como un instrumento normativo para la graduación de otros termómetros.

El termómetro de gas a volumen constante se compone de una ampolla con gas – helio, hidrógeno o nitrógeno, según la gama de temperaturas deseada- y un manómetro medidor de la presión. Se pone la ampolla del gas en el ambiente cuya temperatura hay que medir, y se ajusta entonces la columna de mercurio (manómetro) que está en conexión con la ampolla, para darle un volumen fijo al gas de la ampolla. La altura de la columna de mercurio indica la presión del gas. A partir de ella se puede calcular la temperatura.

Especificación técnica.- Requisitos técnicos Y los bienes requeridos para este proyecto son: PARTIDA 01.- 5 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, dimensión de la caratula 4” (100 mm.), con puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento.

Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable. Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 630mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida.

Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su diámetro del termo pozo, 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm. Con una longitud de inmersión de 630. Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados.

La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 20 metros. Deberá cumplir con la precisión Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65.G=grosor de la cuerda o de guía. Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al

CENAM. Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida*02.-5 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, Dimensión de la caratula 4" (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento.

Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable. Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 550 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida, con un Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm.

Con una longitud de inmersión de 550. Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 20 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65. Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM. Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).

Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida*03.-10 piezas, Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 -

100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, Dimensión de la caratula 4” (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento. Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable.

Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 440 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida .con un Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm.

Con una longitud de inmersión de 440. Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 20 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65.Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM. Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación). Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

Partida 04.**-** 10 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, Dimensión de la caratula 4” (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento.

Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable. Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 400 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida.

Con una Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm.

Con una longitud de inmersión de 400. Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 20 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65.Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM. Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida 05***.-** 10 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, dimensión de la caratula 4” (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento. Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable.

Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 180 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida .con un Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm.

Con una longitud de inmersión de 180. Instalación y funcionamiento, deberá

describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 30 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65. Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM. Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

Uso de herramienta especializada.- La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida 06***.-** 10 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, Dimensión de la caratula 4” (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento.

Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable.

Las dimensiones del bulbo serán de Ø 11 mm de diámetro y 180 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida, con una Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 11,5 mm en el interior / exterior de 14 mm.

Con una longitud de inmersión de 180 Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 15 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65.Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM.Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).Método empleado: RTD´s con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida 07***.-** 5 piezas. Termómetro Actuado por Gas; con carátula analógica de 0 - 100 °C, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/alarma, 1 juego de contactos (1 NA y 1 NC) p/disparo, ajustables y visibles en la carátula, Dimensión de la caratula 4" (100 mm.), con Puntero de aluminio color negro, corrección de cero al lado de la carcasa.

Para uso rudo para soportar humedad vibración y vapores de aceite por lo cual estará completamente hermético y relleno de Aceite dieléctrico o silicona, Con brida frontal para montaje en panel, caja de acero inoxidable, ventana de Cristal inastillable debe incluir accesorio necesario para su instalación y funcionamiento. Deberá suministrar la carátula, el tubo capilar enmallado en funda de acero inoxidable.

Las dimensiones del bulbo serán de Ø 16 mm de diámetro y 180 mm de longitud con tuerca de ajuste de la profundidad del sensor, Deberá incluir termo pozo de acero inoxidable maquinado en barra sólida .con un Censará temperatura dentro del estator por lo que deberá, suministrar todo los accesorios para su Diámetro del termo pozo: 16,5 mm en el interior / exterior de 18 mm.

Con una longitud de inmersión de 180. Instalación y funcionamiento, deberá describir cada uno de los accesorios proporcionados. La conexión al proceso deberá ser de: ¾ G MACHO y la conexión al termómetro de: ¾ G HEMBRA. La distancia de bulbo a la carátula será de 15 metros. Deberá cumplir con la Precisión: Clase 1 (1%), así como el grado de protección NEMA 4X e IP65**.** Debe incluir certificado de calibración (Documento que abala que cumple con la precisión del 1 %) con trazabilidad al CENAM.Deberá cumplir calibración y diagnóstico de medidores de temperatura en laboratorio.

La calibración se realizará con medidores patrón los cuales cuentan con trazabilidad directa al patrón nacional CENAM (centro nacional de metrología en México). Las calibraciones se realizarán a través de un laboratorio en México el cual se encuentre acreditado ante la EMA (entidad mexicana de acreditación).Método empleado: RTD's con indicador de lectura directa y termómetro de líquido en vidrio por comparación directa.

*Partida*08.-5 piezas Gabinete metálico, Cuadro superior e inferior soldados, Techo extraíble, Panel posterior extraíble, debe incluir placa de montaje, Guía para desplazamiento de placa, Soporte de fijación de placa de montaje, Puerta frontal transparente de cristal templado con cierre.

Incluye escuadras de fijación de placa de montaje, Apertura de puerta 120º, Pintados exterior e interiormente con resina de poliéster-epoxi color gris claro RAL-7032 texturizado. Alto 1800, Ancho 800, Prof. 600, deberá incluir 1 Conexión a Tierra, Hilos de cobre con Terminal de cobre estañado. Longitud 220, Sección de 610 mm^2, 1 Lámpara fluorescente compacta, posibilidad de fijación por imán de adherencia, Tensión de conexión 220V/50/60 Hz, Consumo 60 W. Deberá incluir una base para soportar el gabinete de 10 cm. Color café.

Distribución de termómetros.- La distribución de sensores para los termómetros de la unidad cinco las encontramos en la siguiente tabla de la unidad de acuerdo a la tabla Medición de turbinas disparos y alarmas que se encuentra en el tablero de la unidad.

Tabla. 2.7 *Medición de turbinas, disparos y alarmas.*

MEDICION DE TURBINAS DISPAROS Y ALARMAS		
PROTECCIONES MECÁNICAS	DISPOCITIVOS	UNIDAD 5 ALARMAS Y DISPAROS
METAL CHUMACERA DE CARGA	38B2H	90°C 92°C
ACEITE CHUMACERA DE CARGA	38QB2	60°C
METAL CHUMACERA GUÍA SUPERIOR	38B3H	65°C 70°C
ACEITE CHUMACERA GUÍA SUPERIOR	38QB3	60°C
METAL CHUMACERA GUÍA INFERIOR	38B1H	65°C 70°C
ACEITE CHUMACERA GUÍA INFERIOR	38QB1	60°C
METAL CHUMACERA GENERADOR	38B4H	75°C 85°C
ACEITE CHUMACERA GENERADOR	38QB4	65°C
AIRE CALIENTE	26WAX	55°C
AIRE FRIÓ		50°C

Chumacera de carga.-Para el sensor de Metal se encuentra en la chumacera de carga y se posiciona en forma radial mientras que para el sensor de aceite se encuentra en la misma chumacera de carga y se posiciona en posición axial.

Chumacera guía superior.- Para el sensor de Metal se encuentra en la Chumacera guía superior y se posiciona en forma radial mientras que para el

sensor de aceite se encuentra en la misma chumacera guía superior y se posiciona en posición axial.

Chumacera guía inferior.- Para el sensor de Metal se encuentra en la chumacera guía inferior y se posiciona en forma radial mientras que para el sensor de aceite se encuentra en la misma chumacera guía inferior y se posiciona en posición axial.

Chumacera generador.- Para el sensor de Metal se encuentra en la chumacera generador y se posiciona en forma radial mientras que para el sensor de aceite se encuentra en la misma chumacera generador y se posiciona en posición axial.

Aire caliente.- Se encuentra pegado a los radiadores entre los devanados del estator.

Aire frio.- Este sensor se pone a una distancia de un metro del estator de la unidad pegado a la pared que encierra el estator. Como se muestra en la siguiente imagen.

2.4 Caracterizacion del sistema de la unidad de control de la unidad generadora

Sistema de control.- El sistema de control está basado bajo el principio y el uso de un PLC STEP 7 de la marca siemens acoplada a una interface de uso exclusivo y propiedad de CFE, las cuales se interconectan a una tarjeta de adquisición de datos para el monitoreo y control.

Interpretando datos de entradas tanto analógicos como digitales en la salida para indicadores analógicos y digitales. Este sistema cuenta además del monitoreo de temperatura así como también para la regulación del voltaje y frecuencia de salida. En lo que respecta a este proyecto solo se abordara el tema de control de temperatura tanto en la modalidad de indicadores, alarmas y disparos que tienen que ver con la variable de temperatura en el buen funcionamiento del sistema.

Como se puede observar en la figura 2.23 muestra un sistema de indicadores en el cual muestra temperaturas en etapas de nivel uno que indica, la temperatura cuando la maquina esta fuera de servicio y el nivel dos indica que la maquina entra en funcionamiento, mientras que el nivel tres muestra el calentamiento de la unidad con respecto al tiempo de operación y el nivel cuatro indica el estado normal de la unidad mientras el nivel cinco se tienen los niveles críticos de la unidad.

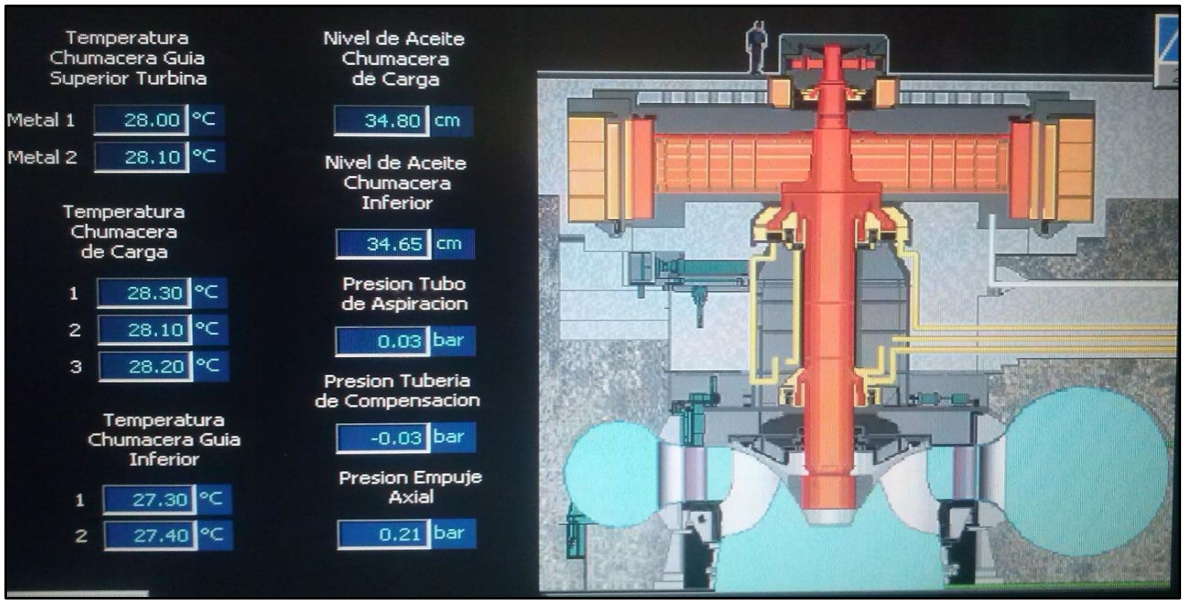

Fig. 2.23 *sistema de indicadores etapa 1 y 2.*

El sexto nivel se encarga de mandar una señal para el disparo aquí en este nivel el sistema manda la señal de alarma y de acuerdo al protocolo de disparo, aquí en este nivel el sistema no hace el disparo, si no que establece los parámetros críticos y luego se revisan una serie de procesos para tomar la decisión y poner en espera la unidad o sacarla de sincronía del sistema, este tiempo es de alrededor de los 45 segundos, si ya se estableció el protocolo.

A partir del nivel tres se sigue un protocolo para verificar el estado actual de la unidad y las razones en las condiciones que se encuentra funcionando, esto quiere decir que la maquina puede seguir funcionando pero se atienden de forma prioritaria y las posibles averías, como es el caso del nivel cuatro que indica el protocolo de información acerca de las condiciones normales de operación.

Cuando se llega al nivel cinco el protocolo que se establece es crítico, ya que la decisión de suspender el funcionamiento de la maquina lo determinan otras instancias de manera autónoma.

Se le notifica al jefe inmediato superior que se encuentre en turno para que este tome la decisión de parar la unidad ya que el nivel de señal está en estado crítico y omitir de manera personal ese protocolo se generaría una falla que arrojaría un costo muy elevado de aproximadamente de 3 millones dependiendo de la falla que se halla presentado.

Cuando los niveles anteriores son omitidos o no detectados el nivel seis tiene como protección automatizada, el incremento de la señal de alarma en lo que respecta al sonido emitido, haciendo referencia que el sistema está en riesgo, por tanto en este rubro.

El disparo se considera como una interpretación de forma inmediata de la unidad para prevenir un sobre calentamiento y un daño más profundo dañando tanto equipo de control como también partes o dispositivos mecánicos de dicha unidad y evitar un gasto mayor o en su peor caso un cambio masivo de elementos que conforman la unidad generadora.

Solución de averías.- Cuando la unidad entra en servicio y una de las alarmas se activa puede ser por una falla en la línea que conecta con el sensor y el transductor, entonces el personal correspondiente tiene la obligación de verificar la falla utilizando un equipo especializado y calibrado por una unidad verificadora en lo que respecta a patrones y medidas.

En esta situación se emplea un megger para medir la resistencia de aislamiento de los conductores que se emplean para el control para tener la seguridad que no están en corto o en circuito abierto, una vez que se haya revisado los cables y todo lo que posiblemente estaría causando una posible falla, se establece o se determinar si es necesario un cambio de elemento o reapretar dichas conexiones en el sistema de control.

Indicadores.- Esta parte es muy importante como todo lo anterior, en esta etapa se lleva a cabo una buena parte de las posibles fallas así como también el buen funcionamiento del sistema. Resulta ser importante porque los indicadores muestran si el sistema está en buenas condiciones o existe una posible falla.

Los indicadores tienen la función de mostrar que los parámetros estén en condiciones de operación, para esto se cuenta con indicadores de tipo analógicos y algunos de tipo digitales que tienen una función específica en los cuales los parámetros tienen que estar dentro de un rango y una precisión estable. Cabe resaltar que los indicadores, muestran un rango de temperatura de operación entre 0-100 ºC, esto da como consecuencia que, lo que nos debe de indicar es una temperatura estable entre (28-33ºc).

Los sistemas electromecánicos cuentan con un indicador digital, en esta parte es de mayor importancia porque al presentarse una avería automáticamente el sistema en conjunto se pone en observación para corregir el aumento de la temperatura y así corregir una posible falla mayor.

Tipos de alarmas.- Una de las razones principales para implementar una alarma en el sistema de control es que basado en el protocoló para los diferentes niveles de seguridad es importante que la señal visible a través de los indicadores este acompañado por una señal audible que permita identificar en qué nivel y en qué espacio se encuentra la avería. Esto es importante porque mediante una señal audible se puede establecer la corrección de la avería en el proceso del buen funcionamiento del sistema.

La unidad cuenta con tres tipos de alarmas el primero es una lámpara que se encuentra en el tablero de la máquina que indica el funcionamiento de la unidad, el segundo es un alarma audible que se encuentra en el tablero de control mientras que la última alarma está controlada por el PLC Step 7 que esta se encarga de mandar a paro directo.

Puntos críticos.- De acuerdo al sistema de control que se tienen en la central, proporcionan información tanto los indicadores de temperatura como los sensores y el conjunto en su forma como transductor nos indican un buen funcionamiento o un funcionamiento erróneo, esto no quiere decir que los sensores están operando mal, simple mente nos indican el exceso de temperatura en ciertos puntos.

Estos puntos se consideran como críticos ya que es una parte medular de dicho sistema ya que son considerados de mayor valor económico y que tiene que ver con la generación de energía eléctrica, esto nos ayuda a poder detectar una posible falla que existe en un espacio localizado en la unidad generadora como se muestra en la Figura 2.24.

Cabe resaltar que el sistema al detectar la posible falla emite una alarma, mostrando la ubicación de la posible falla en el panel donde se monitorean todos y cada uno de los diferentes puntos críticos. En lo que respecta a la unidad, al detectar una avería en el sistema de control no se detiene el proceso de generación de esta máquina ya que el sistema no está diseñado para detener el funcionamiento de operación en la máquina.

Los puntos críticos que hay que cuidar se encuentran, en las chumaceras de la unidad cinco, donde el sistema de enfriamiento emite la primera señal (luz), chumacera de carga su disparo es a los 92°C, metal chumacera guía superior su disparo es a 70°C, metal chumacera guía inferior su disparo es a 70°C y metal chumacera generador su disparo a 85°C. En la siguiente figura, se señalan los puntos críticos considerados por el departamento de control.

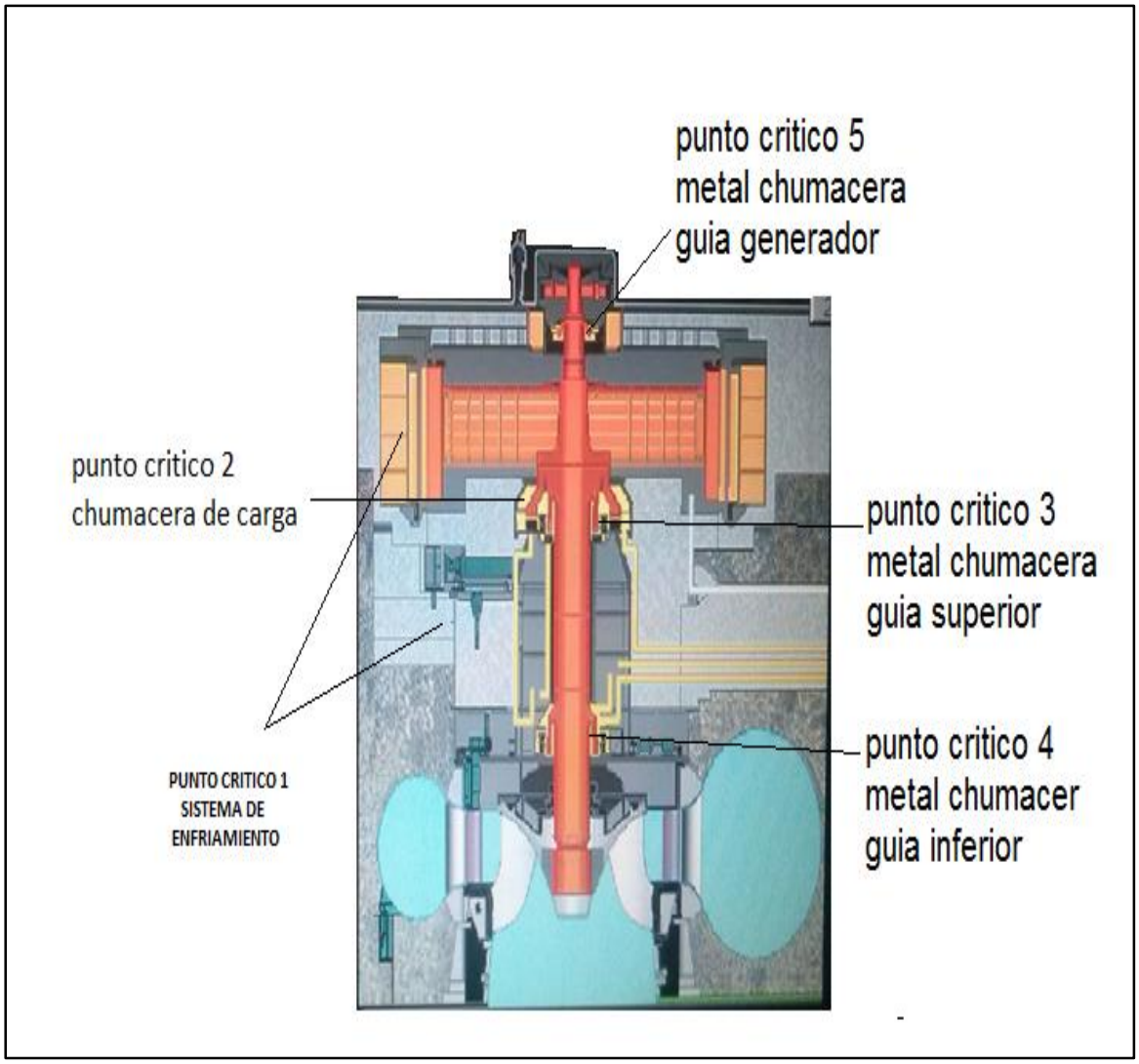

Fig. 2.24 *puntos críticos.*

3. Desarrollo

3.1 Procedimiento de desalambrado de señales y alarmas

Para el desalambrado de las señales y alarmas se procede en primer lugar la identificación de cada uno de los conductores como se muestra en la Figura: 3.1 y 3.2**.** En seguida, se procede a realizar el etiquetado de los cables de control, posteriormente se procede a desmontar el conductor que se va a reemplazar por el mismo tipo calibre y tamaño del conductor, como se indica en la Figura. 3.3 para tener una confiable en la señal portadora del sistema de control.

En lo que respecta al etiquetado nos permite ubicar con mayor rapidez y sin fallas de conexión a los lugares que se requiere en cada uno de estos ya que las

señales para el sistema de alarmas deben de funcionar con una eficiencia del 100 por ciento. Cabe señalar que el procedimiento de marcado es importante ya que en el desmontaje y retiro del conductor es una parte fundamental en el procedimiento del montaje nuevo, ya que de esto depende el buen funcionamiento del sistema. Observar la Figura 3.1

Fig. 3.1 *Procedimiento de desalambrado de señales y alarmas.*

Esta imagen muestra el cableado existente que se va a reemplazar, previo a esto el procedimiento es de identificación de los circuitos y con sus cables de control correspondientes.

Fig.3.2*Se procede al desmantelamiento del cableado de control existente.*

Fig. 3.3 *Cables desmontados, ya con su identificación correspondiente al sistema de alarmas.*

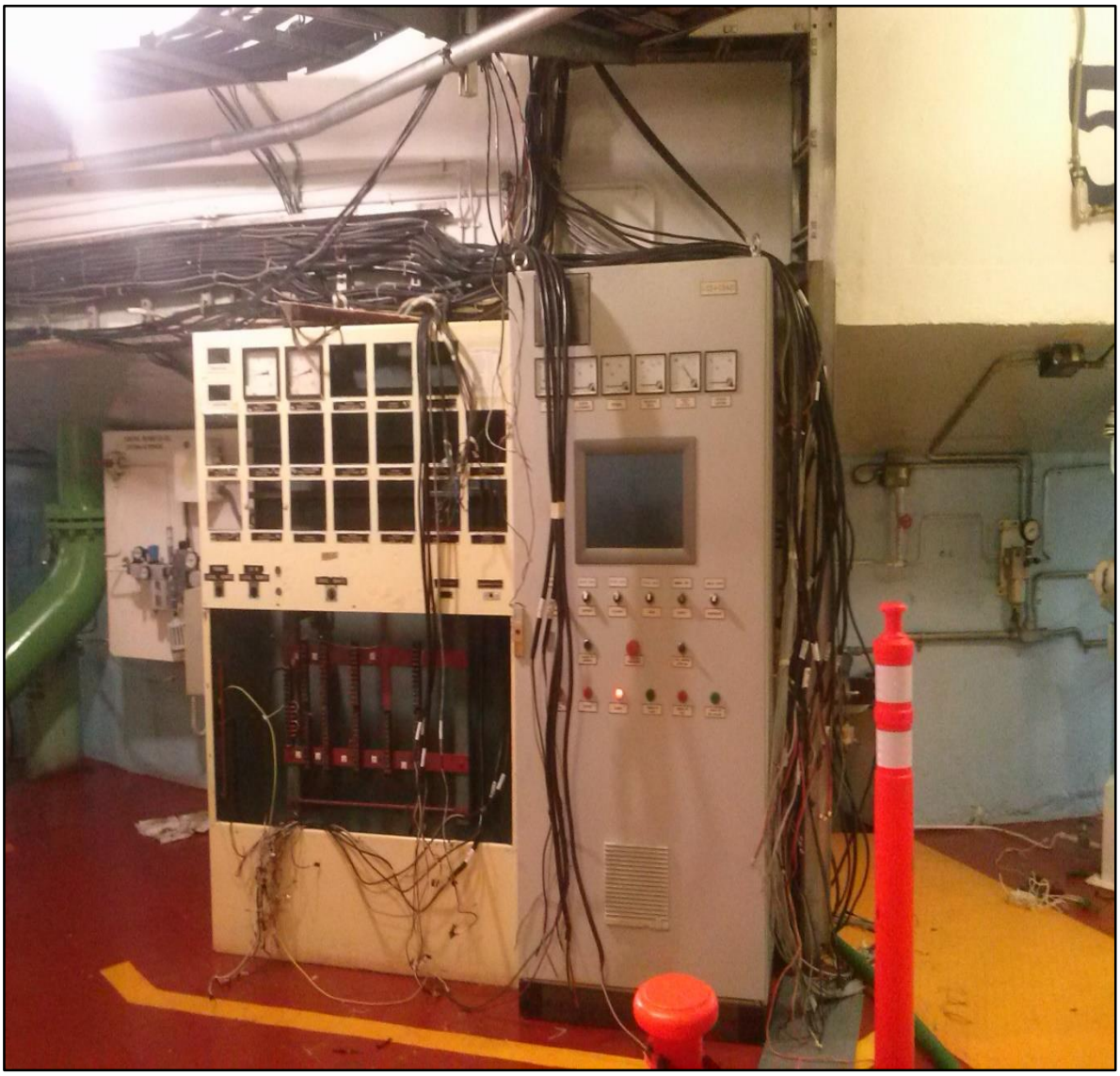

Fig.3.4*Sistema de control para alarmas.*

3.2 Realización de desmontaje de 6 termómetros

Antes de desmontar los termómetros se establece un protocolo de identificación de cada uno de los diferentes elementos primarios (sensores) de tipo capilar. Así como también, las distancia de capilar a termómetro ya que las distancias varían de acuerdo al requerimiento y la posición o por su ubicación de donde se encuentren instalados cada uno de los sensores de temperatura, posteriormente ya que se tiene el 100 por ciento del protocolo de desmontaje de los elementos primarios, se procede al desmonte de estos del gabinete de control.

En la figura 3.1 se observa como el gabinete se empieza a desmontar y en la figura 3.2 se ven los termómetros desmontados.

Fig. 3.5*Desmontajes de 6 termómetros.*

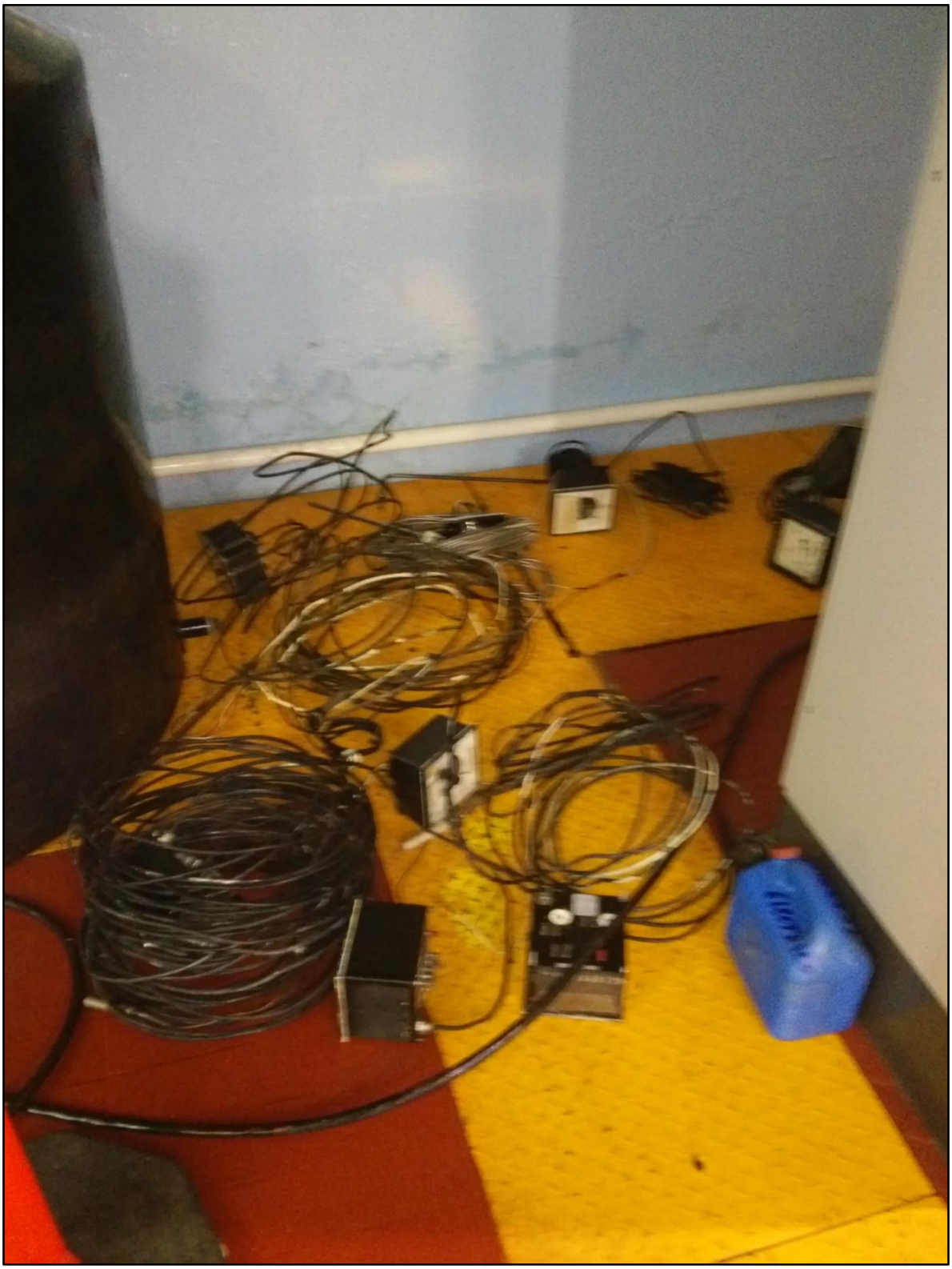

Fig. 3.6 *Termómetros desmontados.*

3.3 Retiro de gabinete existente

De acuerdo al protocolo de desmontaje, se determina usar una grúa viajera, equipo que se requiere para desmontar los gabinetes de control ya que debido al peso y espacio es muy complicada manejarlo de forma manual con maniobras rudimentarias. El uso de la grúa permite realizar los movimientos de una forma precisa y sobre todo con una máxima seguridad en los procedimientos de la destitución de los gabinetes y tableros de control.

En la figura 3.7 se observa cómo se desmonta el gabinete antes de ser retirado.

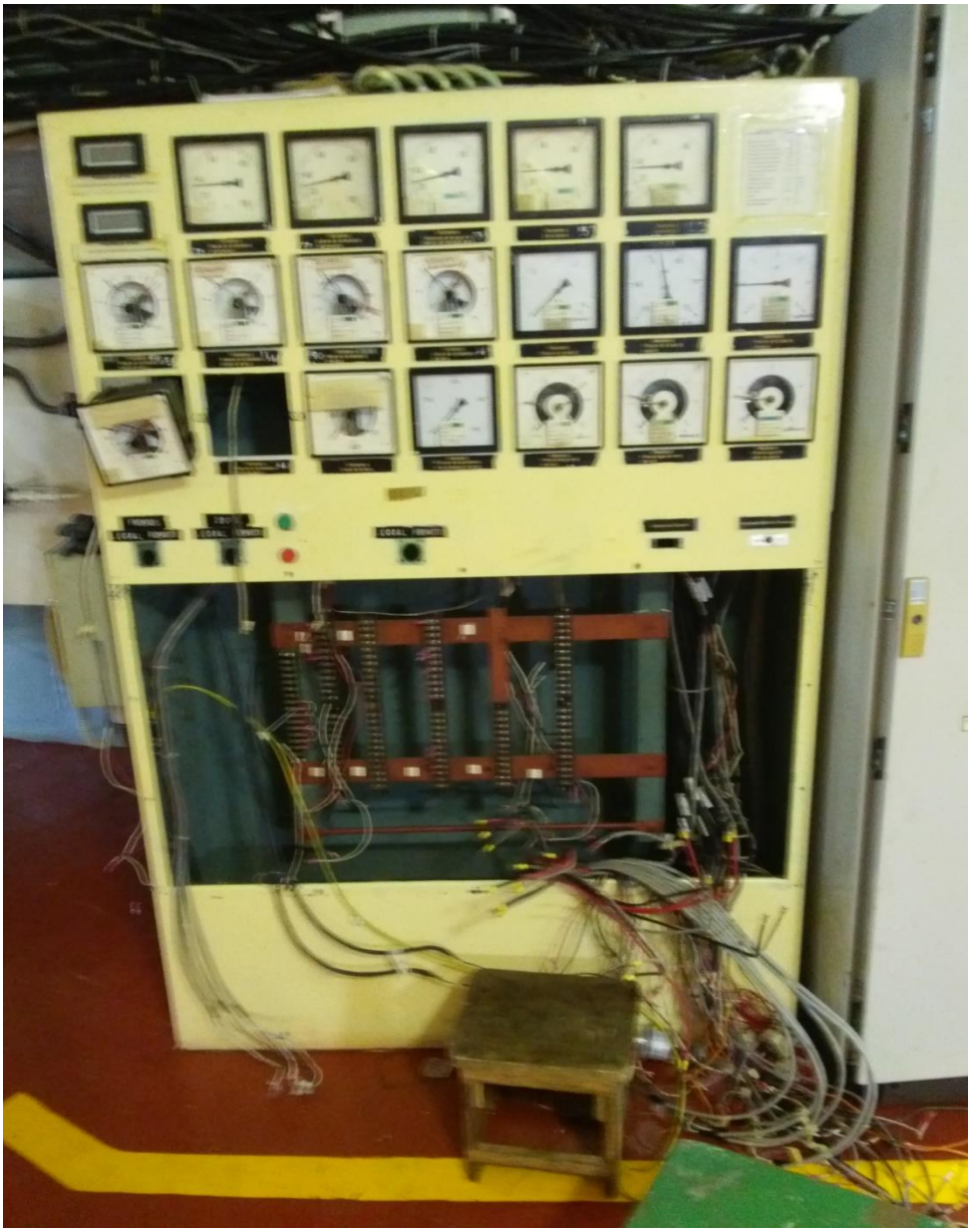

Fig. 3.7 *Desmantelamiento de gabinete para su retiro.*

3.4 Montaje de gabinete nuevo

Al ya tener todos los equipos de medición junto con los nuevos termómetros, capilares tuercas ajustables, se procede al montaje del nuevo gabinete ubicando en el mismo sitio del anterior ya que no se puede cambiar de ubicación por motivos importantes. El primero es que la salida del cable se encuentra en el lugar que no se puede reubicar, además de estar los tubos para los Flujómetros que se encuentran detrás del gabinete, tomando en cuenta estos puntos se instala el nuevo gabinete con las medidas indicadas, como se observa en la figura 3.10.

En la figura 3.8 se observa el diseño del la placa metálica donde serán colocados los nuevos termómetros y en la figura 3.9 se observa la placa metálica antes de ser perforada.

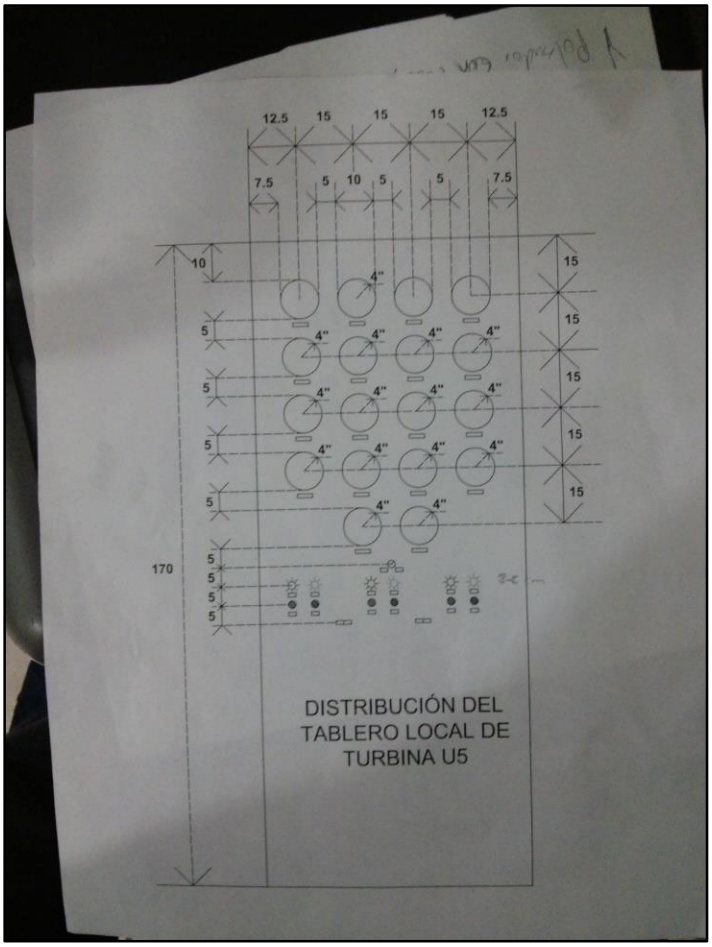

Fig. 3.8*Distancia entre de los termómetros en diagrama.*

Fig.3.9 *Distribución de los termómetros en placa de metal.*

Fig. 3.10 *Instalación de gabinete nuevo.*

3.5 Realización de instalación de 12 termómetros nuevos

Como ya tenemos el gabinete en su lugar, los cables etiquetados, los capilares y termómetros bien ubicados se procede a la instalación de cada uno de ellos. Con mayor facilidad se conecta los cables que se dirigen a las señales de alarmas y disparos, además de ir directamente conectados a un PLC SIEMENS que controla en modo automático los disparos de la unidad en ciertas partes que se tienen el sistema de disparo para tener el mejor control y mayor protección de las chumaceras de la unidad cinco. Se ubica la posición del termómetro, la ubicación de cada uno de ellos depende de la longitud que va del censor hacia el termómetro que se encuentra afuera de la unidad.

De la figura 3.11 a la 3.17 se observa el proceso de instalación del nuevo gabinete, así como la conexión de los nuevos termómetros.

Fig. 3.11 Montaje de los 6 termómetros.

Fig.3.12 *montaje y posicionamiento de los termómetros.*

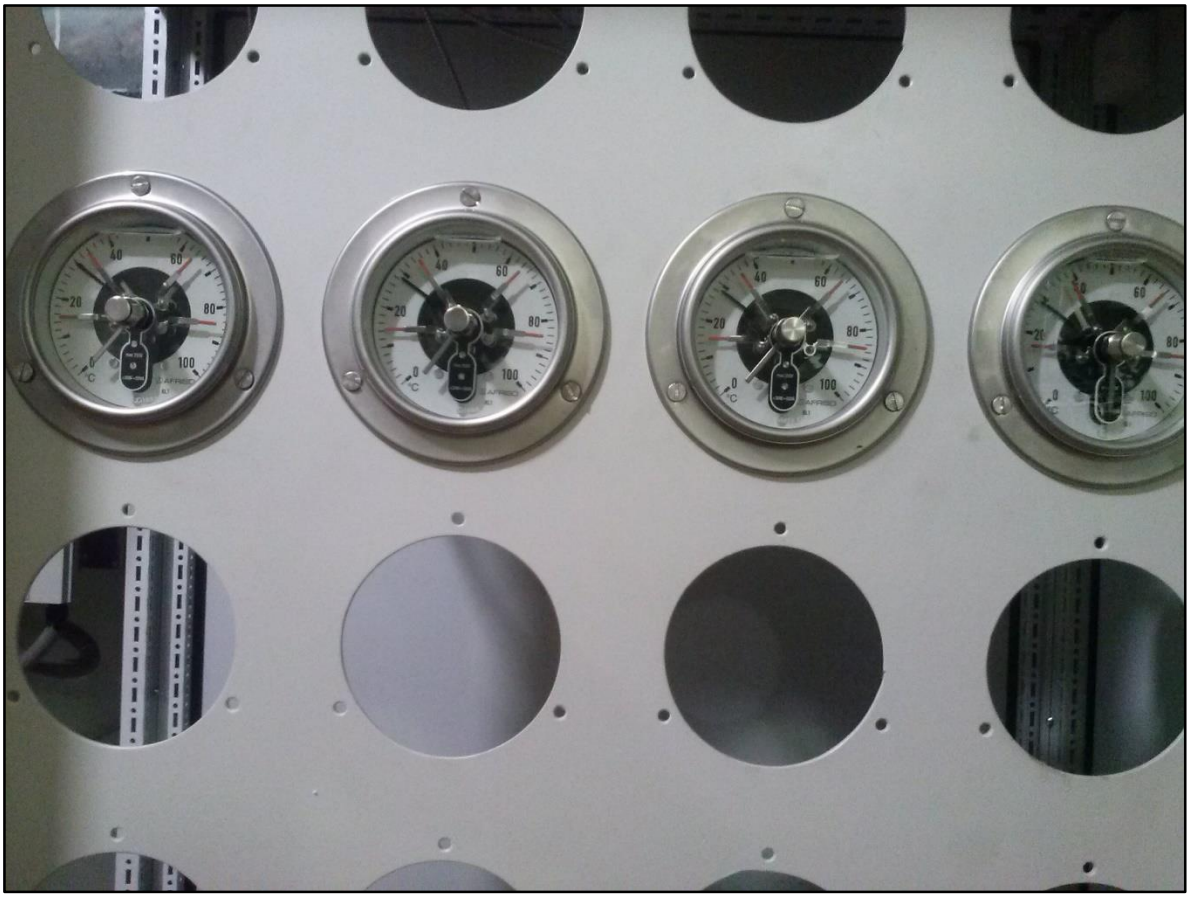

Fig. 3.13*Termómetros en su posición correcta.*

Fig. 3.14*Termómetros.*

Fig. 3.15 *Identificación de conexiones de las señales entradas, salidas en contactos y alimentación a 12 Vca.*

Fig.3.16 *Conexiones de las señales entradas, salidas en contactos.*

Fig. 3.17 *Termómetros conectados correctamente.*

En la figura 3.18 podemos observar el nuevo tablero de instrumentación, con sus respectivos termómetros.

Fig. 3.18 *Nuevo tablero local.*

3.6 Procedimiento de alambrado de alarmas y disparos

Para el alambrado de las señales y alarmas como ya en la desinstalación de dicho cable, se procedió en primer lugar la identificación de cada uno de ellos y la etiquetación de estos cables, se procede después del etiquetado a remplazar el conductor por el mismo tipo y calibre para mantener el orden y así no perder las ubicaciones para llevar un buen control, como se muestran en las figuras 3.19 y 3.20.

Además el etiquetado nos permitió ubicar con mayor rapidez y sin fallas de conexión a los lugares que se dirige cada uno de esos cables, ya que son muchos cables los cuales sin etiquetación hubiera sido complicado poder ubicar el orden de cada una de las alarmas ya que si eso no se hubiera etiquetado, hubiese sido muy fácil hacer conexiones erróneas.

Ya que por los mismos ductos o rejas, pasan los cables que se dirigen hacia otros equipos y así haber perdido más tiempo lo cual no sería bueno ya que se tiene un tiempo definido para la entrega de la unidad.

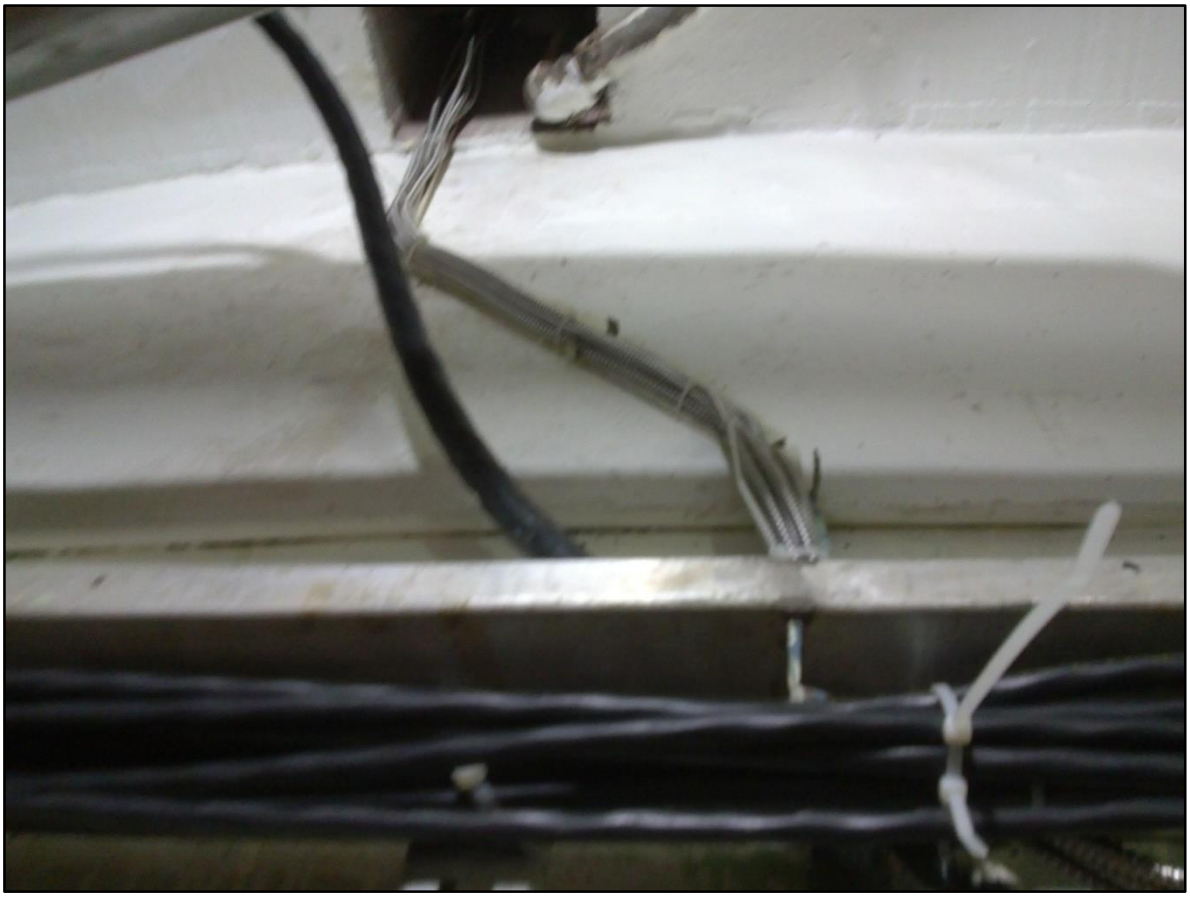

Fig.3.19*Cableado a través del muro de la unidad 5 de los capilares hacia los termómetros.*

Fig.3.20 *Exterior de la unidad y rejillas que sostiene el cableado de las señales alarmas disparos alimentación de la unidad.*

En las figuras 3.21 a la 3.24 se observa el proceso de conexión de los nuevos termómetros.

Fig. 3.21 *contacto.*

Fig. 3.22 *Conexión en contacto de señal y alarma.*

Fig. 3.23*Estética de conexión de las señales y las alarmas.*

Fig. 3.24 *Señales y alarmas conectada a los termómetros.*

3.7 Pruebas operacionales

En las pruebas operacionales se procede de forma manual hacer las pruebas, para verificar que el sistema de alarma funcione correctamente al mismo tiempo se checan los disparos que tendrá la unidad en los puntos indicados en la tabla 1, donde la maquina se parara al ser activada por la señal de disparo. Asi como se observan en las figuras 3.25 a la 3.27.

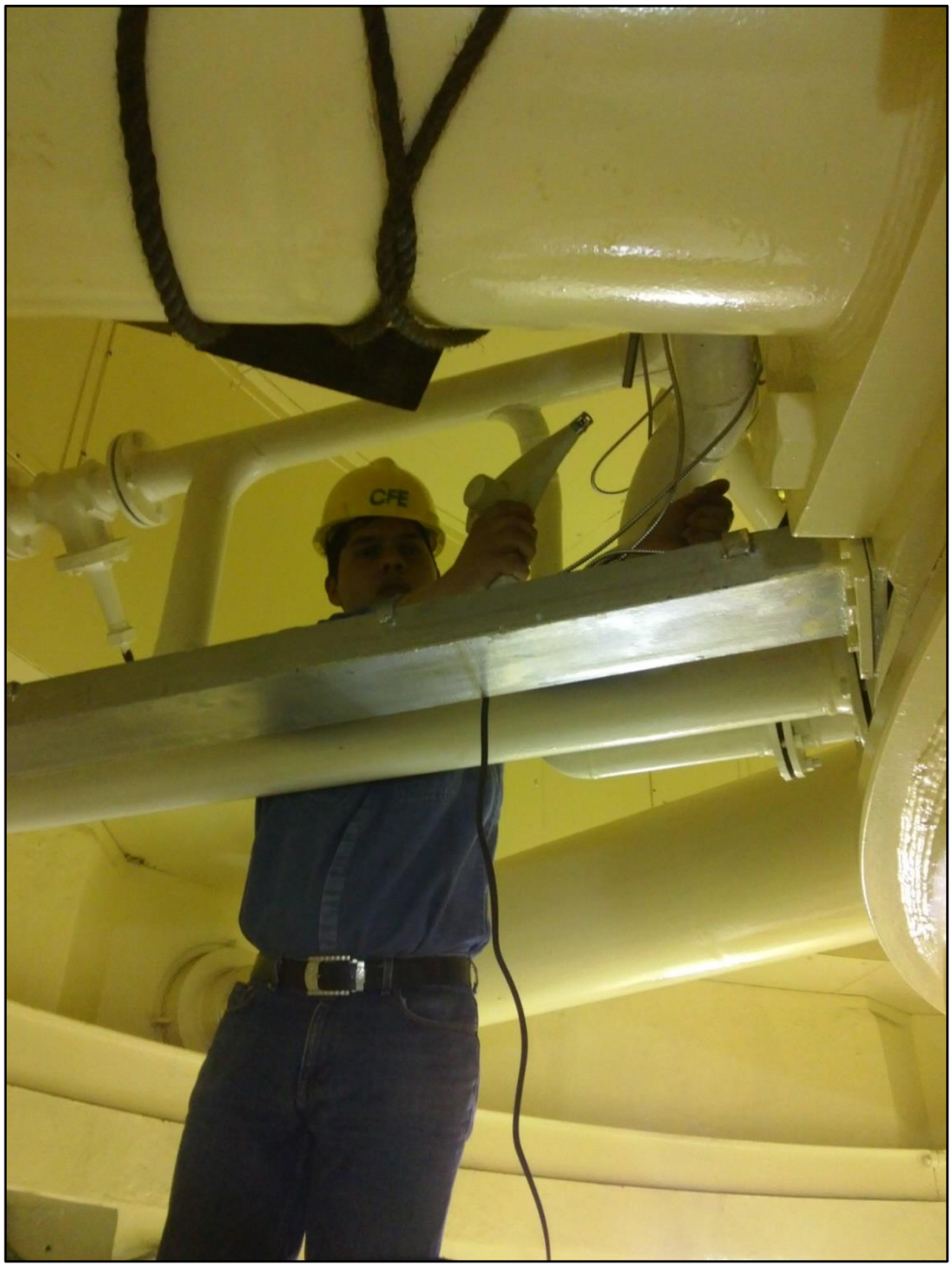

Fig.3.25*Pruebas operacionales antes que la unidad entre en servicio.*

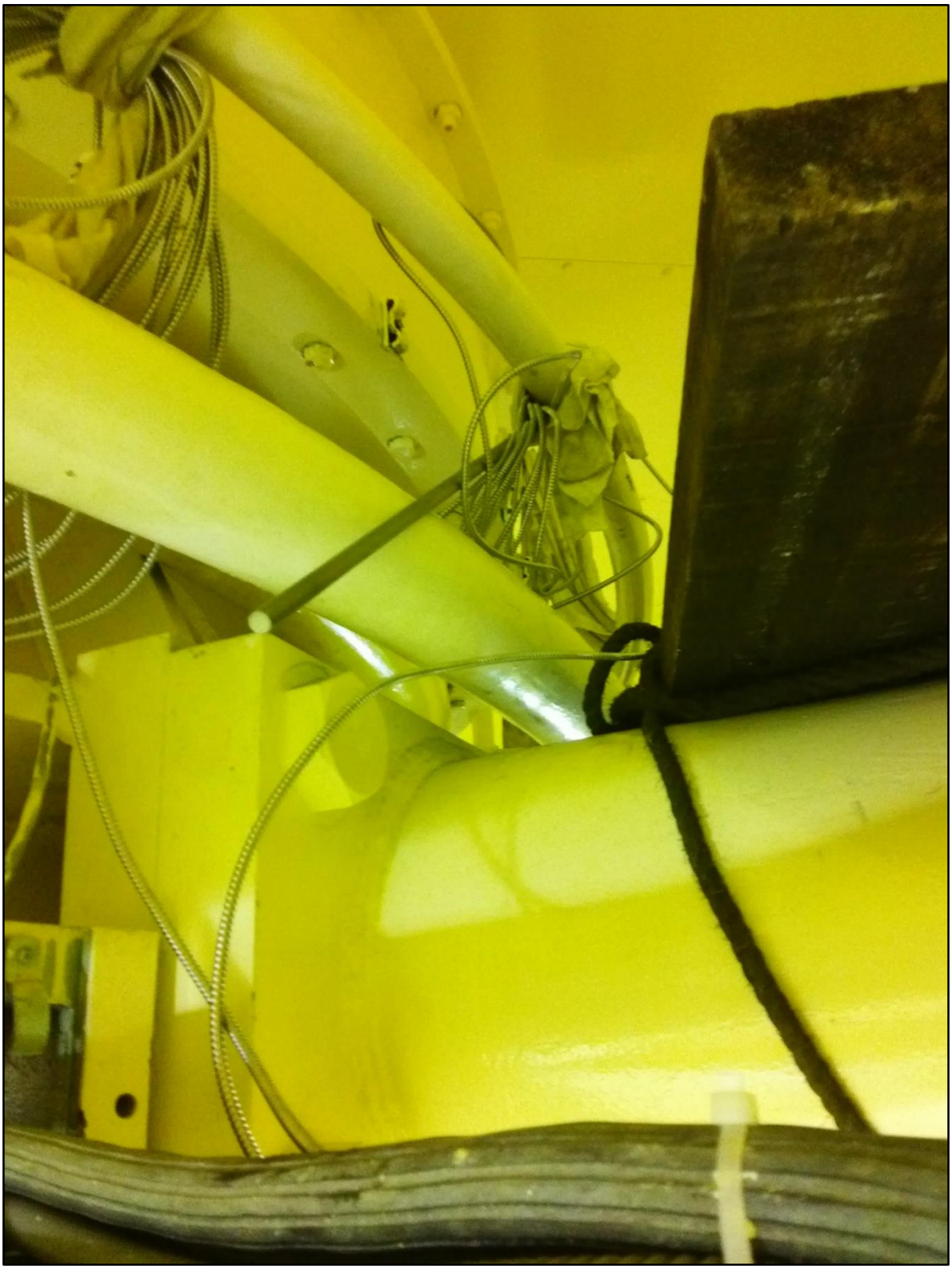

Fig. 3.26 *Sensor que va hacia la chumacera de carga.*

Fig. 3.27 *Sensor o capilar que va en la chumacera inferior o de turbina.*

3.8 Pruebas de puesta en servicio

En las pruebas, la maquina se somete a un calentamiento intencional para verificar que el equipo de medición de la temperatura actué de forma correcta, en las temperaturas señaladas para activación ya sea de señal de alarma o en su caso el disparo directo de la unidad.

Esta prueba es la más importante ya que después del mantenimiento la maquina trabaja en tiempo que sea requerida y si ocurre un sobre calentamiento tendremos la seguridad de que las alarmas o en su caso disparo funcionen correctamente. Para así mantener seguro la unidad, además de poder verificar el punto donde ocurrió la falla o calentamiento y hacer una revisión de rutina y corregir el fallo antes de que ocurra un fallo falta, como se observan en las figuras 3.28 y 3.29.

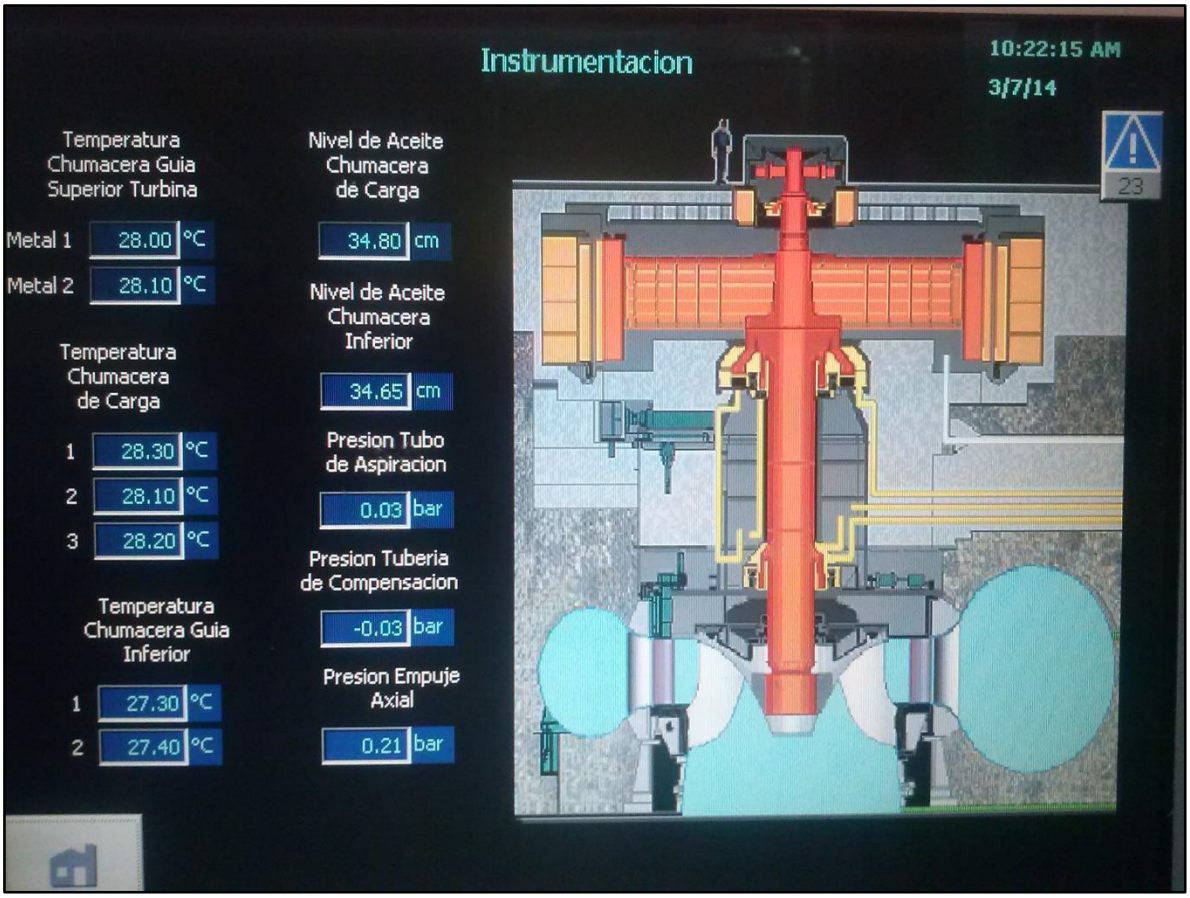

Fig.3.28*Instrumentaciones sensores y alarmas de la unidad donde se tiene el censado de las temperaturas de la unidad ya en operación.*

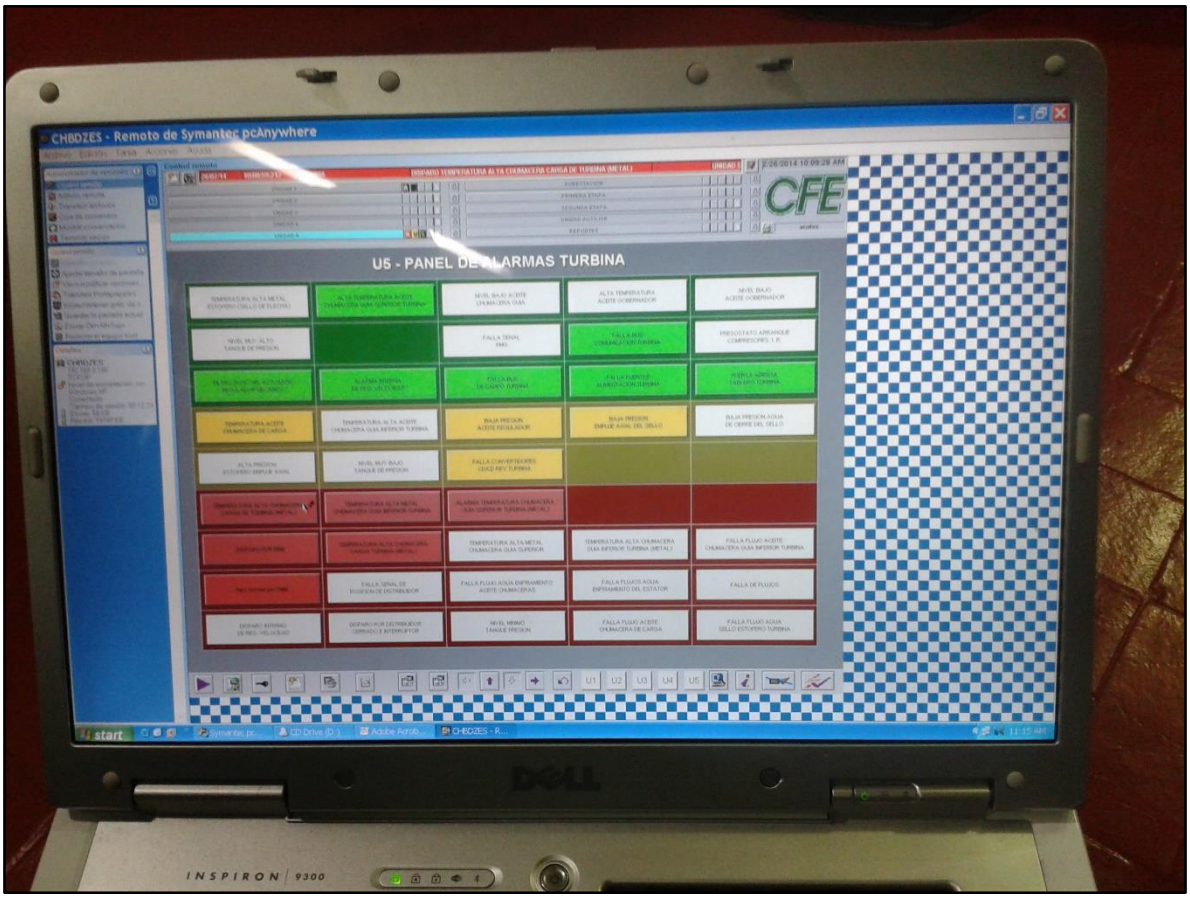

Fig. 3.29 *Panel de alarmas en turbina U5 en una computadora portátil.*

4. Resultados y Conclusiones

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez cuenta con el rio Grijalva uno de los principales caudales del estado de Chiapas, generando en su capacidad máxima 9000 MW con sus cinco unidades, generando cada una 180 MW, en capacidad máxima por unidad.

Cuenta con un transformador de potencia que se encuentra instalado en casa de máquinas, de tipo trifásico, tipo acorazado y frecuencia de 60Hz, enfriamiento FOW, con capacidad continua y elevación de temperatura en el cobre de 55°C sobre una temperatura máxima del agua de 27°C.La tención nominal primara del transformador es de 13.8kv y la secundaria de 400kv, cuenta con una potencia de 225kv, frecuencia de 60Hz e impedancia de 6.43%, su peso aproximado total es de 339,000kg y la conexión primaria es tipo delta y la secundaria tipo estrella.

Esta central es la principal reductora de caudal para las presas siguientes, por eso durante el periodo marzo-junio comúnmente trabajan sus 5 unidades para

mantener un nivel mínimo en su vaso de embalse para estar preparados en temporada de lluvia, en ocasiones esto no ha sido suficiente y ha provocado desastres ambientales y culturales, se ha pensado en construir otras minicentrales en diversos puntos del rio Grijalva como son: central hidroeléctrica Villa de Acala, Chiapas de Corzo y Chicoasen dos, pero hasta ahorita estos proyectos no sean realizado porque la mayoría de ellos provocaría un enorme desastre ambiental y cultural.

Con la aplicación del proyecto, que se llevó a cabo en las instalaciones de la central generadora de electricidad de Belisario Domínguez en la unidad número 5, se realizaron los objetivos planteados, con el cambio y actualización del sistema de medición.

Estos cambios fueron hechos en los tiempos descritos y planeados, se removieron los equipos de medición anteriores ya que eran obsoletos, los cuales consistían en termómetros líquidos con elemento de mercurio, y fueron sustituidos por termómetros de gas, actualmente colocados con mayor precisión, la cual es tecnología a la vanguardia, cuenta con cuatro niveles de alarma y sensibilidad.

Así logrando el objetivo final, cumplir con funcionamiento correcto en la medición de temperatura de las chumaceras y devanados con mayor precisión en las lecturas de los límites permitidos de temperatura, que se encuentran en dicha unidad, este proyecto nos deja un satisfactorio aprendizaje en el ámbito laboral profesional, viendo cómo se trabaja en equipo, tiempo y forma cumpliendo las normas y reglamentos que dicta la empresa.

Referencias

Datos técnicos de la Central hidroeléctrica Belisario Domínguez

http://jofesoga.galeon.com/termopar.htm

http://jofesoga.galeon.com

http://termometroensi.blogspot.mx/p/clases-de-termometro.html

http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/18235/mod_resource/content/0/Termometros%20de%20uso%20industrial%20Especificaciones.pdf

http://www.clubse.com.ar/news/news11/notas/nota05.htm

http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Medicion_de_Temperatura.pdf

http://www.bibliociencias.cu/gsdl/collect/tesis/index/assoc/HASH0113.dir/doc.pdf

http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articuloses/historia/generacion/generacion.htm

http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4852/1/321_ESTADO%20DEL%20ARTE%20DE%20LAS%20ENERGIAS%20ALTERNAS%20EN%20MEXICO.pdf

http://www.bibliociencias.cu/gsdl/collect/tesis/index/assoc/HASH0113.dir/doc.pdf

file:///C:/Users/kike3/Downloads/62224-85025-1-PB.pdf

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0789_EA.pdf

http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articuloses/historia/generacion/generacion.htm

http://www.andritz.com/hydro/hy-hydropower-development.htm

http://www.andritz.com/hydro/hy-small-hydropower-standard.htm