



**Área De Energía, Las Industrias Y
Los Recursos Naturales No Renovables**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
TESIS DE GRADO

TEMA:

**DISEÑO DEL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN
DE LA CENTRAL DE
GENERACIÓN 1
“MACHALA”**

INTEGRANTES:

1. Flavio René Samaniego Beltrán
2. Juan Carlos López Carrión

LOJA - ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Ing. Francisco Aleaga Loaiza.

DOCENTE DEL ÁREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Haber dirigido, corregido y revisado en todas sus partes, el desarrollo de la Tesis de Ingeniería en Electromecánica, titulada "DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN 1 MACHALA" con autoría de los señores Flavio René Samaniego y Juan Carlos López. En razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de forma y fondo, exigidos para una investigación de este nivel, autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.

Ing. Francisco Aleaga Loaiza
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

El presente trabajo ha sido elaborado con los criterios de los autores, por lo tanto los mismos se declaran autores legítimos de este trabajo de tesis.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Nosotros Flavio René Samaniego y Juan Carlos López autores intelectuales del presente trabajo de investigación, autorizo a la Universidad Nacional de Loja, de hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

.....
Flavio René Samaniego

.....
Juan Carlos López

PENSAMIENTO.

Esa fuerza imperceptible, (Electricidad) en un tiempo cercano será el que mueva al mundo. Pero será responsable del mundo hacer un uso adecuado de ella.

Thomas A. Edison

DEDICATORIA

En forma especial a Dios, por ser fuente de inspiración y vida, a mis padres por todo su apoyo y valores que me brindaron desde niño y a mis hermanos por la unión y el cariño que mantenemos en nuestra familia.

Flavio René Samaniego.

A Dios, ya que nos concede el privilegio de la vida y sin Él nada podemos hacer, a mi madre, María Carrión, porque siempre ha estado en todo momento; A mi papa Reinaldo por su ejemplo, a mis hermanos Jimmy y Karina que comparten esta unión de familia, también a la persona que comparte mis sueños, mis ideas, mi fuerza y que impulsa este proyecto, Lilian Quezada a quien amo.

Juan Carlos López

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera infinita a la Universidad Nacional de Loja y en forma especial al Área de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables, por habernos brindado los conocimientos necesarios en una carrera universitaria y permitir la respectiva graduación; agradecimiento que enfatizamos a nuestro director de tesis el Ing. Francisco Aleaga Loayza, que gracias a su dirección y asesoramiento nos permitió culminar este proyecto de investigación de una manera satisfactoria.

Finalmente hacemos un profundo agradecimiento a todos los docentes del Área de Energías, Industrias y Recursos Naturales no Renovables por brindarnos sus sabios conocimientos en toda nuestra vida universitaria y además a la Empresa Eléctrica Regional El Oro, por darnos la viabilidad en la obtención de datos para el desarrollo de nuestro proyecto.

RESUMEN

En este tiempo de avances tecnológicos de punta, se exigen en su desarrollo una mayor precisión y racionalidad en el uso y generación de energía, que conlleva la que, en la forma en que se opera y controla sea un tema de investigación actual.

La central eléctrica “Machala”, actualmente es una planta de generación de energía eléctrica que aprovecha los combustibles (diesel) para dicho proceso.

El objetivo de este trabajo de investigación es mejorar el nivel de operación de dicha central con el objetivo de bajar los costos de operación y mantenimiento que a la larga crea un fondo considerable que puede ser ahorrado. El trabajo se desarrolla de la siguiente forma:

Primero se abarca una recopilación detallada del proceso de generación en la actualidad y se propone la arquitectura de monitoreo y control, tanto de los parámetros físicos como eléctricos.

Utilizando el software LabVIEW, se diseñó el sistema de monitoreo de parámetros físicos de presión de aceite y temperatura en estator del generador de la central, en donde gracias a las herramientas de configuración y programación se pudo lograr construir herramientas para la supervisión. Se utiliza en software de configuración y monitoreo ION ENTERPRISE, para comunicarse con el equipo 3720 ACM de POWER MEASUREMENTS, se hace una prueba real y se deja funcionando, esto con el objetivo de confirmar la validez del proyecto elaborado y Para terminar se hace una estimación del costo total del proyecto para ser ejecutado.

Este trabajo se lo ha hecho con el fin de contribuir al desarrollo tecnológico del sector, garantizando una generación eléctrica estable, fiable y económica.

SUMMARY

In this time of technological advances of tip, they are demanded in their development a bigger precision and rationality in the use and energy generation, what bears to that in the form in that it is operated and it controls it is a topic of current investigation.

The electric power station " Machala ", at the moment is a plant of electric power generation that takes advantage of the fuels (diesel) for this process.

The objective of this investigation work is to improve the level of operation of this power station with the objective of lowering the operation costs and maintenance that in the long run believes a considerable bottom that can be saved. The work is developed in the following way:

First a detailed summary of the generation process is embraced in the current moments. He intends the monitory architecture and control, so much of the physical and electric parameters.

Using the software LabVIEW was designed the system of monitory of physical parameters of pressure of oil and temperature in stator of the generator of the power station where thanks to the configuration tools and programming you could be able to build tools for the supervision. It is used in configuration software and monitory ION ENTERPRISE to communicate with the team 3710 ACM of POWER MEASUREMENTS. A real test is made and it is left working, this with the objective of confirming the validity of the elaborated project. To end he makes an estimate of the total cost of the project to be executed.

This work has made it to him with the purpose of contributing to the technologic

INDICE

TEMARIO

INTRODUCCIÓN

PROBLEMÁTICA

Problema de investigación

Delimitación

Objetivos de la Investigación

OBJETIVO GENERAL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

DISEÑO METODOLÓGICO

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

INTRODUCCION

1. DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA Y ELÉCTRICA
DE LA CENTRAL 1 “MACHALA”.

1.1. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.

1.2. PARTES PRINCIPALES DE LA CENTRAL.

1.2.1 CASA DE MÁQUINAS.

1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES MOTRICES.

1.2.3 Máquina o unidad 4

1.2.4 Máquina o unidad 5.

1.2.5 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

1.2.6 SALA DE CONTROL.

1.2.7 EQUIPOS DE ELÉCTRICOS.

1.2.7.1 Medición.

1.2.7.2 Protección.

1.2.7.3 Transformadores de medida.

1.2.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

1.2.9 SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO.

1.3 NECESIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN.

1.4 PROGRAMAS EMPLEADOS EN EL SISTEMA DE CONTROL
DE PROCESOS.

1.4.1 El Software ION ENTERPRISE.

1.4.2 El Software LABVIEW.

1.5 INSTRUMENTOS DE CAMPO.

1.6 TIEMPO REAL.

1.7 SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

1.8 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

1.8.1 REDES SERIALES.

1.8.2 COMUNICACIÓN DE LAS REDES.

1.8.2.1 Clasificación de las redes de campo.

1.3.8.2. Configuración de las redes locales.

1.3.9. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.

CAPÍTULO II: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

INTRODUCCIÓN.

2.1 MODELO DE LA ARQUITECTURA.

2.2 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO.

2.2.1. Selección del dispositivo para la medición de temperatura en estator.

2.2.2. Selección del dispositivo para la medición de la presión en aceite.

2.2.3 Interfase entre los dispositivos de campo y el ordenador.

2.3 SELECCIÓN DEL EQUIPO Y SOFTWARE SUPERVISOR.

2.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL.

CAPÍTULO III: DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

INTRODUCCIÓN

3.1. DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS.

3.2 Comprobación, montaje y puesta en marcha de los sensores.

3.2.1 Calibración de los sensores

3.2.2 Ajuste del sensor de temperatura

3.2.3 Ajuste del sensor de Presión

3.2.4 Montaje de los sensores

3.2.5 Montaje del sensor de temperatura

3.2.6 Montaje del sensor de presión

3.2.7 Puesta en marcha de los sensores

3.3 PUESTA EN MARCHA Y MUESTRA DE RESULTADOS

3.3.1 Puesta en marcha

3.3.2 Puesta en marcha del software para el monitoreo de los parámetros físicos.

3.3.2 Puesta en marcha del software para el monitoreo de parámetros eléctricos.

3.3.2.1 Configuración para la comunicación del modulo Power Measurement LTD 3720 ACM con el Ordenador.

3.3.2.2 EL PUERTO SERIE RS-232

3.3.2 MUESTRA DE RESULTADOS de Captura de parámetros FISICOS.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

4.1 ASPECTO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA.

4.2 ASPECTO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA MACHALA.

4.3 IMPACTO AMBIENTAL

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

Uno de los principales problemas que se suscitan en las empresas distribuidoras de energía eléctrica en nuestro país, es poder incorporar a sus sistemas de distribución, energía de calidad y con menor costo de producción.

Dentro de los parámetros para mejorar la eficiencia de la energía y bajar costos por fallas en la producción, es la automatización en sistemas de producción, que se ha convertido en procesos de manufactura eléctrica una necesidad; por que permite llevar un control eficaz de todas las operaciones que intervienen tanto en la generación, transmisión y distribución de energía.

El presente trabajo tiene como propuesta fundamental el mejoramiento de la labor de operación de la Central de Generación 1 “Machala”, el mismo que se lo llevará a cabo a través de tecnologías enmarcadas dentro del área de la automatización, que logrará disminuir los costos por fallas de producción.

La propuesta de automatización no solo se basa en la simulación del proceso en el control de operaciones en la central, sino que gran parte de los parámetros expuestos en los objetivos del trabajo serán verificables por medio de software, hardware e instrumentos de medición más aplicables en este tipo de control, donde todos los resultados obtenidos en el trabajo de campo serán expuestos.

El presente trabajo no pretende alcanzar todas las medidas que requiere un complejo proyecto de automatización en la central, ya que esto va a requerir de un gran porcentaje tanto de recursos técnicos, humanos y materiales; sino que se enmarca en un modelo teórico-practico como alternativa de solución en la Central.

PROBLEMÁTICA

Problemática.

Las centrales de generación en su mayoría están dirigidas bajo la administración de empresas distribuidoras de energía eléctrica, las cuales hoy en día tienen la necesidad de buscar nuevas formas o sistemas que le permitan un control más eficiente de la energía en las instalaciones de sus centrales de generación, para poder integrar a su sistema de distribución de energía, con disminución de pérdidas y a un menor costo.

En el caso de Ecuador, cuenta con 20 empresas distribuidoras de energía eléctrica entre las cuales está EMELORO (Empresa Eléctrica Regional de el Oro S.A.), la cual se encarga de la comercialización y distribución de la energía para toda la provincia de El Oro.

EMELORO esta a cargo de la electrificación de la Provincia de El Oro, desde el 1 de Enero de 1966, fecha que inicia sus actividades como Empresa constituida, llevando desde entonces servicio a la colectividad gracias al cumplimiento y cooperación de autoridades, técnicos, empleados, trabajadores y entidades vinculadas con el sector eléctrico.

Esta empresa no solo se dedica a la comercialización de la energía sino que cuenta bajo sus instalaciones con sistemas de generación térmicas, las mismas que vienen sirviendo desde la década de los 70 para cubrir la demanda que se produce en el sector eléctrico ecuatoriano.

Desde que EMELORO, puso a funcionar su primer grupo de generación aproximadamente desde los años 70, se han venido incorporando varios grupos de Generación es así que en los 80 cubrían sus sistemas de generación, aproximadamente el 80% de la demanda de toda la provincia que en ese entonces estaba alrededor de los 24 MW. En la actualidad EMELORO cuenta con dos centrales de generación térmica, una ubicada en la parroquia El Cambio y la otra en el centro de Machala con dos grupos de generación cada una, generando un total de 8 MW.

Pero hoy en día estos grupos de generación, como es el caso de la Central de Generación 1 Machala están quedando al margen de la producción de energía, debido a que sus

instalaciones y sus sistemas de operación y protección ya han quedado obsoletos en comparación con los nuevos y sofisticados sistemas automáticos de control y monitoreo que se están implementando actualmente. A esto se debe a que la central ha servido más de 35 años en la producción de energía, sin que se hayan hecho los correctivos necesarios para tener un control eficiente de los parámetros eléctricos y mecánicos dentro de la central, es más debido a la antigüedad de sus equipos, la mayoría de estos nos proporcionan un porcentaje considerable de error en la medición, lo que no permite tener un control exacto de los parámetros de producción de energía.

En el caso de los equipos de protección estos cuentan al igual que los de medición con mecanismos electromecánicos propios de la década en que se montó la central, lo que nos dificulta encontrar los repuestos necesarios cuando uno de estos sufre alguna falla, permitiendo al personal de operación y mantenimiento (no profesionales) que sean ellos mismos quien se dediquen al arreglo de estos equipos, lo que va a generar que se produzcan riesgos no solo para la máquina que está generando sino también para el personal que está elaborando dentro de la central, ya que quienes se dedican al mantenimiento de estos equipos no cuentan con un conocimiento básico en arreglo de estos instrumentos.

Debido a que esta central no cuenta con un control de datos eficiente en la producción de energía, provoca un aumento notorio en costo de operación, es más, en caso de producirse alguna falla en algún grupo de generación no se puede identificar de inmediato donde se produjo el problema, por no contar con un monitoreo continuo de datos, ni con equipos eficientes que nos permitan determinar con mayor rapidez y exactitud donde se produjo la falla para tomar los correctivos necesarios y así reducir las pérdidas por la no generación.

Este sistema de operación se considera totalmente obsoleto pues no se tiene datos de forma eficiente de todos los parámetros de medición, por ejemplo señales de voltaje, corriente, potencia, frecuencia, factor de potencia, etc., es más, algunos datos de medición no se encuentran en el tablero propio de la máquina, sino que el operador tiene que irlos a registrar de otro tablero independiente de la máquina lo que conlleva a que se

registren medidas erróneas, puesto que estos medidores son propios de otra máquina y no de la que está generando.

Dentro del sistema de control actual con que cuenta la central no existen equipos que nos entreguen las mediciones de parámetros mecánicos, por ejemplo temperatura, presión, entrada de combustible a la máquina, nivel de enfriamiento, etc., provocando que se reduzca la vida útil de la máquina, ya que si existiera un monitoreo continuo (en tiempo real) por medios computarizados tanto de estos parámetros como de los eléctricos, se pudiera localizar a tiempo alguna avería o causa de la falla que pudiera suscitarse para poder intervenir de inmediato en el mantenimiento profesional del grupo electrógeno y sus componentes para que estas funcionen dentro de sus rangos normales.

La gravísima situación en que se encuentra los tableros de operación y medición de la Central de Generación 1 Machala y por no constar con un sistema computarizado de control y monitoreo con tiempo real de todos sus parámetros tanto eléctricos como mecánicos y por lo descrito anteriormente nos conlleva a plantear el siguiente problema.

Problema de investigación

“INEFICIENCIA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN 1 MACHALA”

Delimitación

Medición y monitoreo de los parámetros de generación de la central, puerto de comunicación para un sistema de monitoreo y señales de alarmas para aviso de anomalías en el proceso de generación.

Objetivos de la Investigación

GENERAL.

- Diseño e Implementación de un sistema de automatización para la medición y monitoreo eficiente de la central de generación 1 Machala.

ESPECÍFICOS:

- Realizar un sistema automático que nos permita monitorear los parámetros eléctricos como intensidad de corriente, voltaje, potencia, frecuencia, factor de potencia y los parámetros físicos como temperatura de aceite, presión de aceite, temperatura de arrollamientos; el mismo que contará con señales de alarmas en el caso de producirse alguna anomalía.
- Utilizar un puerto serial (RS-232) computarizado en el sistema de operación que nos permita supervisar los parámetros de generación mediante el empleo de un sistema de software de monitoreo.
- Realizar las pruebas del software que se utilizará para el sistema de operación de la central, con el fin de verificar su funcionamiento.
- Utilizar el software LabVIEW y una tarjeta de adquisición de datos USB para supervisar mediante computador, las señales de temperatura del estator, presión de aceite, y velocidad del generador.

Hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL

- Con el diseño de este sistema de automatización se tendrá una medición y un monitoreo mas eficiente en los generadores de la central de generación 1Machala

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- Con este sistema automático que controlará parámetros eléctricos como intensidad de corriente, voltaje, potencia, etc., y parámetros mecánicos como: temperatura de aceite, temperatura de arrollamientos y presión de aceite, lograremos que la central funcione eficientemente, monitoreando alguna anomalía en caso de un disparo de alarma obteniendo como resultado, la reducción de costos por pérdidas de generación.
- Con la instalación de este puerto serial que funcionará como interfase para la comunicación de un sistema de monitoreo, se podrá recopilar la información (en tiempo real) de cualquier parámetro tanto de la máquina como del generador en cualquier lugar donde se establezca la central de monitoreo.
- Mediante la simulación del software utilizado en el sistema de operación de la central vamos a tener un reporte previo de los parámetros de generación, es decir nos servirá para tomar los correctivos necesarios antes de que entre en funcionamiento con la Central de Generación.

DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo de investigación tuvo su aplicación en la Central de Generación 1 de la ciudad de Machala, donde se recopilaron datos más específicos para la realización de este proyecto; entre estos figuran los siguientes

- Observaciones detalladas sobre el estado de las instalaciones en la central, donde se comprobó el mal estado que presentaban gran parte de los equipos utilizados para el control de la Central.
- Entrevistas con los operadores que se encargan del mantenimiento y operación de la central, para obtener una información más concisa del funcionamiento y operación de los equipos en la central
- Se procedió a realizar una búsqueda profunda de la existencia de los planos y manuales de las máquinas de Generación, los mismos que servirían para identificar la conexión de equipos y máquinas en el sistema de generación.
- Se tomó datos reales de las características de las máquinas y equipos utilizados para la generación, donde se realizó el levantamiento con medidas reales del plano de implantación, el cual nos sirvió para tener una visión clara de la ubicación de casa de máquinas y sala de control.
- Con esta información recopilada se procedió a ejecutar una parte de la investigación, donde se contó con ayuda de ingenieros especializados de nuestro país, en forma específica de la National Instruments y con asesoramiento de nuestro director de tesis.

CAPÍTULO I
DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

INTRODUCCIÓN.

En este apartado, se hace una síntesis de toda la información recopilada en la Central de Generación 1 “Machala”, describiendo sus partes principales como son: la casa de máquinas especificando a cada una de estas; la sala de control, donde se detallan todas las características de los equipos y el centro de transformación y distribución de energía, seguidamente se da a conocer los planos actuales de control, medición, protección e implantación que fueron levantados por los autores de este proyecto y se culmina con una breve introducción a los sistemas de control, monitoreo y de los dispositivos de campo, utilizados para este tipo de automatización.

1. DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA Y ELÉCTRICA DE LA CENTRAL DE GENERACION 1 “MACHALA”.

En la parte sur del litoral ecuatoriano se encuentra funcionando EMELORO (Empresa Eléctrica Regional “El Oro”), la misma que desde 1966 tiene a su cargo la distribución de energía para toda la provincia de El Oro.

EMELORO, tiene a su cargo 2 centrales de generación accionada mediante motores de combustión interna, una ubicada en la Parroquia El Cambio, con una potencia instalada de 8 MW y la otra en el centro de Machala, en la Avda. Paquisha entre Babahoyo y Loja, que también genera 8MW de su potencia instalada y se denominada Central de Generación 1 “Machala”.

Las instalaciones de la Central de Generación 1 “Machala” cuenta con dos grupos de generación, con 2 Megavatios por unidad, con lo cual entrega un total de 4 MW al Mercado Eléctrico Mayorista Nacional MEM.

Estos grupos vienen operando desde 1980, época en que EMELORO cubría más del 80% del consumo total de energía eléctrica en la provincia con sus Centrales de Generación. En la actualidad con dos Centrales de Generación, entregan un total de 12 MW, cantidad considerable en el suministro eléctrico de El Oro.

1.1. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.

La Central de Generación 1 “Machala”, está compuesta por dos unidades de generación de la marca GENERAL MOTOR, éstas máquinas presentan motores de combustión interna que utilizan Diesel Fuell Oil para realizar su ciclo de trabajo, los mismos que sirven como accionantes para el movimiento del generador, tienen una separación de 10 mts. entre ellas y se encuentran alojadas en la casa de máquinas.

Entre los parámetros más importantes de generación por máquina se denotan los siguientes:

<i>Voltaje</i>	<i>Corriente</i>	<i>Potencia Generada</i>	<i>Fac. Pot.</i>	<i>Vel. Gener.</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>4160 V</i>	<i>600 A</i>	<i>1960 KW</i>	<i>0.96</i>	<i>900 rpm</i>	<i>60 HZ</i>

Tabla 1.1 Características eléctricas de generación de la central

1.2. PARTES PRINCIPALES DE LA CENTRAL.

La central está dividida en tres áreas bien identificadas como son: la casa de máquinas, la sala de control y el centro de transformación y distribución (Ver anexo 1); las mismas que suman una extensión aproximada de 10000m², ocupando el 1/3 de toda el área ocupada por las instalaciones de la Central de Generación 1 “Machala”.

1.2.1 CASA DE MÁQUINAS.

Cuenta con un área aproximada de 650m². En esta se encuentran alojadas las máquinas de combustión interna con sus respectivos generadores. La casa de máquinas cuenta con dos unidades de la marca GENERAL MOTOR en pleno funcionamiento, tres unidades RUSSTHON se encuentran paradas por falta de mantenimiento y dos máquinas CROOSLEY están despiezadas sirviendo únicamente como repuestos. Seguidamente se detallan la ubicación de las máquinas dentro de la central.

1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES MOTRICES.

Como se mencionó anteriormente la central cuenta con 7 unidades, donde solo dos, denominadas como máquina 4 y máquina 5 se encuentran en pleno funcionamiento, seguidamente describimos las características de cada una de ellas.

1.2.3 Máquina o unidad 4

Es de fabricación GENERAL MOTOR, se obtiene entre sus bornes una potencia aproximada a los 2000KW y se subdividen en dos partes fundamentales: la parte accionante y la parte accionada.

La **máquina accionante** es un motor de combustión interna, por lo tanto su ciclo de trabajo es similar a la del motor de un automóvil (Admisión, Compresión, Trabajo y Escape). Cuenta con un sistema de enfriamiento por circulación de agua con su respectivo método de lubricación y utiliza DIESEL FUEL como carburante para realizar la etapa de la explosión en el motor. Presenta un tablero para el arranque, el mismo que cuenta con equipos electromecánicos medidores tanto de presión como de temperatura para el control.

La **máquina accionada** o también denominado generador, está acoplada mediante un mecanismo especial a la máquina accionante. Las conexiones de sus devanados están en estrella y el voltaje aproximado de Generación es de 4160 V.

Los datos más relevantes que fueron tomados de la placa del generador se indican a continuación:

<i>GENERADOR 4</i>	
MARCA	GENERAL MOTOR
VOLTAJE	2400 Δ / 4160 Y
POTENCIA APARENTE	3250 KVA
VELOCIDAD	900 R.P.M.
FRECUENCIA	60 HZ
CORRIENTE	784 A. (Δ) / 451 A. (Y)
FACTOR DE POTENCIA	0.8
NÚMERO DE FASES	3
TEMP. ESTATOR	85° C.
TEMP. ROTOR	60° C.
VOLTAJE DE EXITATRIZ	144 V.
CORRIENTE DE EXITATRIZ	100 A.

Tabla. 1.2 Características del Generador 4

1.2.4 Máquina o unidad 5.

Presenta características similares a la de la máquina 4, debido a que proceden del mismo fabricante (GENERAL MOTOR). Por este motivo esta unidad servirá como el modelo para la aplicación del sistema de automatización.

Al igual que la anterior unidad presenta o se compone de una parte accionante y una parte accionada.

La ***máquina accionante*** al igual que la unidad anterior es un motor de combustión interna, cuenta con un sistema de enfriamiento por agua, uno de lubricación y el combustible utilizado es el DIESEL FUEL.

En lo referente a la ***máquina accionada*** o también denominado generador sus propiedades se detallan a continuación:

<u>GENERADOR 5</u>	
MARCA	GENERAL MOTOR
VOLTAJE	2400 Δ / 4160 Y
POTENCIA APARENTE	3250 KVA
VELOCIDAD	900 R.P.M.
FRECUENCIA	60 HZ
CORRIENTE	784 A. (Δ) / 451 A. (Y)
FACTOR DE POTENCIA	0.8
NÚMERO DE FASES	3
TEMP. ESTATOR	85° C.
TEMP. ROTOR	60° C.
VOLTAJE DE EXITATRIZ	144 V.
CORRIENTE DE EXITATRIZ	100 A.

Tabla.1.3 Características del Generador 5

1.2.5 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Todo su bloque de enfriamiento se encuentra ubicado estratégicamente en la parte externa de la central, ocupando un área aproximada de 1000 m²

Se componen de (4) cuatro aspas propulsoras (dos ventiladores por unidad) de un diámetro aproximado de 4m accionadas por motores de una potencia de 10Hp, la separación entre cada unidad de ventilación es de unos 5 m.

1.2.6 SALA DE CONTROL.

Aquí se encuentran ubicados todos los equipos destinado al monitoreo y control de las máquinas al momento de la generación. La sala de control cuenta con un área aproximada de 350 m² repartidas en tres partes fundamentales como son los tableros de control, medición y protección de los dos grupos de generación, una pequeña cámara de transformación con su respectivo tablero de control, la misma que sirve como alimentador para las pequeñas cargas que existen en la central y un área destinada a la distribución, la misma que cuenta con cuatro circuitos (Arízaga, Boyacá, Bolívar y Sucre) cada uno de los cuales protegidos independientemente mediante Réles digitales de sobre corriente.

En este diagrama se da una descripción de todos los equipos que son utilizados para el control de la generación en la central:

1.2.7 EQUIPOS DE ELÉCTRICOS.

Las características descritas a continuación fueron tomadas directamente de los equipos de la central:

1.2.7.1 Medición.

- **Amperímetros.**

Tienen tres posiciones una para cada fase; toman la señal de los T/C con una relación de transformación de 120/5 aproximadamente 600/5 A. Su frecuencia de funcionamiento es de 60 HZ.

- **Voltímetros.**

Cuentan con tres posiciones una para cada fase; toman la señal de los T/P con una relación de transformación de 20/1 aproximadamente 5000/250 V. Su frecuencia de funcionamiento es de 60 HZ.

- **Watímetros.**

su trabajo lo realizan por medio de dos posiciones, una para la medición de la potencia activa o real cuyo rango va desde 0 a 4000 KW y la otra para consumo de reactivos de la máquina. Su frecuencia de funcionamiento es de 60 HZ.

- **Contador de Energía.**

Utilizado la medición de la energía suministrada de las generadoras de la central, es de la marca General Electric, con un factor de multiplicación es de 1.8 Kh/rev. La tensión de alimentación es de 120 V y su frecuencia de funcionamiento de 60 HZ.

1.2.7.2 Protección.

La central cuenta con dos tableros (uno por máquina) destinados estrictamente para la protección, en estos tableros encontramos los siguientes equipos:

- **RELÉ SOBRE CORRIENTE R.27**

Este relé protege a la máquina de alguna sobre corriente. Es de la marca General electric su tiempo para la activación comprende el siguiente rango de 0.5/2 A. Al igual que todos los equipos hasta aquí descritos es de 60 HZ.

- **RELÉ BAJO VOLTAJE R.87**

Este relé protege a la máquina de alguna avería provocada por un bajo voltaje. Es de la marca General electric, su tensión de alimentación es de 115 V., y su frecuencia de funcionamiento de 60 HZ.

1.2.7.3 Transformadores de medida.

- **Transformadores de corriente.**

Su función fundamental es la de reducir o transformar corrientes elevadas a valores admisibles o medibles por los instrumentos. Están montados en los tres conductores de fase y neutro del generador; su relación de transformación es de 600/5 A en barras de 4160 V.

- **Transformadores de potencial.**

Reducen voltajes elevados (4160 V. de generación) a valores que se pueden medir, estos transformadores están montados en la parte posterior de los tableros de control de la máquina, su relación de transformación es de 20/5 que expresado en voltaje es de 5000/250; poseen un nivel de aislamiento o BIL de 60 KV.

1.2.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

Está ubicado adjunto a la sala de control en la parte posterior de la central. En lo referente al centro de transformación esté conformado por dos unidades o transformadores de potencia que toman el voltaje de las generadoras a 4.160 V y las transforman o elevan a 13.8 KV, el mismo que es llevado al sistema de barras para su respectiva distribución. Las características de las unidades de potencia se denotan a continuación, las mismas que fueron tomadas directamente de placa en el transformador.

<i>UNIDAD DE TRANSFORMACIÓN</i>	
MARCA	<i>FOSTER TRANSFORMERS</i>
VOLTAJE ELEVACIÓN	13800 VOLTS.
VOLTAJE DE CARGA	4160 VOLTS.
POTENCIA APARENTE	6000 KVA
FRECUENCIA	60 HZ
CORRIENTE V. E.	834 AMP
CORRIENTE V. C.	251 AMP
NÚMERO DE FASES	3 C/TRANS. 300/0-577 A.
GRUPO DE CONXIÓN	YΔ 11
IMP. VOLT. NORM.	6.14%
MASA TOT. ACEITE	3410 KG.
MASA TOT. TRANS.	12880 KG.
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1971

Tabla. 1.4 Características de la central de transformación

1.2.9 SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO.

Con el desarrollo de la automatización como propuesta de mejoramiento en todos los campos tanto residenciales como industriales, las empresas se han visto en la necesidad de buscar e ir seleccionando el sistema de control y monitoreo mas adecuado que permita acelerar y mejorar la calidad de la producción.

En los últimos años se ha venido empleando al ordenador como herramienta fundamental en todo proceso de automatización, por que permite a través del software seleccionado para un determinado proceso, controlar por medio de la pantalla todo el sistema que se está ejecutando y además nos da la facilidad de realizar un previo análisis o simulación del sistema que se desea controlar.

Uno de los aspectos fundamentales en la realización de este proyecto son las amplias ventajas que ofrecen tanto el ION ENTERPRISE como el LABVIEW en lo concerniente al control y monitoreo en centrales de generación. Además mediante este control automático, podemos ir determinado los errores o fallas más frecuentes en la generación para tomar los correctivos inmediatos y disminuir los costos de producción.

Como se mencionó anteriormente la central viene operando por más de 30 años con el mismo sistema de control y medición electromecánico, provopcanado que en la actualidad se produzcan una serie de inconvenientes al momento de generar, esto nos da la pauta para presentar una propuesta de mejoramiento que permita disminuir estos problemas al momento de producir.

La automatización en procesos de producción, ha venido sustituyendo a los sistemas de control, medición y protección electromecánicos, esto se debe por un alto porcentaje de error que presentan estos instrumentos, por ejemplo los equipos instalados en la central de generación presentan una serie de inconvenientes entre los principales se tienen :

- La antigüedad de los equipos (más de 30 años de operación) genera poca eficiencia al momento de medir, controlar o proteger. La operación de estos equipos toda realizada manualmente
- El excesivo cableado en los cuadros de maniobra que dificulta determinar donde se produjo alguna falla.
- La imposibilidad de contar con un sistema de alarmas que nos prevenga de cualquier anomalía producida en la generación.
- La inexistencia de una base de datos que muestre los registros en tiempo real de los parámetros de generación.

- La falta de control de los parámetros físicos de la máquina motriz como la temperatura, presión y velocidad.

1.3 NECESIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN.

La automatización nace por la necesidad de mejorar un proceso de producción, de hacerlo más productivo en menor tiempo y a un bajo costo. De ahí que automatizar no quiere decir solucionar todos los problemas de un proceso, pero sí darle mayor confiabilidad a todas las tareas que se ejecutan en una determinada producción.

Para tener un enfoque claro de si es o no necesario automatizar, debemos primero tener una visión clara de que es lo que queremos automatizar, es decir si todos los recursos tanto técnicos como humanos que se van a emplear en la automatización van a estar plenamente justificados en el proceso de producción. Dentro de los factores que pueden justificar una automatización se denotan los siguientes:

- Aumento de la productividad, mejorar la calidad y aumentar la cantidad de producción (competitividad).
- Reducir las pérdidas por fallas técnicas en la producción.
- Desde el punto de vista residencial, mejorar las condiciones de vida y de trabajo
- Reducir el factor económico en el proceso de producción.

Todos estos factores nos conllevan a aplicar la automatización en cualquier proceso de producción, siempre y cuando se tenga muy en claro la capacidad del proceso, por que de esto depende el aspecto económico necesario para la automatización.

1.4 PROGRAMAS EMPLEADOS EN EL SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS.

Un programa empleado para la automatización está seleccionado de acuerdo a los parámetros que exige el proceso de producción. En el caso de las centrales de generación se tiene que escoger un software especificado para este tipo de operación. Como más relevantes están el Ion Enterprise y el Labview.

1.4.1 ION ENTERPRISE.

Es un software que permite diseñar, controlar y monitorear procesos de producción basados en la generación. Como herramienta computacional permite desarrollar interfaces de comunicación entre el operario y el sistema de control, es decir funciona como un instrumento de supervisión.

Consta de cuatro partes fundamentales: El **Designer** (diseño), donde podemos realizar algún tipo de cambios en el sistema que estamos monitoreando; **Vista**, que muestra a través del monitor todos los datos que se están generando; **Reporter**, el cual permite crear una base de datos de todos los parámetros que se están monitoreando y la **Management console** (consola de administración), que es donde realizamos el enlace o comunicación al equipo compatible con el software de control.

El equipo compatible con este tipo de programa es el Power Measurement codificado con las siglas ACM 3710, que es un equipo de instrumentación digital, basado en un microprocesador de 16 bit, cuya aplicación son los sistemas trifásicos industriales, comerciales y distribuidores de energía.

Este monitor/medidor de potencia ofrece una destacada precisión y confiabilidad además de una excepcional resistencia. Entre sus características destacan:

- Una extensa gama de mediciones, captura la forma de onda para el análisis de armónicas, relés controlados por ajustes y además con capacidad de comunicación. El estado del arte alternativo frente a los dispositivos tradicionales de medición análogos (electromecánicos), puesto que es capaz de reemplazar hasta 12 transductores y medidores individuales.
- El 3710 ACM es excepcionalmente resistente, tiene una destacada tolerancia a las perturbaciones eléctricas y a las temperaturas extremas.

- las entradas de corriente a través de transformadores de acoplamiento permiten que estas sean completamente aisladas del chasis de la unidad, y además cuenta con una protección de sobrecorriente de hasta 300 Amp.
- El 3710 ACM apoya a una variedad de configuraciones de sistemas de distribución, entre estas se hallan 4 hilos en estrella, 3 hilos en delta y entradas para monofásicos. Además se proporcionan entradas para voltaje trifásico y corriente trifásica, como una entrada de corriente adicional. La cuarta entrada de corriente se puede utilizar en forma opcional para monitorear la corriente en el conductor neutro o bien, para monitorear la corriente a tierra.
- Las entradas de corriente a los transformadores de acoplamiento aceptan TCs con salidas de 5 Amp. También está disponible una versión con entrada de 1 Amp. Es posible medir hasta un 125 % por sobrerango
- el 3710 ACM ofrece más de 100 parámetros de medición trifásicos en tiempo real de gran exactitud y más de 20 parámetros de estado. Se pueden acceder a todos los parámetros de medición desde el panel principal. Todos los parámetros de medición y de estado son accesibles a través de la puerta de comunicación del equipo.
- Las mediciones en tiempo real incluyen: Voltios, Amperes, Corriente Neutro/tierra, KW, KVA, KVAR; Factor de Potencia y Frecuencia. Los valores de energía incluyen KWH, KVAH y KVARH. todas las lecturas de energía proporcionan una indicación bidireccional (consumo/generación). Todas las lecturas de voltaje, corriente, potencia y energía son valores verdaderos RMS, incluyendo las armónicas.
- El amplio sistema de ajuste del 3710 ACM brinda un gran control de los tres relés internos. Así mismo se cuenta con 17 ajustes programables por el usuario. Estos pueden ser activados por una amplia gama de condiciones también definidas por el usuario, entre las que incluyen el voltaje, la corriente o los niveles de potencia, además del estado de equipos externos.

- La captura de forma de onda le permite llevar a cabo muestreos a gran velocidad (128 muestras/ciclo) de las ocho entradas de voltaje y corriente, obteniendo datos con una alta resolución que se puede utilizar para realizar un detallado análisis de calidad del sistema eléctrico.
- El registro de eventos de un 3710 ACM estandar proporciona 50 grabaciones, cada una con su hora y fecha. Todos los eventos son grabados con exactitud de 1 segundo; el registro también graba todas las operaciones de relés, las condiciones de ajuste/alarma, las modificaciones de configuración y los eventos de auto-diagnóstico.
- La opción COMM del 3710 ACM proporciona una puerta de comunicaciones RS-232 o RS-485 seleccionable, que a su vez le permite al 3710 ACM el poder integrarse a una extensa red de monitoreo de energía. Las comunicaciones del 3710 ACM utilizan un protocolo abierto lo hace que se pueda adaptar con facilidad a sistemas de terceros (PLC, DCS, EMS) y a sistemas SCADA.

1.4.2 LABVIEW.

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear las aplicaciones. En contraste con los lenguajes de programación basados en texto, donde las instrucciones determinan la ejecución del programa, en LabVIEW el flujo de los datos determina la ejecución.

En LabVIEW se crea una interfaz de usuario utilizando el conjunto de herramientas y objetos. La interfaz del usuario es llamada el panel frontal, posteriormente, se adiciona el código utilizando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques contiene dicho código, en ocasiones, el diagrama de bloques parece un diagrama de flujo.

LabVIEW está totalmente integrado para comunicarse con equipos tales como GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485 y tarjetas de adquisición de datos (DAQ) insertables en la computadora. LabVIEW también posee características para conectar sus aplicaciones a la Web, utilizando el LabVIEW Web Server y programas estándares tales como TCP/IP y ActiveX.

Utilizando LabVIEW se pueden crear pruebas, mediciones, adquisición de datos, control de instrumentos, almacenamiento de datos, análisis de mediciones y aplicaciones de generación de reportes. También se pueden crear librerías ejecutables y librerías compartidas, tales como DLL's, ya que LabVIEW es un compilador verdadero de 32 bits.

1.5 INSTRUMENTOS DE CAMPO.

Dentro de estos instrumentos empleados para tomar las señales de los parámetros de campo se encuentran los sensores, transductores, los transformadores de potencial y los transformadores de corriente.

El **sensor** es un instrumento que produce una señal usualmente eléctrica (antaoño se utilizaban señales hidráulicas), que refleja el valor de una propiedad, mediante alguna correlación definida (su *ganancia*).

En términos estrictos, es un instrumento que no altera la propiedad censada, por ejemplo, un sensor de temperatura sería un instrumento tal, que no agrega ni cede calor a la masa sensada, es decir, en concreto sería un instrumento de masa cero o que no contacta la masa a la que se debe medir la temperatura (un termómetro de radiación infrarroja,p.e.). A continuación se hace una previa descripción de las propiedades de los sensores tanto de temperatura, presión y velocidad.

Los **Termopares o Termocuplas.-** Es el tipo de transductor más utilizado para medir temperatura. Aunque el termopar es económico, resistente y puede operar en un amplio rango de temperaturas, el termopar requiere de acondicionamiento de señal especial.

Un termopar opera bajo el principio de que una junta de metales no similares genera un voltaje que varía con la temperatura.

Los **RTDs.-** El detector de temperatura de resistencia (**RTD**), se basa en el principio según el cual la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. La elección del platino en los RTD de la máxima calidad permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500 °C. los RTD más económicos utilizan

níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino.

Los **Termistores**.- Son semiconductores electrónicos, con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado y que presentan una curva característica lineal tensión-corriente, siempre que la temperatura se mantenga constante.

Los termistores de conectan a *puentes de Wheatstone* convencionales o a otros circuitos de medida de resistencia. En intervalos amplios de temperatura, los termistores tienen características no lineales.

La distancia entre el termistor y el instrumento de medida puede ser considerable siempre que el elemento posea una alta resistencia comparada con la de los cables de unión. La corriente que circula por el termistor a través del circuito de medida, debe ser baja para garantizar que la variación de resistencia del elemento sea debida exclusivamente a los cambios de temperaturas del proceso.

	RTD	Termistor	Sensor de IC	Termopar
Ventajas	Más estable. Más preciso. Más lineal que los Termopares.	Alto rendimiento Rápido Medida de dos hilos	El más lineal El de más alto rendimiento Económico	Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad de formas físicas Amplia gama de temperaturas
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos Autocalentable	No lineal. Rango de Temperaturas limitado. Frágil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable	Limitado a < 250 °C Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones limitadas	No lineal Baja tensión Precisa referencia El menos estable El menos sensible

Tabla 1.5 Tabla Comparativa de sensores de temperatura

Los **transductores** son dispositivos que convierten fenómenos físicos como temperatura, carga, presión o luz a señales eléctricas como voltaje y resistencia. Los transductores siempre retiran algo de energía desde la propiedad medida, de modo que al usarlo para

obtener la cuantificación de una propiedad en un proceso, se debe verificar que la pérdida no impacte al proceso sensado en alguna magnitud importante.

1.6 TIEMPO REAL.

Tiempo Real (R.T.) significa *realmente rápido*. Según esta interpretación, cuando vemos por ejemplo un gráfico que muestra la temperatura en función del tiempo, de modo que en la pantalla aparece la temperatura actual, decimos que es un gráfico de tiempo real. Es decir, la pantalla va graficando lo que sucede en este momento, y no solamente datos históricos pasados.

Este concepto es válido en sistemas en los cuales un retraso de tiempo que va desde algunos milisegundos hasta a unos diez segundos no es importante, como en sistemas de monitoreo, HMI y SCADA. Cuando hablamos de sistemas de *Control RT*, el concepto cambia. Una definición válida es:

Tiempo Real es la capacidad de un sistema de responder a un evento o ejecutar una acción de manera determinística, confiable y garantizada dentro de un período de tiempo determinado.

1.7 SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.

Es el que logra comunicar los instrumentos de campo con los equipos de recepción e interrelacionar al operador con el sistema de operación. Lo conforman tres partes fundamentales:

- El software
- El hardware
- Las comunicaciones.

El **software** es el programa de aplicación que nos permite interactuar con el sistema, establece la comunicación en los dos sentidos; necesidades del usuario introducidas al sistema de supervisión y la muestra de información recolectada y enviada por los

dispositivos para ser procesada por el programa (comunicación programa-usuario). Estas informaciones pueden ser mostradas como valores de mediciones de alarmas, eventos, registros históricos, etc.

El **hardware** está referido fundamentalmente a las características propias de las computadoras personales (PCs) que se requieren para la instalación y explotación del software de explotación.

También están referidos a las interfaces de comunicación, como pueden ser: Tarjetas de comunicación, convertidores RS232/RS485 externos, concentradores de protocolos, repetidores, etc.

Las **comunicaciones**, son el medio que establece el intercambio de información entre el supervisor y los aparatos de campo y viceversa. Existe algunas formas de intercambio de datos con el supervisor y es la que se efectúa entre este y otro supervisor de otra área o sistema de supervisión similar. En este caso estamos frente a una red local; la comunicación se llevará a cabo solo si ambos disponen de sus respectivos elementos de hardware.

1.8 COMUNICACIONES INDUSTRIALES.



Fig. 1.4 Configuración típica de una comunicación industrial

El término “comunicaciones industriales” se refiere a la amplia gama de dispositivos de hardware, programas de software y protocolos de transferencia de datos que forman una

red que comunica entre sí computadores, controladores, instrumentos, sensores y otros elementos utilizados en ambientes industriales.

1.8.1 REDES SERIALES.

Serial es un protocolo de comunicaciones muy común en PCs e instrumentos. Las tres versiones más utilizadas son:

- **RS232** Ha sido el puerto estándar en PCs compatibles IBM, aunque actualmente está siendo reemplazado por USB, y en el futuro quizás por Firewire. Utiliza conexión desbalanceada, referenciando cada señal a la tierra del puerto. Otra característica es que solamente soporta conexión punto a punto (2 dispositivos).
- **RS422.** Utiliza una conexión diferencial, lo que mejora su inmunidad al ruido y permite extender el cable a mayores distancias soportando hasta 10 dispositivos.
- **RS485.** Es una red RS-422 mejorada, pues soporta hasta 32 dispositivos y define las características eléctricas necesarias para asegurar voltajes adecuados bajo máxima carga. Su alta inmunidad al ruido, capacidad de múltiples dispositivos y su sencillez (puede operar con dos o con cuatro cables) la hacen muy utilizada en dispositivos industriales. Puesto que RS-485 es una versión mejorada de RS-422, todo dispositivo RS-422 puede ser controlado por una tarjeta RS-485. Existen en el mercado conversores de RS-232 a RS-485.

1.8.2 COMUNICACIÓN DE LAS REDES.

Se pueden realizar enlaces o comunicaciones a través de dos vías diferentes:

- Interfaces de comunicaciones de las redes de campo.
- Interfaces de comunicación de las redes locales.

1.8.2.1 Clasificación de las redes de campo.

Independientemente del tipo de programa que estemos empleando, podemos lograr varias configuraciones de las redes de campo.

- Conexión directa (punto a punto) con un aparato de procesamiento. Es la comunicación más simple que se hace, se efectúa directamente mediante un cable de comunicaciones serie RS232 , para esto se usa uno de los puertos estándar COM-1 o COM-2 de la computadora empleada (PC)
- Conexión directa con varios aparatos de procesamiento (multipunto).

Cuando se conectan varios aparatos de procesamiento a un sistema supervisor es necesario que se tenga instalado una tarjeta de comunicaciones de alta velocidad, debido a que las tarjetas estándar no están diseñadas para la comunicación con varios aparatos.

Generalmente se emplean tarjetas de alta velocidad que poseen 4, 8, 16 puertos para que puedan ser conectados en forma directa. El número de aparatos a comunicar depende solo de las características de la computadora personal (PC) para admitir los diferentes tipos de tarjetas de alta velocidad. Como normas de comunicación se usan las RS232, RS422 y RS485.

1.3.8.2. Configuración de las redes locales.

Es utilizada en aplicaciones donde se requieren varios supervisores, la red configurable para este caso es la red LAN.

La red LAN (Local Area Network), es utilizada en comunicaciones que abarca un único emplazamiento, es decir es una red donde los computadores se pueden enlazar a corta distancia.

Consta de una suma de computadores y periféricos cuyos puertos seriales están conectados directamente con cables de red; estos conductores sirven como carreteras de información para transportar los datos entre los dispositivos. En una LAN los usuarios pueden compartir datos, software de aplicaciones, capacidades de comunicación (módems), base de datos, tableros de expansión y otro tipo de información, presentan una buena inversión debido a que los recursos pueden ser compartidos.

Los enlaces locales permiten comunicar varios sistemas de monitoreo al mismo tiempo, sin que se requiera una reconfiguración del proyecto. Cuando se emplea una red LAN se añade mayor flexibilidad al sistema, debido a que se pueden coordinar aplicaciones en diferentes áreas con fácil acceso a la información. Se pueden supervisar y controlar áreas o plantas de manera autónoma.

1.3.9. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.

Es el conjunto de reglas establecidas para regir el intercambio de datos que permiten que las entidades que se están comunicando puedan comprenderse. Uno de estos protocolos es la velocidad de transmisión, si una máquina “**habla**” a una 2400 bps y la otra “**escucha**” a 1200 bps, el mensaje no pasará. Entre los protocolos hay códigos predeterminados para algunos mensajes.

Los protocolos se definen en capas (modelo OSI), la primera de las cuales es la capa física, la cual define la manera en que los nodos se conectan entre si; las capas subsecuentes, describen como se empaican los mensajes para su transmisión, como se encaminan los mensajes a través de la red, los procedimientos de seguridad y la forma en que se proyectan en la pantalla.

Un protocolo desarrolla tareas como:

- Verificar cada uno de los dispositivos de la comunicación.
- Obtener la atención de otro dispositivo.
- Verificar la correcta transmisión de los mensajes.
- Recuperar los datos cuando ocurran errores.

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen temas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden a los intereses de diferentes proveedores. Un ejemplo a citar es fieldBus Foundation, Profibus y Hart, que están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio DevicetNet y SDC están configurados para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de

detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.

De una u otra forma cada protocolo tiene tu rango de aplicación, y fuera de este disminuye su rendimiento y aumenta la relación del costo/prestación. Entre el gran número de protocolos utilizados para las comunicaciones tenemos:

- **Ethernet.-** Es el tipo de red más popular en aplicaciones de tecnología informática y redes corporativas. Ethernet utiliza un protocolo de enlace CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detect) el mismo que, cuando una estación está lista para enviar los datos y detecta que la red está libre, publica su trama en la red con la dirección del destinatario. Todas las estaciones escuchan los datos, pero solamente la destinataria responde, este sistema es capaz de interrumpir la transmisión si detectó una colisión, e intenta retransmitir los datos luego de una espera de tiempo aleatoria. En la especificación estándar IEEE 802.3, Ethernet trabaja a 10 Mb/s, su topología es multimodo, y soporta hasta 1,024 nodos en par trenzado, fibra óptica o cable coaxial.

- **Fieldbus.-** Es una red industrial diseñada específicamente para aplicaciones de control de procesos distribuidos, creada sobre tecnologías existentes siempre que sea posible, incluyendo trabajo conjunto con ISA, IEC, Profibus, FIP, y HART. La tecnología Fieldbus contempla las capas física, de enlace (communications stack), y de Usuario (no definida en el modelo OSI). No implementa las capas de 3 a 7 porque los servicios de éstas no son requeridos en aplicaciones de control de procesos.

- **Profibus.-** Es el sistema Fieldbus líder en Europa y utilizado ampliamente en sistemas de control distribuido al rededor del mundo. Más de 650 compañías componen el grupo de desarrollo de Profibus, desarrollando su tecnología de modo es aplicable tanto para aplicaciones de alta velocidad y de tiempo crítico con los puntos de E/S, como en comunicaciones complejas entre controladores. Varios modelos de PLCs de Siemens utilizan este protocolo. Se necesitan tarjetas de comunicación RS-485 especiales (fabricadas por Applicom). Existen tres versiones:

- **Profibus-DP.-** Está diseñado para aplicaciones de bajo costo y alta velocidad entre controladores y puntos de E/S distribuidos mediante líneas de 24V ó 0-20 mA. En esta red, controladores centrales –como PLCs ó PCs – se comunican con dispositivos de campo distribuidos – como E/S, drivers y válvulas – por enlace serial de alta velocidad, normalmente de manera cíclica. Profibus-DP utiliza las capas 1 (usualmente RS-485 y fibra), 2 (Fieldbus Data Link) y de Usuario. Las capas de 3 a 7 no están definidas.
- **Profibus-FMS.-** Está diseñada para comunicaciones de propósito general entre controladores (normalmente PLCs) y PCs. Es el único miembro de la familia que, además de las capas 1,2 y de Usuario, define la capa 7 (de Aplicación) que hace posible acceder a variables, transmitir eventos, enviar programas y controlar su ejecución. RS-485 es la capa física más utilizada para Profibus-DP y FMS, con velocidades de 9.6 kb/s a 12 Mb/s, y 32 dispositivos. Utilizando repetidores puede ampliarse a 127 estaciones. La longitud del cable depende de la velocidad de transmisión.
- **Profibus-PA.-** Está diseñada específicamente para automatización de procesos, utilizando la capa física estándar internacional Fieldbus (IEC 1158-2) definida para sensores y actuadores alimentados por el propio bus y dirigido para áreas donde se requiere seguridad intrínseca. Profibus-PA extiende el protocolo Profibus-DP para transmisión de datos, siendo posible unir ambas redes por medio de acopladores de segmentos.
- **HART (Highway Addressable Remote Transducer).-** Es un protocolo de fines de 1980, que proporciona una señal digital que se superpone a la señal analógica de medición en 4-20 mA. Permite conectar varios dispositivos sobre un mismo cable o bus (Multidrop), alimentación de los dispositivos, mensajes de diagnósticos y acceso remoto de los datos de dispositivo, sin afectar la señal analógica de medición. La mayor limitación es su velocidad (1200 baudios), normalmente se pueden obtener dos respuestas por segundo. La alimentación se suministra por el mismo cable y puede soportar hasta 15 dispositivos.

- **Devicenet.**-Resulta adecuado para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. provee información adicional sobre el estado de la red para las interfaces del usuario.

- **AS-i (Actuador Sensor-interfase).**-Es un bus de sensores y actuadores binarios y puede conectarse a distintos tipos de controladores lógicos programables (PLCs) y controladores numéricos o computadores (PCs).

El sistema de comunicación es bidireccional entre un maestro y nodos esclavos. Está limitado hasta 100 metros (300 metros con un repetidor) y pueden conectarse de 1 a 31 esclavos por segmentos. El maestro AS-i interroga un esclavo por vez y para el máximo número tarda en total 5 ms.

Es un protocolo abierto y hay varios proveedores que suministran todos los elementos para la instalación. Constituye un bus de muy bajo costo para reemplazar el tradicional árbol de cables en paralelo.

- **Modbus.**-Es un protocolo utilizado en comunicaciones vía módem-radio, para cubrir grandes distancias a los dispositivos de medición y control, como por ejemplo pozos de petróleo, gas y agua. Opera a una velocidad de 1200 baudios por radio y mayores por cable.

CAPÍTULO II
PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presenta una base de mejoramiento del sistema de control y medición de la central de generación, iniciando con un modelo de la arquitectura del sistema. También se hace referencia a la selección de los equipos de campo como los sensores aplicados a este diseño de automatización, seguidamente una descripción del tipo de comunicación que será utilizado para comunicar a los dispositivos con el computador; para finalizar con un previo análisis de la configuración de los programas que serán utilizados para el control y medición.

2.1 MODELO DE LA ARQUITECTURA.

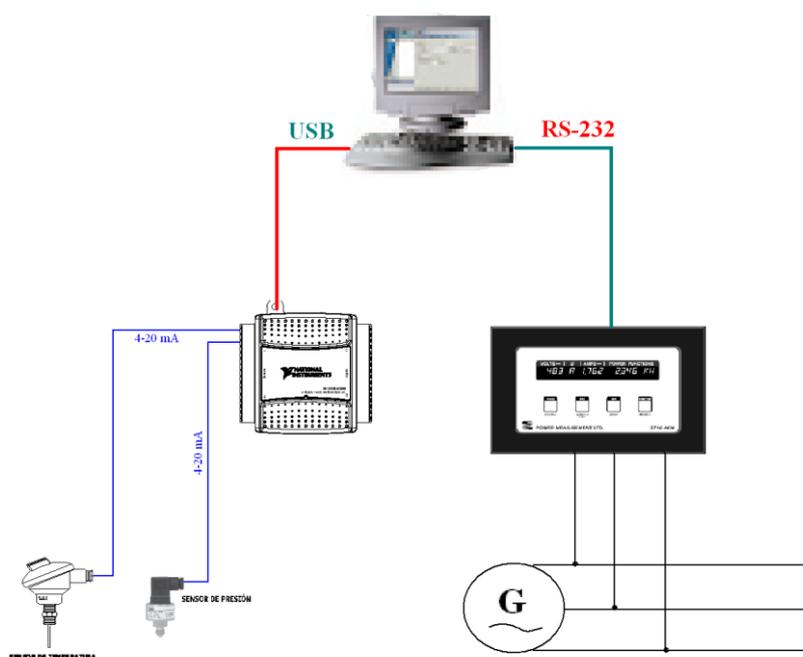


Fig.2.1 Arquitectura

Podemos observar que en el nivel superior se encuentra una PC, donde estará instalado el software con la programación y configuración de hardware para una tarjeta de adquisición de datos conectada a un puerto USB donde se conectarán las señales de entrada de los sensores de temperatura y presión vía 4-20 mA, también estará instalado el software respectivo para la comunicación con el dispositivo de control de parámetros eléctricos que irán

conectado al generador a través de los dispositivos atenuadores tales como TCs y TPs para la medición.

2.2 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO.

En esta parte se hace un mencionado de la elección de los dispositivos de campo que serán utilizados para tomar los datos de las variables físicas, que según nuestra propuesta serán la temperatura, la velocidad y la presión.

Para seleccionar el dispositivo que más se adapte o que presente una mayor confiabilidad al monitoreo de estas señales, se realizó una minuciosa indagación con los proveedores de importantes firmas como son OMEGA, WIKA, SIEMENS, MOOLER y SMART. Estos deben ser seleccionados dependiendo de su fiabilidad, calidad y costo.

2.2.1. Selección del dispositivo para la medición de temperatura en estator.

Uno de los parámetros muy importantes para determinar alguna falla que se produzca en la máquina es la elevación de su temperatura, por lo tanto el dispositivo o sensor a elegir nos debe de proporcionar los datos más exactos, con un porcentaje de error e interferencias lo más mínimo posible.

El sensor a elegir debe comprender los rangos de temperatura a trabajo nominal de la máquina, los mismos que están entre 70 a 90 °C para los dos generadores. Como se mencionó anteriormente este debe estar muy ajeno a las interferencias por tanto se necesitará un sensor basado en la termo-resistencia (RTD) con un rango comprendido entre 0 – 200 °C. La propiedad de una termo-resistencia es su inmunidad al ruido (aproximadamente 130 dB en la central), por tanto no genera interferencias en la toma de datos.

Otro factor importante es el lugar donde será montado el sensor, la profundidad de inserción y su diámetro de medición; además el lugar o el ambiente donde se va a manejar y si necesita o no un acondicionador de señal.

El dispositivo o sensor elegido es de la marca WIKA, modelo T19, es de propiedad termo-resistivo (RTD), su rango está comprendido entre 0-200 °C, irá montado en plataforma en el núcleo del estator, su profundidad de inserción es de 50mm y su diámetro de sensibilidad a la medición de 5mm. En el anexo Nro.2. Se muestra la tabla de características relevantes del sensor.

2.2.2. Selección del dispositivo para la medición de la presión en aceite.

Al igual que el dispositivo anterior para su selección, se debe tener en cuenta todos los parámetros ya descritos; como, rango de presión, montaje, ambiente de operación, necesidad de un transmisor de señal, etc.

Tomando en consideración los parámetros ya descritos el sensor a elegir presenta las siguientes características:

- Modelo ECO-1 de la marca WIKA.
- Rango de operación de 0 - 16 bar.
- Señal de salida 4 – 20 mA. 2 hilos.
- Temperatura permisible -30 a 80 °C
- Clase de protección IEC 60 529/EN 60 529.
- Piezas en contacto con el plano de trabajo acero inoxidable
- Construcción de la carcasa acero inoxidable.
- Carga máxima admisible 0 – 10 VCD 3 hilos



Fig. 2.2 Transmisor de presión ECO-1

En el anexo Nro. se presentan las dimensiones y conexiones eléctricas del sensor.

2.2.3 Interface entre los dispositivos de campo y el ordenador.

Una interface es el dispositivo o el mecanismo que sirve como acondicionamiento de las señales que se reciben de los sensores de campo con la finalidad de lograr un entendimiento entre sensores y computador, es decir sirve como enlace entre el dispositivo medidor y el ordenador.

La forma de comunicación que utiliza el interface puede ser por medio del puerto serial o a través del puerto USB.

Entre las interfaces más significativas que se pueden utilizar para la comunicación del Labview, que es software de la National Instruments que servirá para el control de los parámetros físicos, son las siguientes:

- **Tarjetas DAQ.** Van insertadas dentro del computador, y están compuestas de una tarjeta madre que contiene el procesador la memoria, y de una tarjeta hija que se encarga de la entrada y salida de señales.

- **PXI.** Son computadores industriales que constan de un chasis en el cual, en la primera ranura va el procesador y en las restantes se pueden insertar todo tipo de módulos PXI, similares a PCI: Tarjetas DAQ, de Adquisición de Imágenes, de Movimiento, Instrumentos (osciloscopios, multímetros, analizadores de espectros, etc.), GPS, etc. También existen versiones de chasis que incluyen ranuras para acondicionamiento de datos (señales de hasta 1000 V, termocuplas, LVDT, relés, y todo tipo de sensores).

- **FieldPoint y Compact FieldPoint.** Son sistemas modulares, parecidos en su forma a PLCs, conformados por un módulo inteligente que contiene el programa y el sistema de comunicaciones, y módulos de E/S para todo tipo de sensores.

La interface optada para comunicar los dispositivos en el sistema de automatización es la tarjeta DAQ aunque no presenta ciertas bondades que los PXI y FieldPoint y su velocidad de procesamiento es menor a estos, la aplicación de estas tarjetas es suficiente para lograr la interface, además es justificada debido a su factor económico (10 – 20 veces menor), permitiendo no encarecer la automatización; factor que se debe tener muy presente en el diseño de un proyecto.

La tarjeta de adquisición de datos adoptada para este proyecto es de la National Instruments (fig. 2.3) y presenta las siguientes especificaciones:

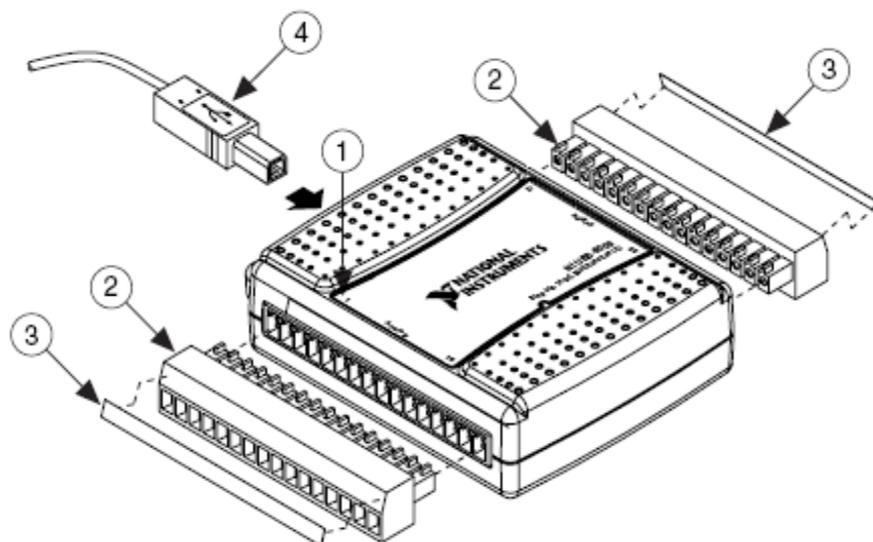


Fig. 2.3 Tarjeta de adquisición de datos NI USB - 6008

El Modelo es la USB – 6008 de la National Instruments (USA)

- Señales analógicas +/- 10V Max.; 50 mA.
- Señales digitales + 5V Max.; 200 mA.
- 8 entradas analógicas, 4 entradas diferenciales.
- Muestreo máximo 10 Ks/s.
- Protección de sobre tensión + 35 V
- 2 salidas analógicas con gama de voltaje de 0 – 5 V.
- Impulsión de la corriente de salida 5 mA.
- Entrada-salida digital: P0.(0..7) 8 líneas; P1.(0..3) 4 líneas
- Control de dirección en canales individuales.
- Voltaje absoluto de -0.5 a 5.8 de la gama de voltaje con respecto a tierra.
- Velocidad del autobús USB 12 Mb/s.

Entre otras características relevantes figuran las siguientes:

2.3 SELECCIÓN DEL EQUIPO Y SOFTWARE SUPERVISOR.

Como se hizo referencia en el capítulo anterior a las bondades que presenta el ION ENTERPRISE, para el monitoreo o supervisión de los parámetros eléctricos ya sea para la distribución como generación, y además por que está siendo aplicado para el monitoreo de

las subestaciones en EMELORO, con excelentes resultados, se creyó conveniente aplicar su uso para el monitoreo de la central de generación. El ION (Integrated Object Network) consiste en diversas clases de componentes de Software: utilizador de interfaces, servicios y base de datos.

En su forma estructural consta de cuatro componentes o sistemas: el Designer, Vista, Reporter y el management console. Dentro de estos, el que presenta mayor relevancia es el software Vista, por su constante interacción entre el usuario. Vista proporciona al operario una ventana a la información, es decir muestra todos los datos en tiempo real de lo que se está monitoreando, por ejemplo; Voltaje, Corriente, Potencia (Activa, reactiva y aparente), factor de potencia, frecuencia, armónicos, gráficas de corriente, voltaje, armónicos y además la descripción de los eventos que se están generando.

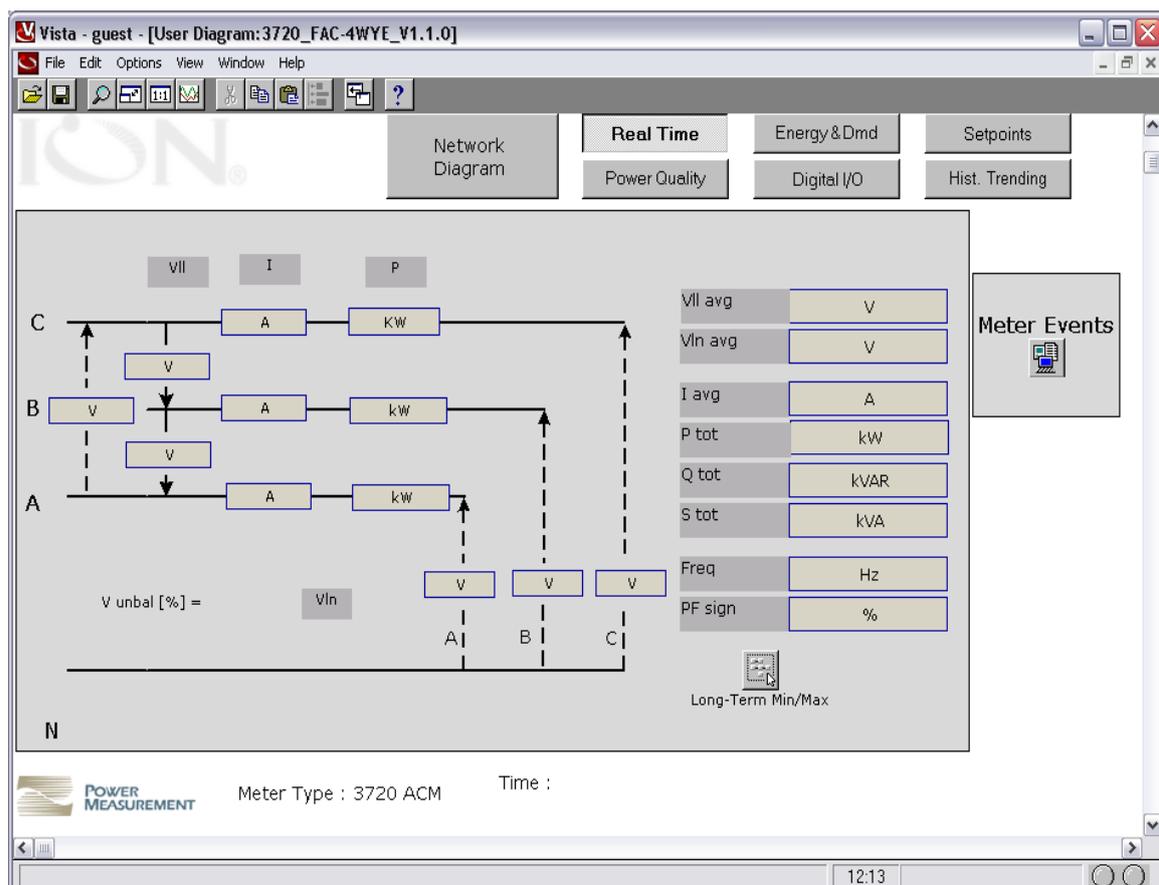


Fig. 2.4 Vista general del ION ENTERPRISE

Otro punto también significativo es el management consola (consola de administración), que permite enlazar al equipo de campo (POWER MEASUREMENTs) con el software de

monitoreo (ION). Debido a esto la consola de administración se convierte en el primer paso a seguir para la supervisión de parámetros por medio del ION, pues es la puerta de comunicación entre estos dos sistemas.

Entre los principales aspectos a programar en la consola de administración es la dirección del servidor, la ubicación del dispositivo (directo, modem o ethernet) y el tipo de equipo que se va a utilizar (3720ACM). Todos estos aspectos a programar serán profundizados en el siguiente capítulo.

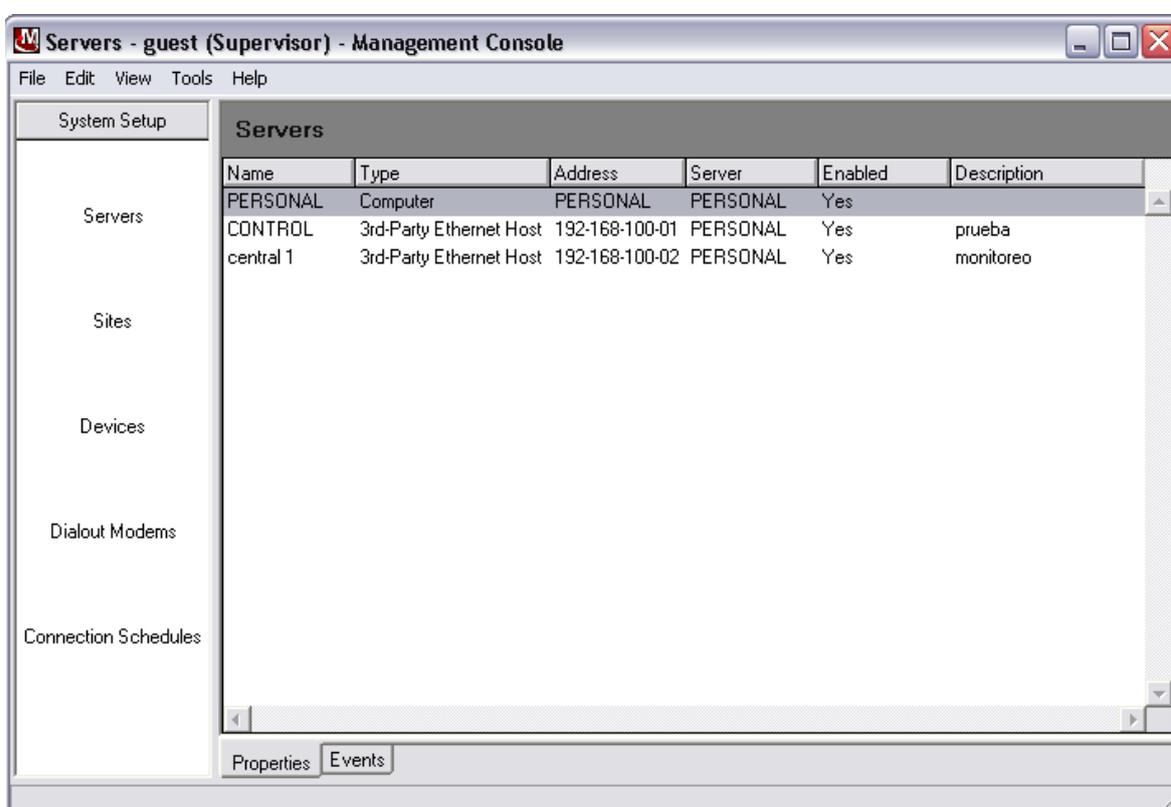


Fig. 2.5 Consola de administración del ION ENTERPRISE

Otra facilidad que nos da los componentes del ION, son sus reportes. Al entrar a la ventana de los reportes el usuario simplemente tiene que especificar cual es el parámetro que quiere configurar, por ejemplo Power Quality, nos vamos a sus propiedades y ubicamos el nodo que se quiera enlazar y seleccionamos la ubicación del reporte. Su ventana gráfica aparece en la figura siguiente:

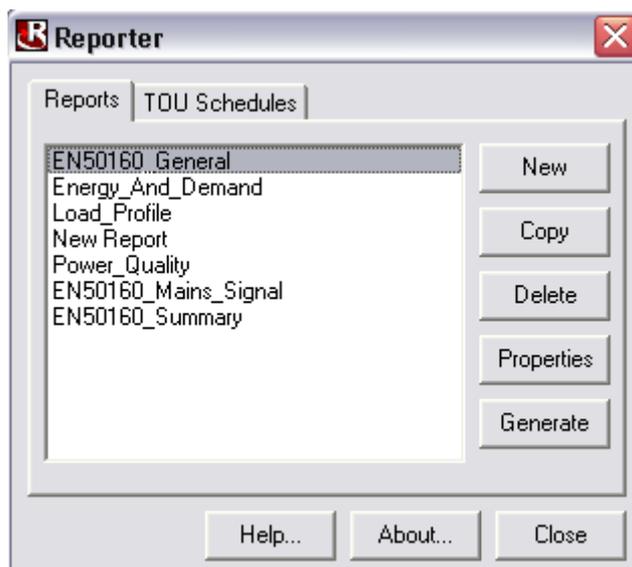


Fig. 2.6 Configuración de reportes.

Aunque no es utilizado en nuestro sistema de monitoreo, el designer permite realizar modificaciones en el sistema que estamos monitoreando. Estas modificaciones las podemos realizar siempre y cuando el sistema este en pleno funcionamiento, por este motivo resulta un poco complicado su utilización.

En lo referente al equipo que será utilizado como receptor de las señales de corriente y voltaje, para el análisis de los parámetros eléctricos por parte del software supervisor, será el POWER MEASUREMENTS, compatible con el ION.

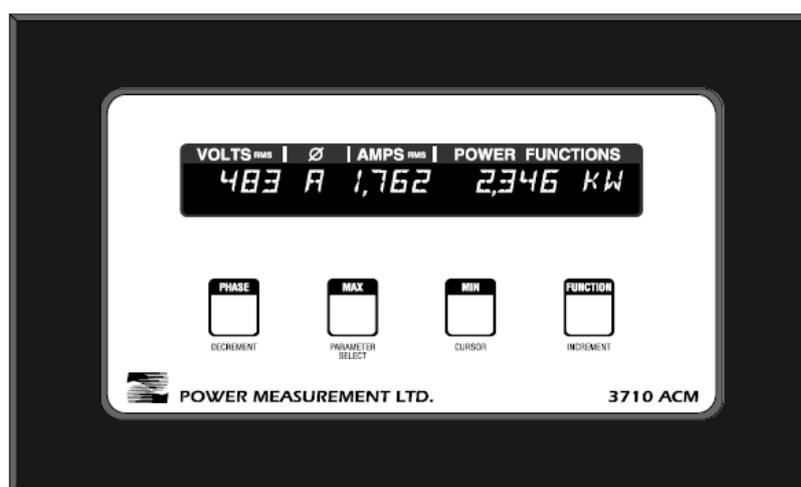


Fig. 2.7 Vista general del 3710 ACM POWER MEASUREMENTS

El 3710 ACM de la firma POWER MEASUREMENTS, es el tipo de medidor que permite analizar parámetros eléctricos, como potencia, corriente, voltaje, energía, etc. Está codificado con las siglas 3710 ACM y posee un puerto de comunicación RS232 y RS485 para comunicación con el ordenador. Entre sus características principales se encuentran:

- Análisis de armónicas, relés controlados por ajustes con capacidad de comunicación.
- Sistemas de distribución, 4 hilos en estrella, 3 hilos en delta y monofásicos.
- Las entradas de corriente TCs con salidas de 5 Amp. Versión con entrada de 1 Amp.
- 100 parámetros de medición trifásicos en tiempo real y más de 20 parámetros de estado.
- Las mediciones en tiempo real incluyen: Voltios, Amperes, Corriente Neutro/tierra, KW, KVA, KVAR; Factor de Potencia y Frecuencia. Los valores de energía incluyen KWH, KVAH y KVARH. todas las lecturas de energía proporcionan una indicación bi-direccional (consumo/generación).
- Todas las lecturas de parámetros son valores RMS, incluyendo las armónicas.
- 3 relés internos para el control y 17 ajustes programables por el usuario
- Velocidad de muestreo 128 muestras/ciclo de las ocho entradas de voltaje y corriente.
- registro de eventos estandar proporciona 50 grabaciones, cada una con su hora y fecha.
- Exactitud de los eventos 1 segundo
- puerta de comunicaciones RS-232 o RS-485 seleccionable.
- Utiliza un protocolo abierto para adaptarse a sistemas de terceros (PLC, DCS, EMS) y a sistemas SCADA.

2.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL.

Este será estrictamente utilizado para el control de los parámetros físicos como la temperatura y la presión. el mismo que debe de ser de fácil comprensión en la interacción con el usuario.

Entre los lenguajes que nos brindan esta bondad esta el LabView, que nos permite por medio de su panel frontal la interacción con el operador; además este programa nos ofrece una gama de funciones muy amplia para la programación.

Básicamente LabVIEW presenta dos partes fundamentales para la programación: el Panel Frontal y el diagrama de bloques.

El panel frontal es la parte donde el operador va a interactuar con el programa. Generalmente está compuesto por indicadores ya sean analógicos o digitales, interruptores y gráficas de barrido. En este panel el programador deberá ir ubicando los indicadores, interruptores y gráficas que sean necesarios para mostrar y manipular las operaciones del programa.

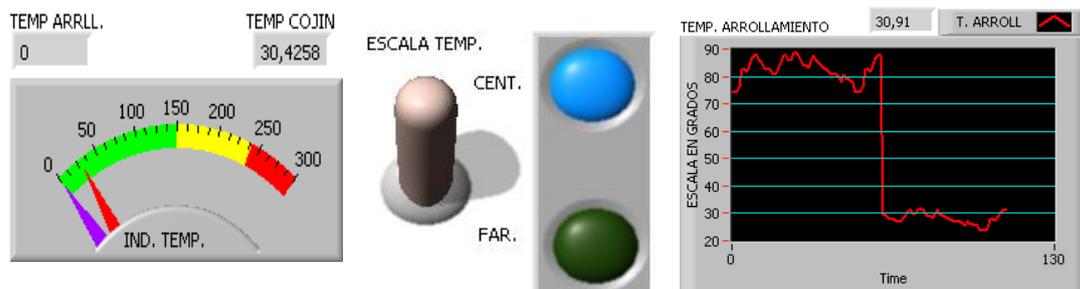


Fig. 2.8 Objetos gráficos utilizados en Labview para la comunicación con el usuario.

El diagrama de bloques presenta funciones designadas solo a la programación, esta parte del Labview no tiene que ser manipulada por el operador, generalmente el programador tiene que ubicar un password para evitar esta manipulación. Este diagrama presenta íconos gráficos con múltiples funciones, por ejemplo; funciones numéricas y booleanas, contadores, registradores, almacenadores de datos, estructuras de secuencia, funciones matemáticas, matrices, analizadores de funciones, comunicaciones, etc., las mismas que deben de ser colocadas acertadamente para un correcto funcionamiento del programa.

CAPÍTULO III
DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se da a conocer la fase final del proyecto, iniciando por el diseño del programa para el monitoreo de la temperatura y la presión de la máquina en el software ya escogido, seguidamente se presenta la forma de calibración y modo de montaje de los sensores, además el método de conexión que deberá ser utilizado para el equipo de monitoreo de los parámetros eléctricos que deberán ser enlazados por medio de un protocolo de comunicaciones; para finalmente realizar la explicación de su funcionamiento a través de pruebas realizadas en la propia planta con todos los equipos ya montados.

3.1. DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS.

Los parámetros físicos que se ha analizado para controlar son la temperatura y la presión pues son los factores que más inciden en el rendimiento de la máquina. Para esto necesitamos un software que nos brinde todas las viabilidades posibles y además su interfaz con el usuario debe ser de una fácil comprensión, para que el operador de la central no tenga inconvenientes en el monitoreo de estos parámetros.

El software que nos va a brindar todas estas bondades es Labview, ya que es un lenguaje de programación de fácil comprensión, por utilizar íconos en lugar de líneas de texto. Además Labview nos ofrece un interfaz con el usuario totalmente gráfico, es decir utiliza objetos gráficos como por ejemplo interruptores, pulsadores, gráficas, indicadores, etc, que representan verdaderos tableros de control, facilitando una mejor relación con el operario.

Teniendo una panorámica más definida del tipo de software que se utilizará para el control, debemos de programar instrumentos virtuales como comúnmente se lo conoce en Labview, que nos permita monitorear a cada momento la temperatura en el generador, el mismo que de constar con sus respectivas señales de alarma en caso de producirse una anomalía en la máquina rotatoria.

Un instrumento virtual o VIs constituye toda la fase de programación, y esta conformado por el panel frontal, el diagrama de bloques y un icono conector, el mismo que sirve como enlace para que el Vis pueda ser utilizado como un subVIs en otro programa.

El sistema diseñado en Labview, en su panel frontal que es el que sirve de interfaz con el usuario, consta de dos gráficas de barrido que muestran el monitoreo continuo de la temperatura y sus valores promedios y de dos medidores de presión análogos a los manómetros, los cuales toman los datos de presión en PSI y ATM.

Este sistema nos brinda la facilidad de mostrar los datos en las dos escalas de temperatura, en grados Fahrenheit y en grados centígrados; en el caso de la presión en **psi** y **atm.**, para ello existe en el panel frontal dos swichs que sirve como indicador de escala tanto para la temperatura como para la presión.

Básicamente el panel frontal, que será utilizado para el control de los parámetros ya mencionados, denotan a continuación con los valores de temperatura y presión normal de la máquina, los mismos que fueron monitoreados en tiempo real en la Central de Generación 1 Machala.



Fig. 3.1 Pantalla de monitoreo de parámetros físicos.

En lo referente a la otra parte del Labview que es el diagrama de bloques o la parte de la programación, debemos de diseñar, utilizando las funciones de este programa un circuito

que nos permita obtener los datos de temperatura y presión en tiempo real, que grafique los datos de la temperatura, que me permita calcular la temperatura promedio, mínima y máxima, además tener señales de alarmas en caso que se produzca una anomalía en estos parámetros permitiendo obtener un registro continuo en una hoja de cálculo de estas medidas y archivarlas en el computador.

El diseño gráfico del diagrama de bloques consta en su primera fase por dos secciones de programación, la primera para la temperatura y la segunda para la presión, las mismas que están dentro de una estructura For Loop. Función que permite la reiteración del valor en un número determinado de veces, dependiendo del número que adopte la constante (40 veces en el programa); se la utiliza en forma especial para obtener valores mínimos, máximos o promedios, de un determinado parámetro; en este caso se la utilizado para la temperatura.

Dentro de la función For Loop encontramos Cuatro subVIs (subprogramas que han sido creados con anterioridad). El primero es el **TEM & PRESS**, SubVIs que proporciona los datos o señales de temperatura y presión; valores que son tomados por los sensores y sirven para el trazado, almacenaje y la señalización (alarmas) del programa. Para acceder a un subVIs, basta con hacer doble clic y nos encontraremos en otro programa que esta dentro del mismo programa.

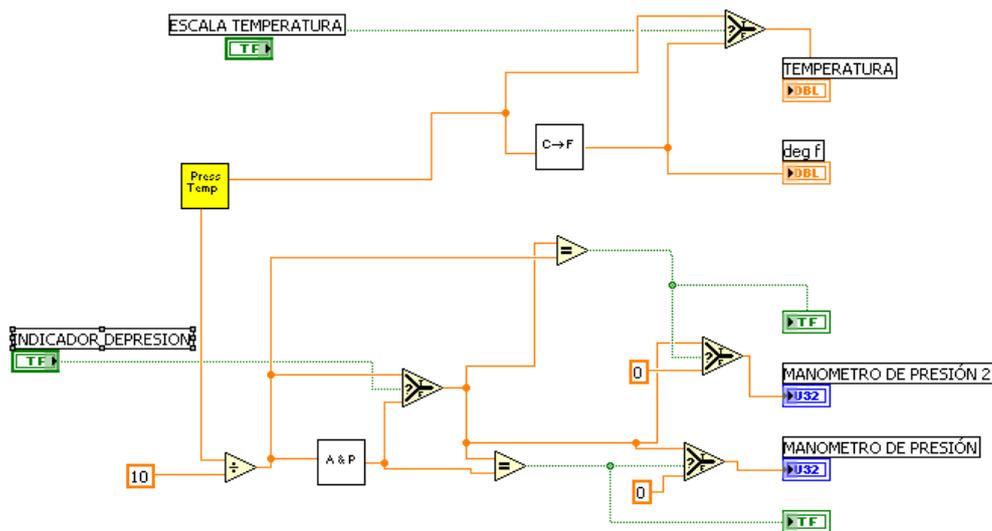


Fig. 3.2 SubVIs. TEM&PRESS. (Diagrama de bloques) generador de señales de presión y temperatura
 En el TEM&PRESS, encontramos tres subVIs; el **A&P**, que mediante un proceso matemático realiza la conversión de la presión, de atmósferas a unidades de PSI; el **C→F**,

al igual que el subprograma anterior convierte la temperatura de unidades centígradas a valores de grados Fahrenheit .

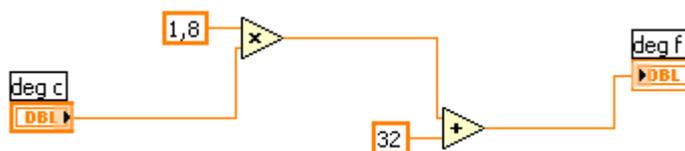


Fig. 3.3 SubVIs C→F. (Diagrama de bloques) convertidor de unidad de temperatura

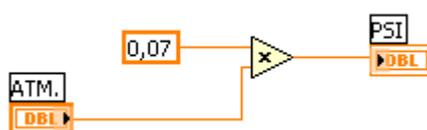


Fig. 3.4 SubVIs A&P. (Diagrama de bloques) convertidor de unidad de presión.

El último SubVIs es el Press-Temp. Se caracteriza por ser el punto inicial en el funcionamiento del programa, debido a que de este empieza el depurado de las señales. Dentro del mismo se encuentra el Asistent DAQ (asistente de la tarjeta DAQ), esta función es la puerta de comunicación entre el computador y la tarjeta de adquisición de datos, sirve para seleccionar el tipo de señal (corriente, voltaje, resistencia) en que se quiere transmitir los datos y el número de muestras que se desea realizar por segundo. Seguidamente esta la función Statistics, este toma la señal de la tarjeta y nos da un valor **rms** de la misma (una limpieza de señal), evitando de alguna distorsión en la señal. Por último encontramos un proceso matemático para la conversión de señal, de unidades de corriente a unidades de presión (atmósferas) y temperatura (centígradas); la explicación de este proceso se explicará con mayor exactitud en la calibración y el acondicionamiento de señales de los sensores.

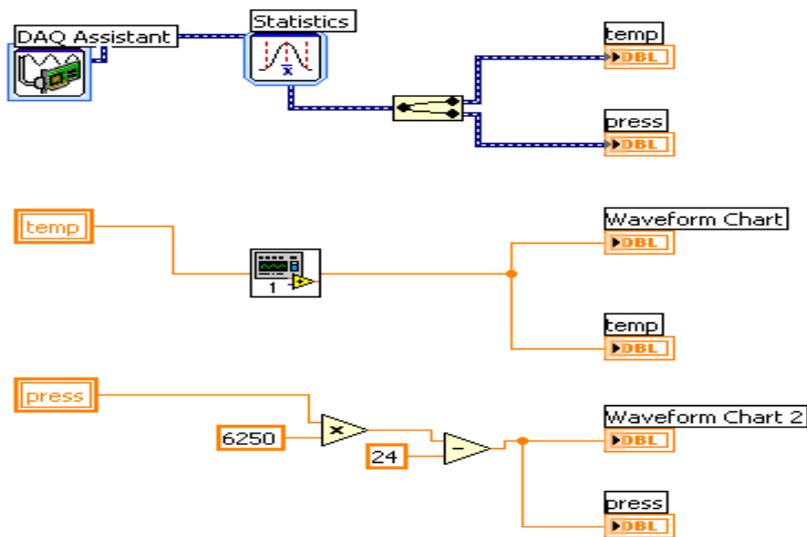


Fig. 3.5 SubVIs **Press-Temp**. (Diagrama de bloques) depurado de señales.

El segundo subVIs es el **V. DIG.** (Valor Digital), Proporciona una codificación alfanumérica del valor de la temperatura (**La Temperatura es 50°**). En su forma estructural este subprograma se compone de una función Format Into String; usada para la escritura de textos y números en un programa. Esta función al recibir una señal, manda sus variables de entrada (texto y valor de temperatura), a una segunda función llamada concatenación, la cual agrupa, ordena el texto y el valor para ser mostrado mediante una pantalla digital.

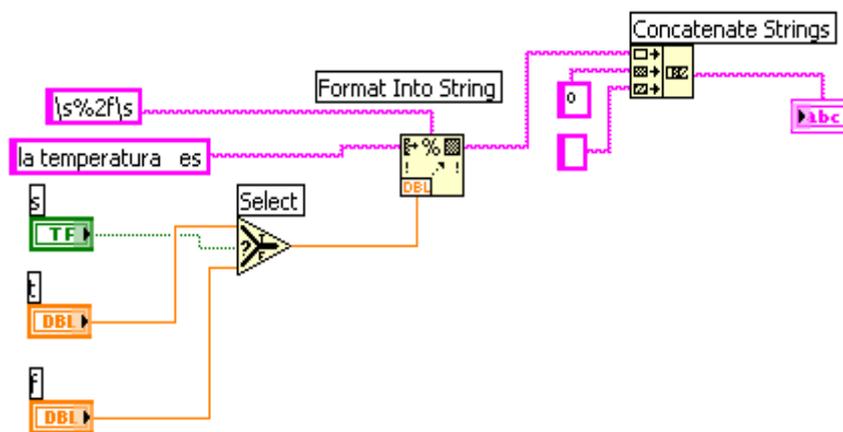


Fig. 3.6 SubVIs **V:DIG**. (Diagrama de bloques) codificación alfanumérica.

Finalmente en la For Loop; encontramos los dos últimos SubVIs con características similares denominados **V. SEÑ.** (Valor de Señal). Tiene como tarea entregar los valores

de las señales tanto de presión como de temperatura, para ser utilizados por los indicadores booleanos y para la activación de las señales de alarmas. Es un subVIs compuesto por funciones booleanas con constantes de condición; dichas constantes tienen valores altos y bajos de los parámetros físicos ya mencionados, seleccionados en relación de los valores nominales tanto de la presión (**60 PSI. Nom.**) como de la temperatura (**65 ° C Nom.**). En caso que el sensor tome una señal de temperatura o presión excesivamente bajo o alto, el subVIs **V. SEÑ**, enviará una señal tanto a los indicadores en el panel de control, como a la alarma a través de las salidas de la tarjeta DAQ, señal que es amplificada a voltaje de operación de la alarma.

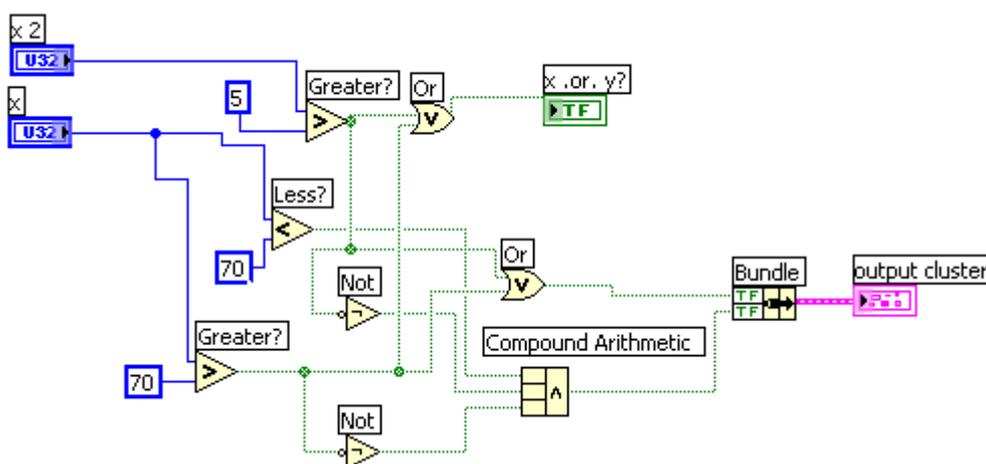


Fig. 3.7 SubVIs **V. SEÑ**. (Diagrama de bloques) entrega valores de presión en PSI y ATM.

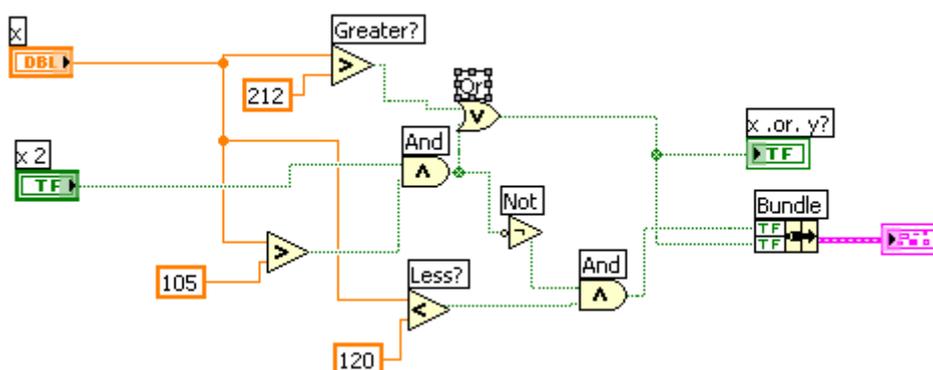


Fig. 3.8 SubVIs **V. SEÑ**. (Diagrama de bloques) entrega valores de presión en PSI y ATM.

Una particularidad en el interior de la función For Loop es el Wait Until Next ms Multiple, su prioridad es establecer el intervalo de tiempo en cada iteración o señal enviada por el



sensor (500 ms), por lo tanto para las 40 iteraciones que tiene la constante de la For Loop, el tiempo empleado será de 20000 ms (20 s), para poder enviar una señal al exterior de la For Loop que puede ser utilizada para un proceso de cálculo.

En la parte exterior del For Loop está el subVIs **S. min, max, prom.** (señal mínima, máxima y promedio del parámetro temperatura); que toma el número de interacciones de la for Loop (40 Interacciones), para proceder a los cálculos de la temperatura, donde se obtendrá el valor mínimo, el máximo y el promedio.

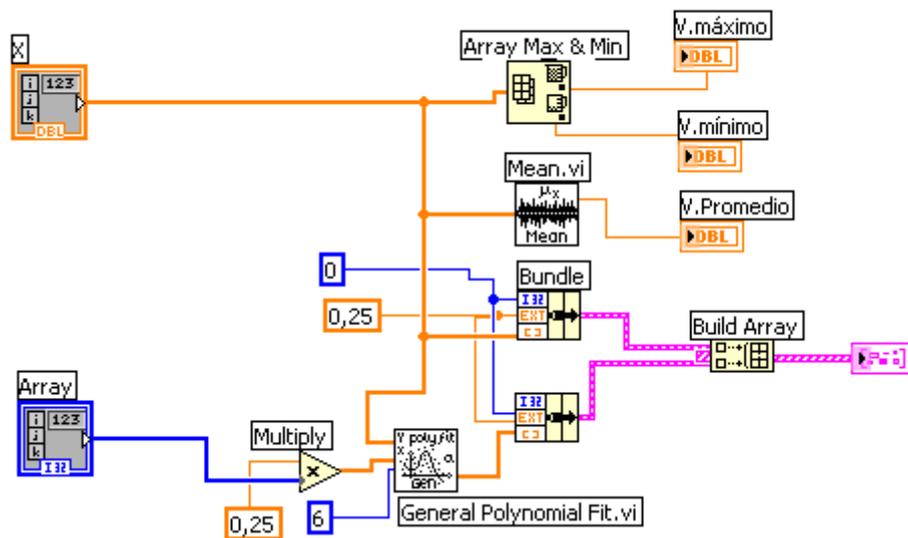


Fig. 3.9 SubVIs **V.SEN**. (Diagrama de bloques) entrega valores Máx, Mín y Prom. de Temperatura

Este subprograma está compuesto por dos VIs principales: el Mean (promedio), que devuelve el valor promedio de la temperatura de las 40 muestras o iteraciones tomadas por la For Loop, y el Polinomial; que expone o muestra un arreglo de variables para ser ejecutadas por otras funciones. En el subprograma se caracteriza por sus dos entradas de variables (y, x) y su entrada de orden polinomial. La entrada y, es utilizada para tomar los valores de las iteraciones, las otras dos entradas tienen la particularidad de que dependiendo del valor que adopten estas, serán las formas de ondas que se muestran en la gráfica número 2.

La función Array max&min, está aplicada para hacer un análisis de los valores máximos y mínimos que adopta la temperatura en ese lapso de tiempo y mostrarlos mediante indicadores. Por último encontramos las últimas dos funciones que son los Bundles,

utilizadas para recibir y ordenar todos los datos de las constantes y la variable para luego ser mostradas en la gráfica 2. El número cero en la primer constante, es para identificar el origen de la toma de datos en la gráfica; el número 0,25 en la segunda constante del Bundle significa el intervalo del tiempo que se va a tomar el valor en la gráfica, como son 40 valores que se toman en la for loop, el eje de las ábsidas de la segunda gráfica tomará intervalos de tiempo de 0 – 10 segundos.

$$T = 0.25 * 40 = 10 \text{ s.}$$

Todo este SubVIs se está ejecutando dentro de un ciclo While. La particularidad de esta función es que ejecuta un subdiagrama hasta que se cumpla la condición terminal. Cuando la condición terminal es **Continue If True** (continúe si es verdadero), el ciclo While ejecuta el subdiagrama hasta que se recibe el valor FALSE. Si se cambia el comportamiento de la condición a la opción **Stop If True** (pare si es verdadero), al contrario que la anterior, el subdiagrama se ejecuta hasta que reciba un valor verdadero.

Como parte última del diseño de este programa, está el SubVIs **CTR&GDR**. Tiene como función el conteo y almacenamiento de los datos monitoreados por este programa, los mismos que son mostrados mediante una hoja de cálculos. Este subprograma guarda los datos de los parámetros tanto de la presión como de la temperatura.

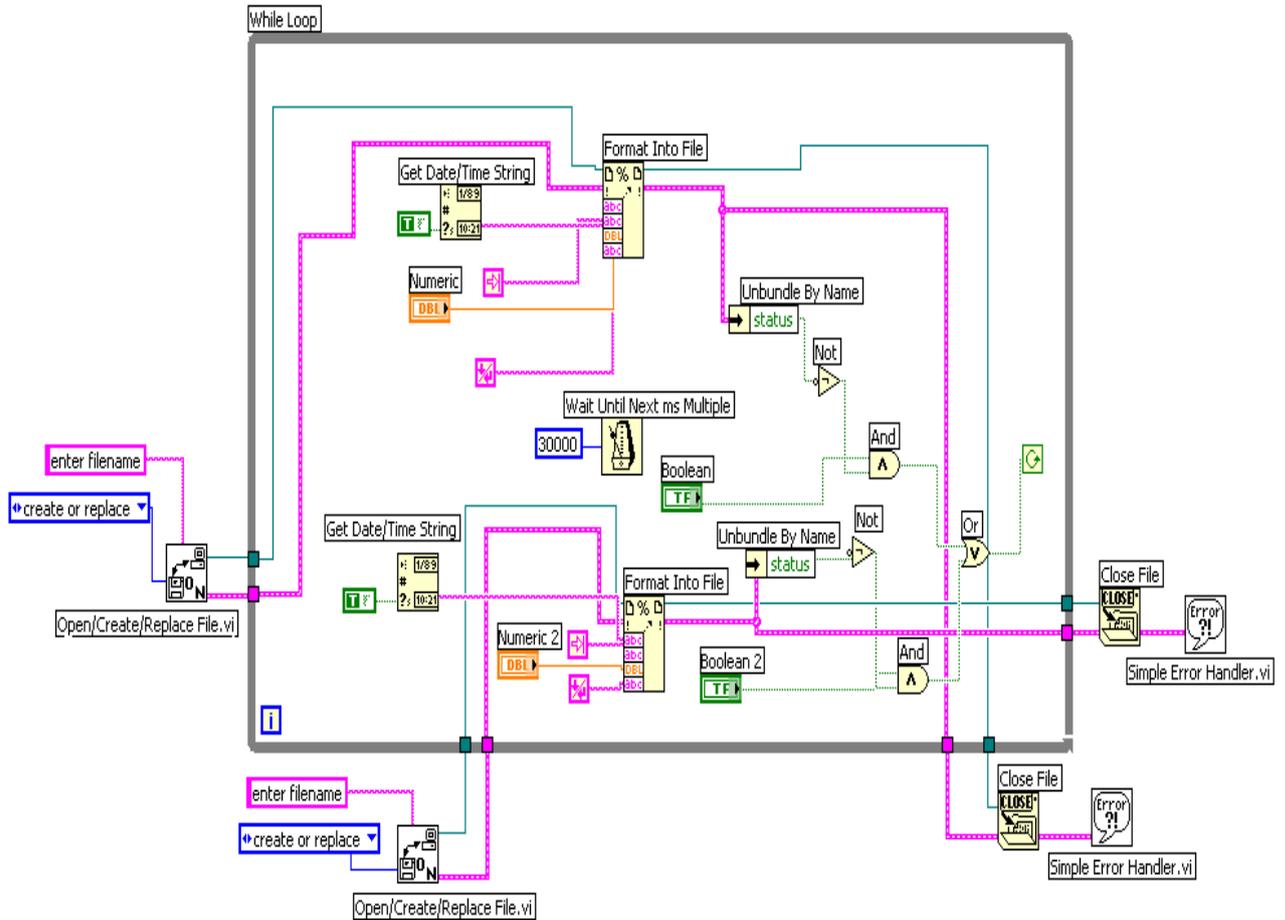


Fig. 3.10 SubVIs **CTR.&GDR.** (Diagrama de bloques) almacena datos de los dos parámetros.

La correlación de todos estos SubVIs, conforman un solo programa destinado al control y monitoreo de los parámetros físicos más relevantes dentro de una máquina de generación de energía, como son la presión y la temperatura; pues son unos de los mayores causantes de daños y averías dentro de una máquina. Todo el conjunto de la fase de programación se expone en un solo diagrama de bloques que se denota a continuación:

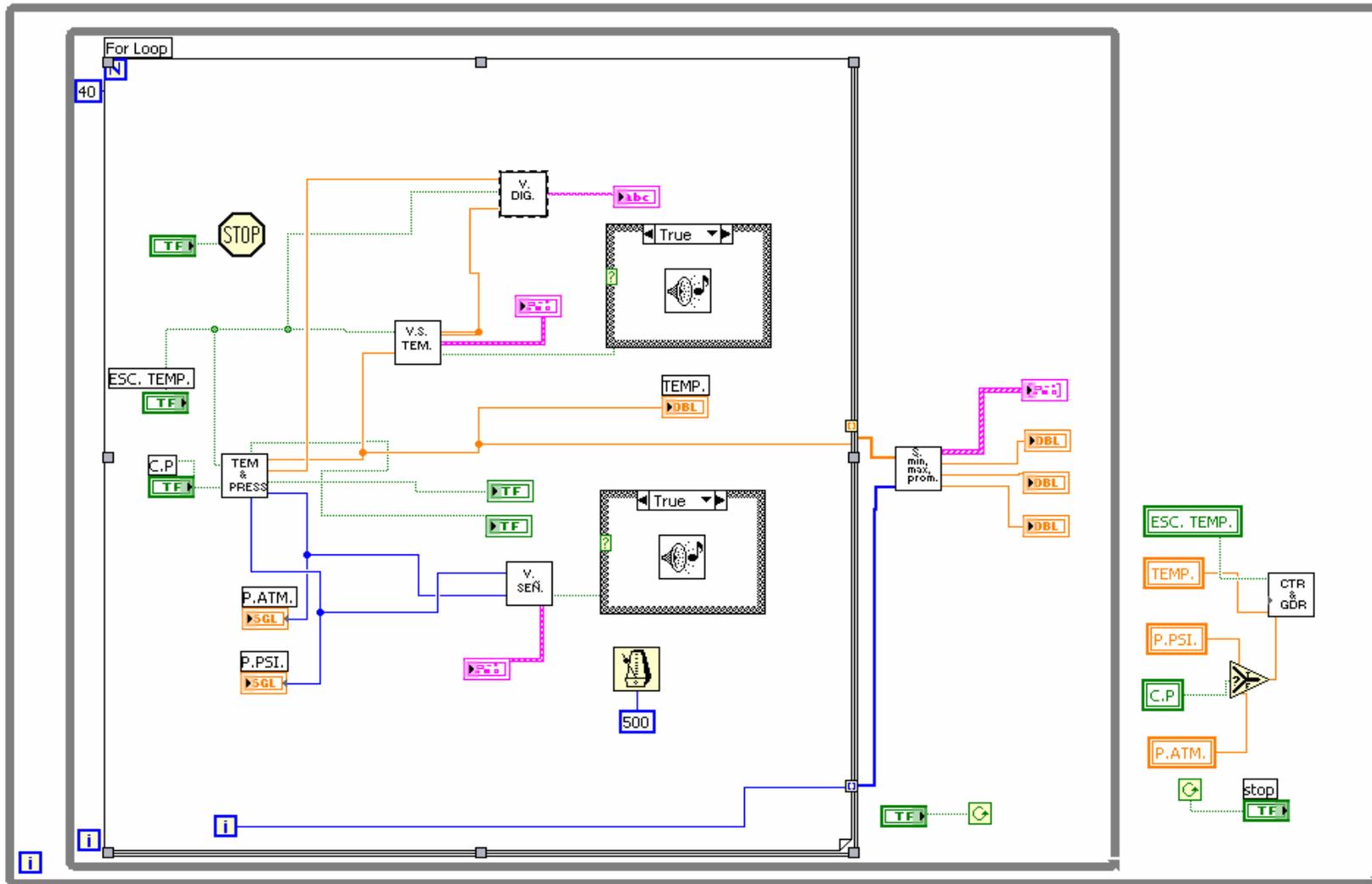


Fig. 3.11 Diagrama de bloques general de programación.

3.2 Comprobación, montaje y puesta en marcha de los sensores

Uno de los parámetros físicos más importantes que se necesita monitorear en las generadoras de la central, es la **temperatura**, ya que el exceso de misma puede producir daños severos en las máquinas, provocando que se reduzca su vida útil.

Se ha creído conveniente ubicar un sensor de temperatura dentro del generador, el mismo que irá ubicado en los arrollamientos, debido a que en estos se inducen fuertes corrientes y en caso de una anomalía pueden producir un efecto JOULE muy severo, generando daños en los devanados.

Otro de los parámetros físicos necesarios de monitorear es la **presión** de aceite en la máquina, pues un descenso de esta puede provocar una disminución del rendimiento de la máquina, generando un sobrecalentamiento en la misma.

Este sensor irá ubicado a la entrada del manómetro analógico utilizado para el control de la presión, el mismo que está ubicado en el tablero de arranque en la sala de máquinas.

Antes de realizar el montaje de los sensores para el monitoreo de los parámetros, debemos hacer un previo ajuste de los mismos, con la finalidad de obtener los datos más exactos posibles. Estos ajustes se los realiza mediante la calibración de los sensores y el análisis de estos mediante el programa ya diseñado.

3.2.1 Calibración de los sensores.- El procedimiento a seguir para poder determinar si el sensor está o no tomando los datos en forma correcta es poniéndolo a prueba a través de otro instrumento de medida que cuente con el más mínimo porcentaje de error, por ejemplo un multímetro de temperatura de alta precisión y un manómetro para la presión con un bajo porcentaje de error.

3.2.2 Ajuste del sensor de temperatura.- para evitar los errores en la toma de datos del sensor de temperatura, debemos de percatarnos que sus valores sensados sean iguales a los de otro instrumento de medición. Para realizar estas pruebas se comparó con multímetro

digital para la temperatura; pero como lograr la conversión de los valores de corriente que arroja el sensor a valores de temperatura para compararlos con el instrumento de medición.

Para realizar este proceso matemático, debemos de obtener una ecuación en función de la pendiente que nos permita obtener valores semejantes de temperatura a los del instrumento de medición. Como se sabe que la ecuación de la pendiente viene dada por la siguiente fórmula:

$$Y - Y1 = m(X - X1)$$

Entonces se debería encontrar un valor de la pendiente que servirá como constante para la determinación de los valores en Y. Un método muy sencillo aunque no muy preciso para encontrar los valores que serán utilizados para hallar la pendiente de todos los trazos de temperatura, es relacionando los valores iniciales y finales tanto de corriente como de temperatura que pueden ser tomados por el sensor, los mismos que son mostrados en la hoja de características del sensor. Según esto el valor inicial y final de corriente es de **4 - 20 mA**. y para la temperatura de **0 - 100 °C**. Una vez tomados estos valores obtendremos el siguiente valor para la pendiente según la ecuación:

$$m = \frac{Y - Y1}{X - X1}$$

$$m = \frac{200 - 0}{0.02 - 0.004}$$

$$m = 12500$$

Una vez obtenido el valor de la pendiente, podremos encontrar el valor cualquiera de la temperatura, simplemente despejando el valor de Y en la ecuación y obteniendo los valores de la corriente en miliamperios que son mostrados en el Labview (antes de ser convertidos por este programa en valores de temperatura) para la variable X. Los valores de X1 y Y1, son los datos límites de la corriente y temperatura que se toman de las características del sensor. El valor de temperatura encontrado en este proceso matemático debe ser

comparado con el valor de temperatura que está siendo mostrado por el programa de monitoreo, para verificar el correcto o no funcionamiento del sensor. Para un valor de corriente de 0.00585 mA el valor de temperatura en grados centígrados se lo hallará despejando Y de la ecuación; por tanto se obtendrá:

$$Y = m(X - X1) + Y1$$

$$Y = 12500(0.00565 - 0.004) + 0$$

$$Y = 71,625 - 50$$

$$Y = 21,625^{\circ} C$$

Para saber si el valor encontrado de temperatura con los datos del sensor no presenta porcentajes de errores altos, se procedió a compararlos con los de un instrumento de medición de temperatura de alta precisión. Para realizar este proceso analíticamente se sumergió en agua caliente las dos puntas de medición, tanto la del sensor como la del instrumento de temperatura; tomando los valores de corriente del sensor a la temperatura de **22 y 86 °C** del instrumento de medición. Los valores obtenidos de corriente a **22 y 86 °C** fueron de **0.00565 y 0.010715 mA** respectivamente; con estos datos se procedió a calcular la nueva pendiente que servirá para calcular el valor de temperatura en la ecuación.

$$m = \frac{Y - Y1}{X - X1}$$

$$m = \frac{86 - 22}{0.010715 - 0.00565}$$

$$m = 12635$$

Obtenido el valor de la pendiente con ayuda del instrumento de medición, debe ser reemplazado en la ecuación de la temperatura para comprobar si existe o no una alta semejanza en los dos valores.

$$Y = m(X - X1) + Y1$$

$$Y = 12685(0.00565 - 0.00565) + 22$$

$$Y = 75,669 - 75,669 + 22$$

$$Y = 22^{\circ} C$$

Como puede observarse al comparar los dos valores de temperatura existe una diferencia de la misma del 0.375 °C que equivale a un porcentaje de error entre los dos medidores del 1.7 %. Para disminuir al máximo este error debemos de darle a la pendiente encontrada por los datos del sensor un valor semejante o aproximado a la pendiente que fue determinada por el instrumento de medición. Esta corrección del valor de la pendiente se la realiza a la constante del proceso matemático, que sirve para la conversión de los valores de corriente a valores de temperatura en el Labview.

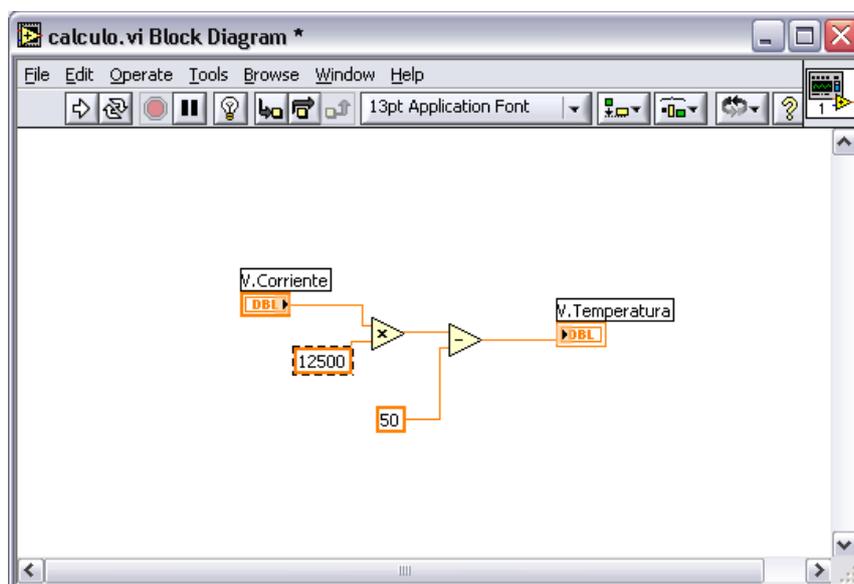


Fig. 3.12 VI de conversión de mA a temperatura.

3.2.3 Ajuste del sensor de Presión.- El método a emplearse para comprobar la efectividad del sensor de presión es similar al explicado anteriormente para la temperatura. A diferencia que el de temperatura, se utilizó un manómetro de presión para relacionar los dos valores de la pendiente y comprobar la semejanza de los valores en Y, tanto del sensor

como del instrumento de medición. Según lo expuesto anteriormente para la temperatura los datos obtenidos para la presión, mediante los métodos algebraicos fueron los siguientes:

- Cálculo del valor de la pendiente según los datos obtenidos de las características del sensor:

$$m = \frac{Y - Y1}{X - X1}$$

$$m = \frac{100 - 0}{0.02 - 0.004}$$

$$m = 6250$$

- Determinación del valor de temperatura en Y, con un valor de corriente para X de 0.01287 mA.

$$Y = m(X - X1) + Y1$$

$$Y = 6250(0.01287 - 0.004) + 0$$

$$Y = 80.43 - 25$$

$$Y = 55.43 PSI$$

3.2.4 Montaje de los sensores.- Una vez realizado el ajuste de los sensores, se procedió al montaje de los mismos. Como se detalló con anterioridad, el uno debe ser montado en los arrollamientos para comprobar la temperatura del mismo y el de presión en las cañerías que conducen o circulan el aceite en la máquina, en especial en la entrada del manómetro de presión que se encuentra en el tablero de control de la máquina.

3.2.5 Montaje del sensor de temperatura.- Este instrumento de campo cuenta punta de sensibilidad de 54 cm. aproximadamente, dicha punta debe ser introducida en los arrollamientos, para estar en contacto con los mismos y percibir su calentamiento

Para realizar este procedimiento, se utilizó una platina de hierro fundido con dimensiones aproximadas de 4 x 40 x 450 mm., la misma que se le dio una curvatura en s, agujerada en los dos extremos, para asentamiento del sensor y aseguramiento con un perno en la

carcasa. El sensor queda totalmente ajustado en los arrollamientos y asegurado mediante la platina por un perno de sujeción atornillado a la carcasa. Los dos conductores que sobresalen llevan las señales de corriente directamente a la tarjeta de adquisición de datos para ser controlados mediante el programa supervisor.

3.2.6 Montaje del sensor de presión.- A diferencia del medidor anterior, este debe ser montado mediante un conector acoplado a la cañería, que hace circular el aceite por la máquina; su objetivo principal es medir la presión del fluido.

Su montaje es más sencillo que el sensor de temperatura, se utilizó una T de ¼” de material de cobre y 2 reductores de ¼” a ⅛” que servirían como conexión con la T y cañería de aceite. El sensor fue ubicado en la cañería de entrada al manómetro cerca del tablero de control, debido a que existía una unión en la tubería, la misma que fue desmontada para la colocación de la T de cobre; después de ser ajustada la T a la cañería y al sensor, este quedó montado tal como nos demuestran las siguientes fotografías:

3.2.7 Puesta en marcha de los sensores.-Una vez realizado el montaje de los sensores, tanto en los arrollamientos como en la cañería de aceite, se procedió a la puesta en funcionamiento de los mismos.

Para poder comunicar los instrumentos de campo con el computador se utilizó como interfaz la tarjeta DAQ NI-6008, que utiliza como enlace el puerto USB. Como se observó en las fotografías cada sensor cuenta con dos conductores de salida, los mismos que transmiten la señal a la tarjeta de Adquisición de Datos, para que mediante el puerto USB sean llevados al programa controlador del computador. Pero como recibir una señal de los RTDs, si se basan en el principio de la resistencia?

Como se mencionó con anterioridad, la ventaja de estos sensores es su inmunidad al ruido, por el hecho de producirse la señal en base al principio de la resistencia (la resistencia del metal depende de la temperatura), pero para generar este efecto se necesita de una fuente de alimentación de C.C. conectada al sensor y la tarjeta de adquisición, que para este caso se utilizó una fuente de 24 V c.c. y dos resistencias limitadores de corriente conectadas en

las entradas de la tarjeta de cada sensor, para evitar algún daño en la misma. El acoplamiento de todos estos dispositivos se demuestran en la siguiente figura.

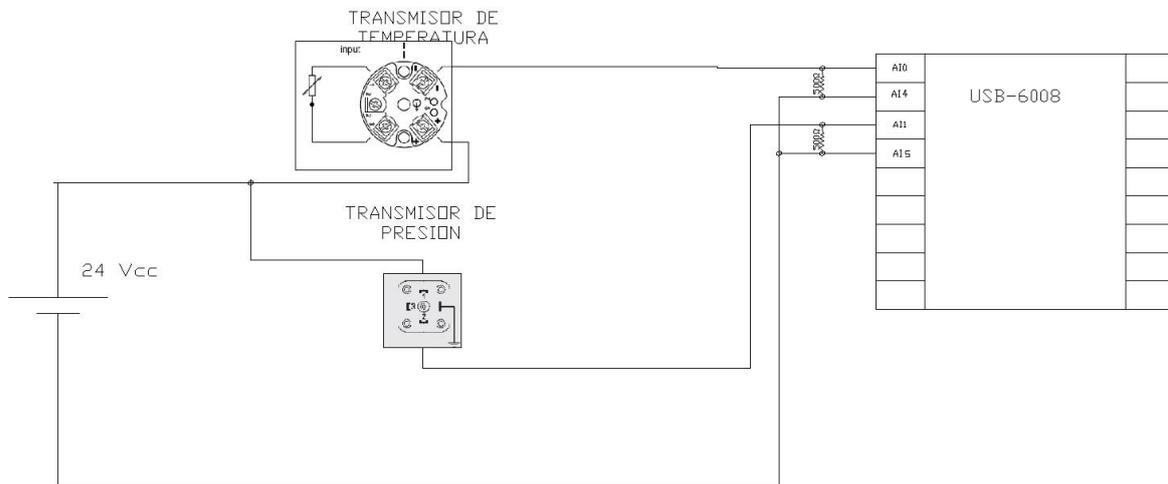


Fig. 3.13 Conexión de los dos sensores a la tarjeta y a la fuente de alimentación.
(Puede verse las dos resistencias limitadoras en las entradas de la tarjeta)

3.3 PUESTA EN MARCHA Y MUESTRA DE RESULTADOS.

3.3.1 Puesta en marcha.

Una vez diseñado y analizado el funcionamiento tanto de los programas supervisores, como de los instrumentos de campos, y estando estos últimos ya montados tanto en los arrollamientos, como en la cañería de aceite, se procedió a la puesta en marcha de los equipos y componentes del sistema.

Las pruebas en situ de todo el sistema comprendieron un tiempo aproximado de 30 días, en horas programadas de 18:00 a 22:00 p.m., tiempo en que la generadora se conectaba al sistema eléctrico de la provincia de El Oro.

El sistema de automatización estuvo comprendido por los siguientes equipos e instrumentos, tanto para los parámetros físicos como eléctricos:

- Sensor de temperatura de la marca Wika. Señal de 0 – 20 mA.

- Sensor de Presión de de la marca Wika. Señal de 0 -20 mA.
- Tarjeta DAQ de National Instruments. 8 entradas analógicas.
- Computador de mesa con sistema operativo Windows XP, 512 Mb. de memoria.
- Power Measurement (medidor de energía) de codificación 3120. Conexión en estrella.
- Software de Labview 7.1 para control de parámetros físicos.
- Software Ion Enterprise para supervisión de parámetros eléctricos.
- Conductores eléctricos para comunicación de sensores y equipos de control.
- Conectores y herrajes para montaje de los sensores.

Todos estos elementos descritos llevaban las señales a un solo punto de monitoreo que es el ordenador. Este se encargaba mediante dos software, de manipular los datos tanto eléctricos como físicos. Lo ideal sería ubicar un ordenador para cada software de control, debido a que Windows es un sistema operativo poco confiable en aplicaciones industriales, aunque su empleo queda justificado por los altos costos que generan la compra de un computador industrial.

3.3.2 Puesta en marcha del software para el monitoreo de los parámetros físicos.

Para el control de los parámetros físicos se ubicaron los sensores tanto de presión como de temperatura en los puntos de la máquina ya descritos con anterioridad. Debido a la falta de sensores de temperatura se tubo que alternarlo al mismo tanto para los arrollamientos como para el aceite; dividiéndose el periodo de tiempo para la toma de datos.

Al realizar el enlace de los dispositivos de campo con la tarjeta de adquisición y el ordenador se obtuvieron resultados satisfactorios, pues no se presentaron contratiempos algunos, específicamente en lo referente a la conexión y traslado de datos. Los márgenes de error fueron mínimos, comparados con los equipos de medición que posee la central. Además, los datos de temperatura de aceite fueron analizados en comparación con los datos del medidor infrarrojo para la temperatura que posee la central de generación.

La comunicación de los sensores con la tarjeta se la realizó por medio de conductores eléctricos de la designación 2/1, de calibre #18 AWG., en una distancia aproximada de 15 metros descartándose la caída de tensión, pues su función es el traslado de señales de corriente y no de voltaje.

Según estas especificaciones y con lo expuesto anteriormente para el montaje y ajuste de los sensores como de la tarjeta de adquisición, la arquitectura de conexión de los equipos y dispositivos de campo que fue utilizada en la central, se denota a continuación.

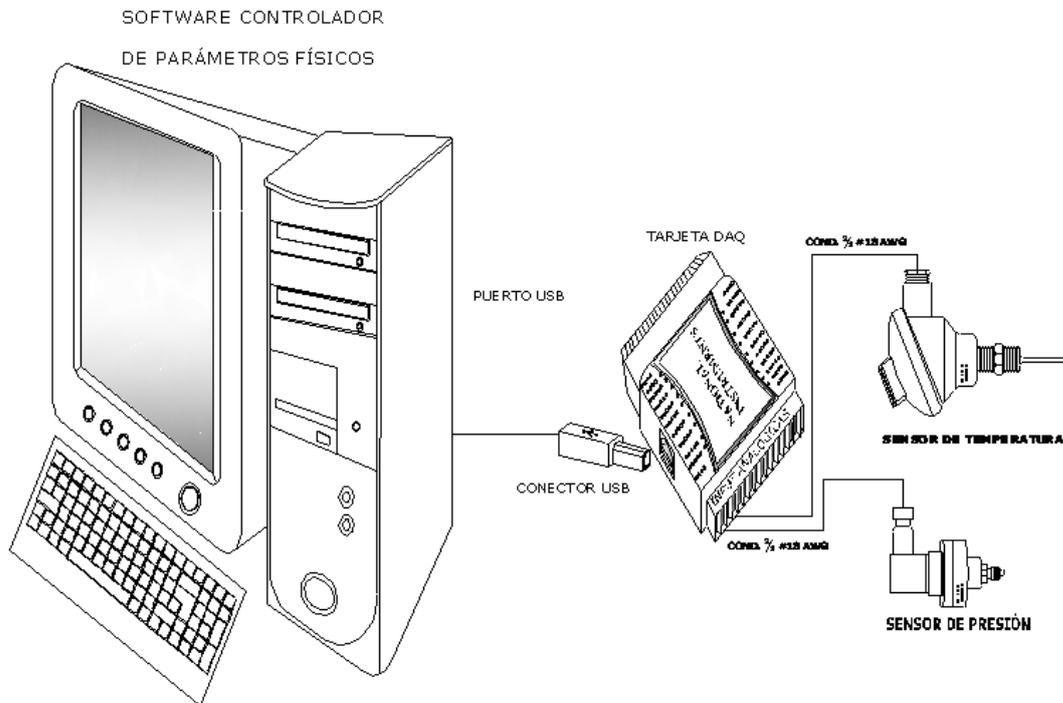


Fig. 3.14 Montaje del sistema de adquisición de datos.

Para operar el panel frontal del Labview, primeramente debemos de asegurarnos que el botón designado con la palabra marcha este de color verde, lo que nos indicará que el software está listo para arrancar. Cerciorándonos ponemos en funcionamiento el programa haciendo clic en la parte superior del panel en la opción Run continius, iniciándose:

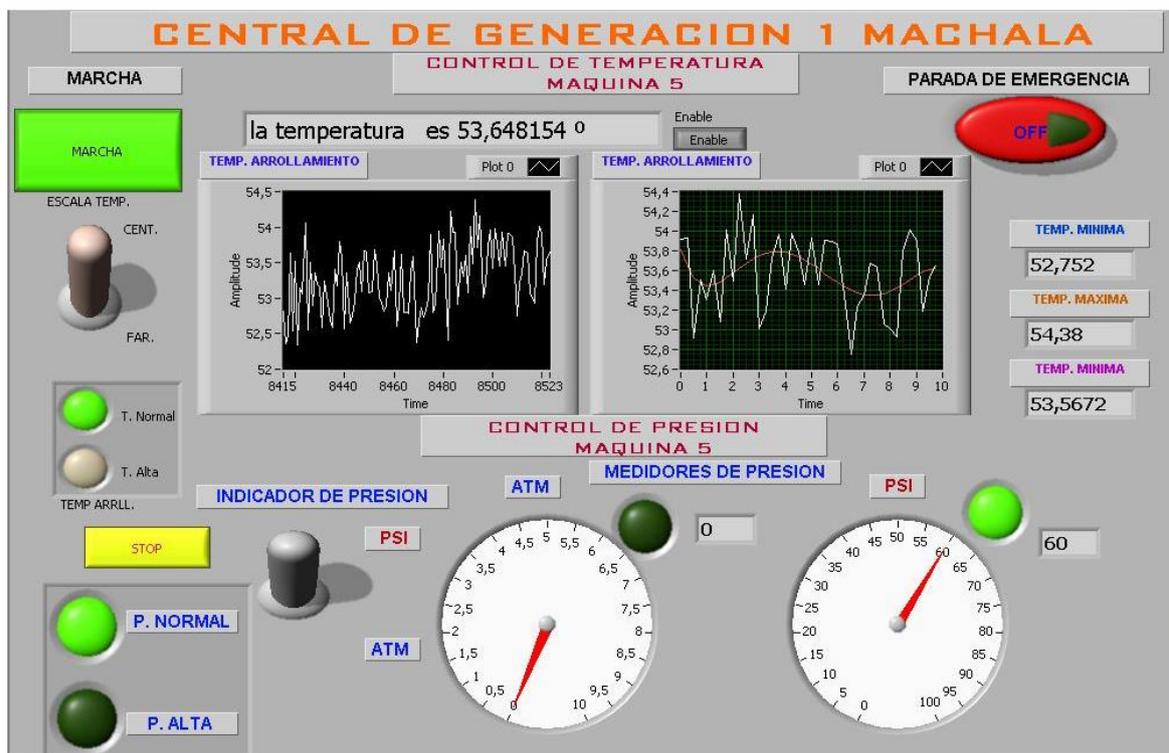


Fig. 3.15 Pantalla funcionando del sistema de monitoreo de parámetros físicos en LabVIEW.



Fig. 3.16 Vista del sistema total montado y funcionando

3.3.2 Puesta en marcha del software para el monitoreo de parámetros eléctricos.

3.3.2.1 Configuración para la comunicación del modulo Power Measurement LTD 3720 ACM con el Ordenador.

En el escritorio del computador se hace doble clic en la carpeta ION Enterprise Tools, luego doble clic en el acceso directo Management Console, para activar el programa colocamos el número cero (0) en el casillero de Password, luego damos un clic sobre el botón OK, para ingresar. Ver fig.3.17

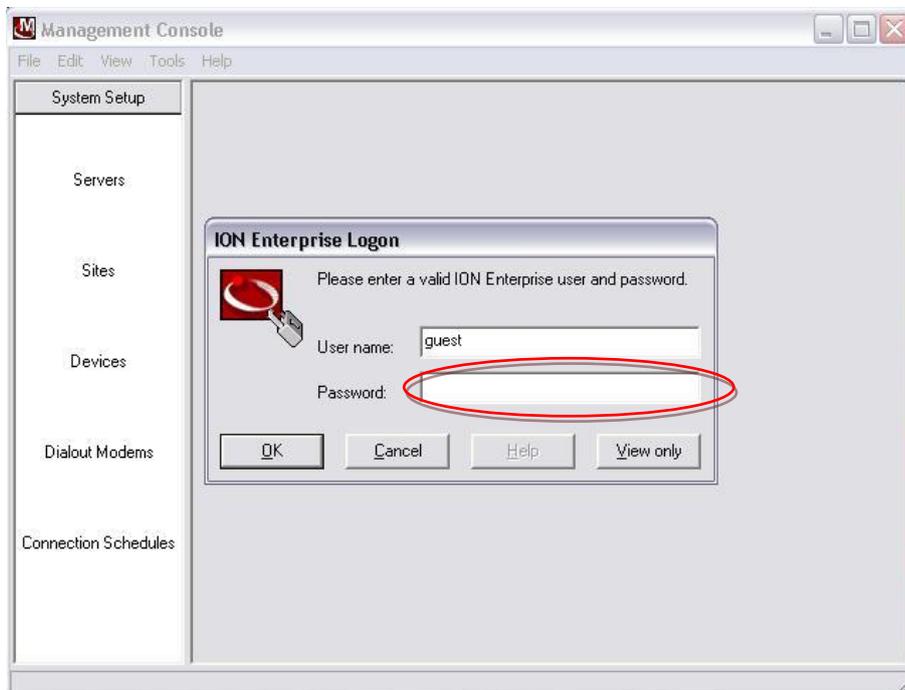


Fig.3.17 Ingreso al Management Console.

El programa Management Console consta de 5 opciones para la configuración de los datos con los que se van a trabajar. En la primera opción llamada *Servers* los datos vienen predeterminados por el fabricante.

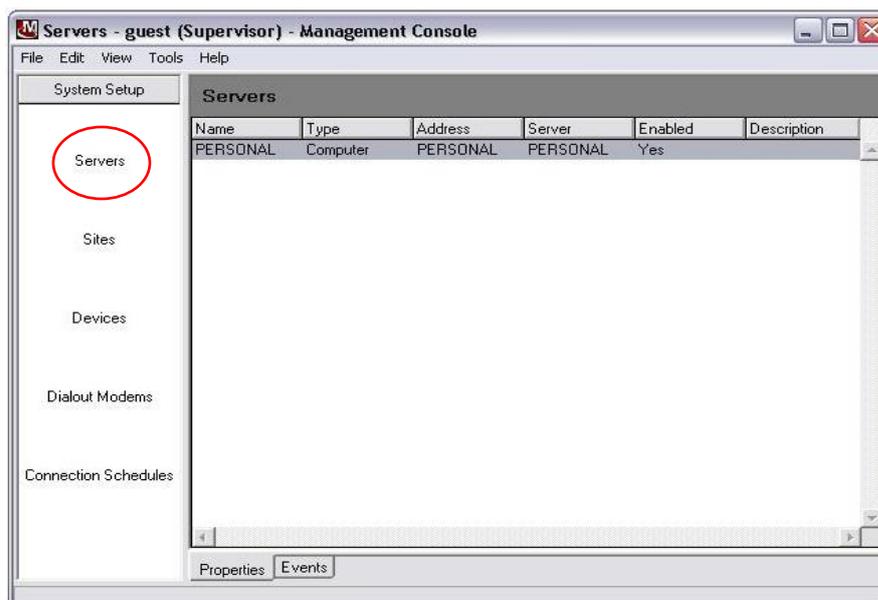


Fig.3.18 Configuración de servidores en el Management Console.

Hacemos un clic en la opción Sites (se refiere a la forma de comunicación del módulo) y nos aparece una ventana en blanco, realizamos un clic derecho dentro de la ventana Sites y aparece una ventana contextual con la palabra **New**, dentro de la cual se muestran tres opciones; Direct Site (comunicación directo del sitio), Modem Site (comunicación por un sitio modem) y Ethernet gateway site (comunicación por medio de una entrada Ethernet), en nuestro caso el módulo fue instalado directo en el sitio (direct site), una vez que hemos hecho clic en direct site aparece una ventana de propiedades de la forma de comunicación del **Power Measurement LTD 3720 ACM** como muestra la figura 3.19, una vez terminado de ubicar los datos hacemos un clic sobre el botón OK para guardar los datos ingresados.

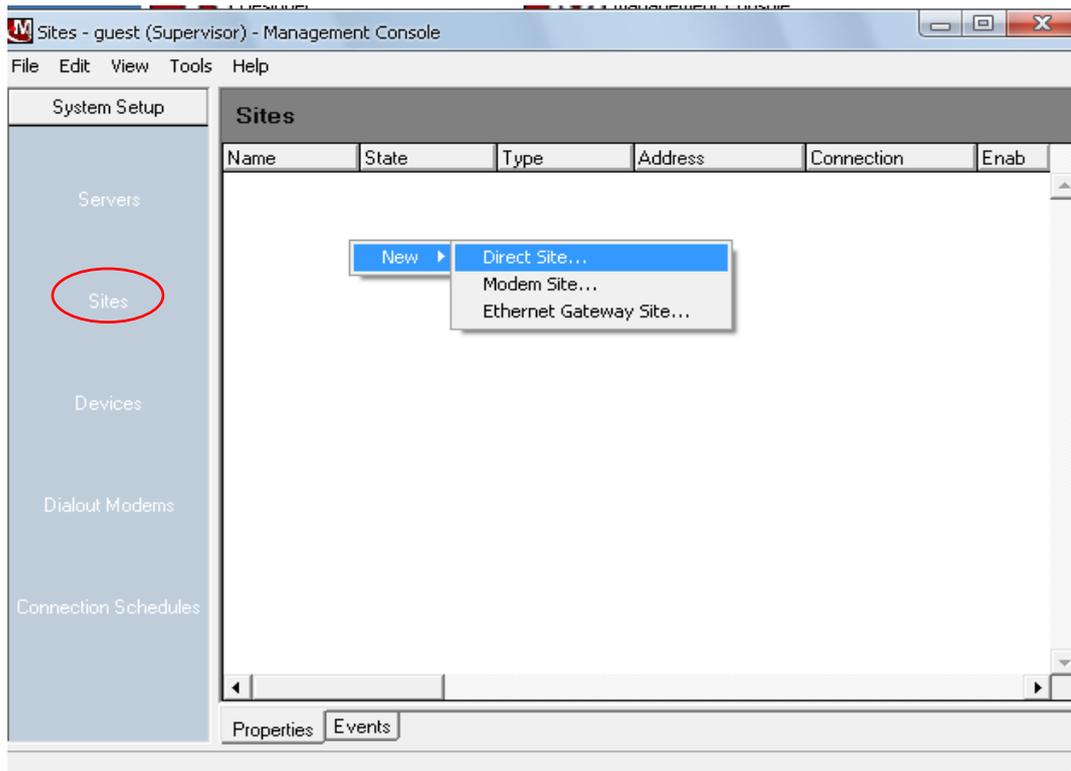


Fig. 3.19 Management Console. Click en servers, los datos están configurados en el software

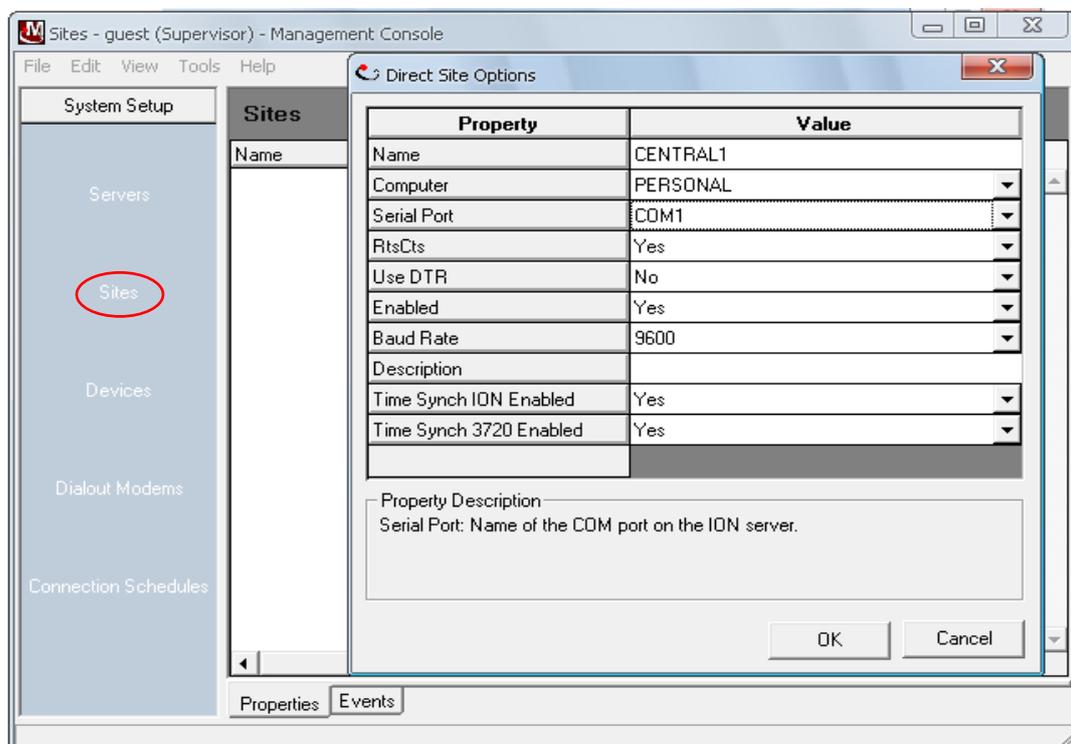


Fig.20 Ventana de propiedades del Management Console.

Hacemos un clic en la opción Devices donde aparece vacío, pulsamos un clic derecho dentro de la ventana Devices y aparece una ventana contextual en la cual está la opción New dentro de la cual escogemos la opción Serial Device Options donde colocamos los valores a cada propiedad para ser utilizado el módulo de datos **Power Measurement LTD 3720 ACM**, luego pulsamos un click sobre el botón OK para guardar los datos ingresados.

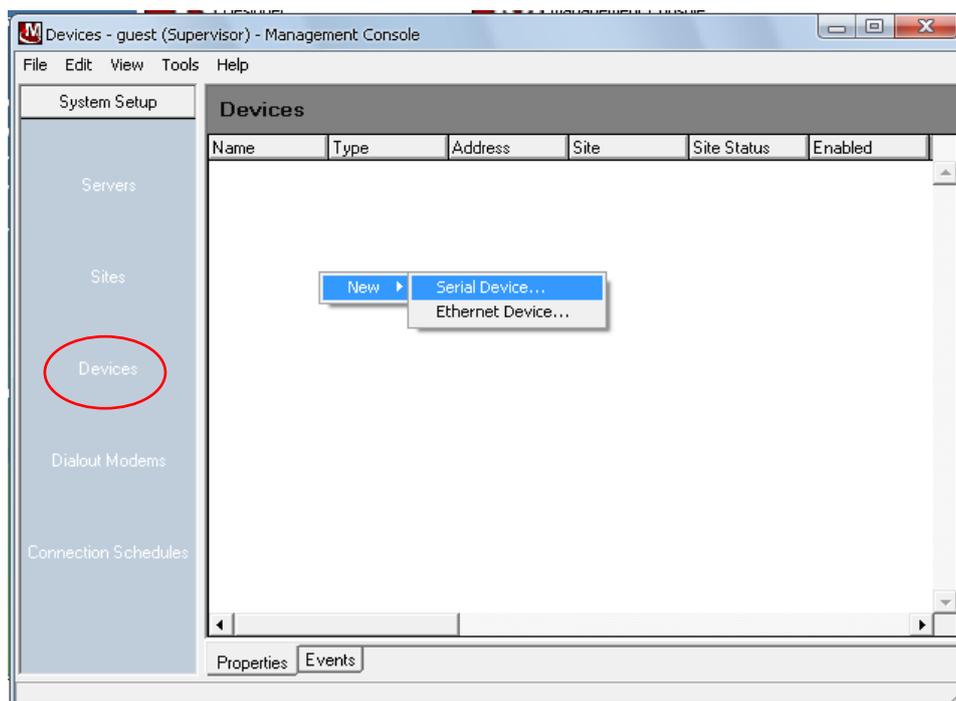


Fig 3.21 Opción de Devices (Instrumentos) configuración del puerto serial de comunicación.

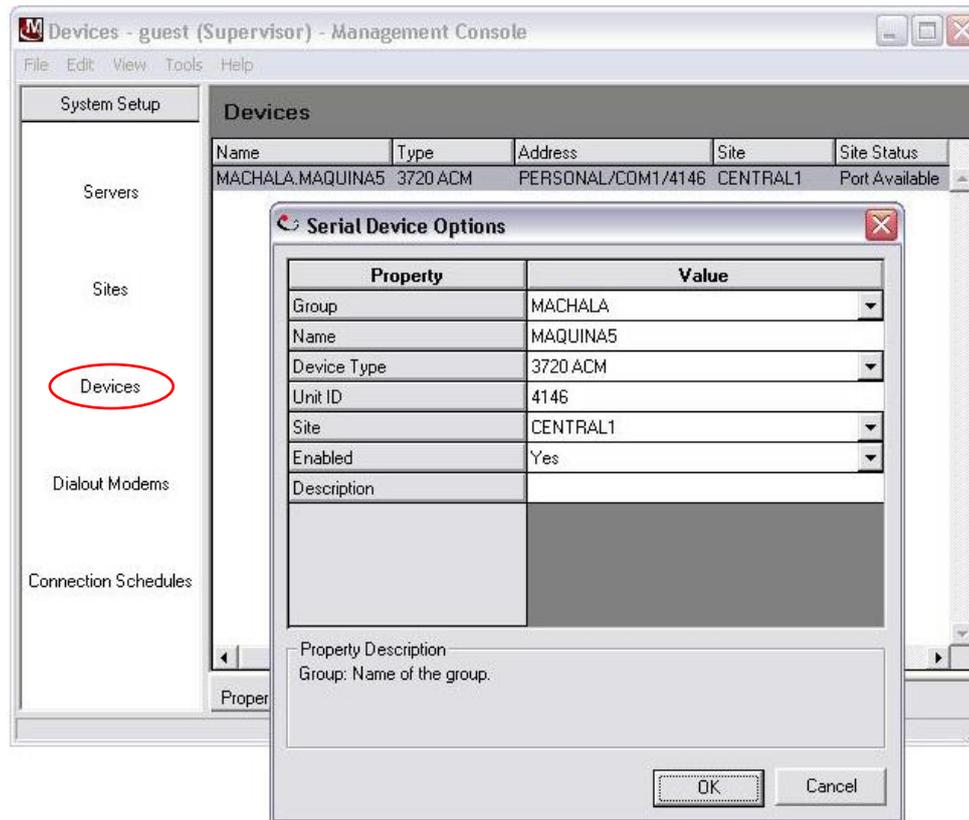


Fig 3.22 Ventana de propiedades de la opción de Devices.

Una vez finalizada la configuración del software Management Console, cerramos la ventana de configuración haciendo un clic en la opción File y luego en la opción exit.

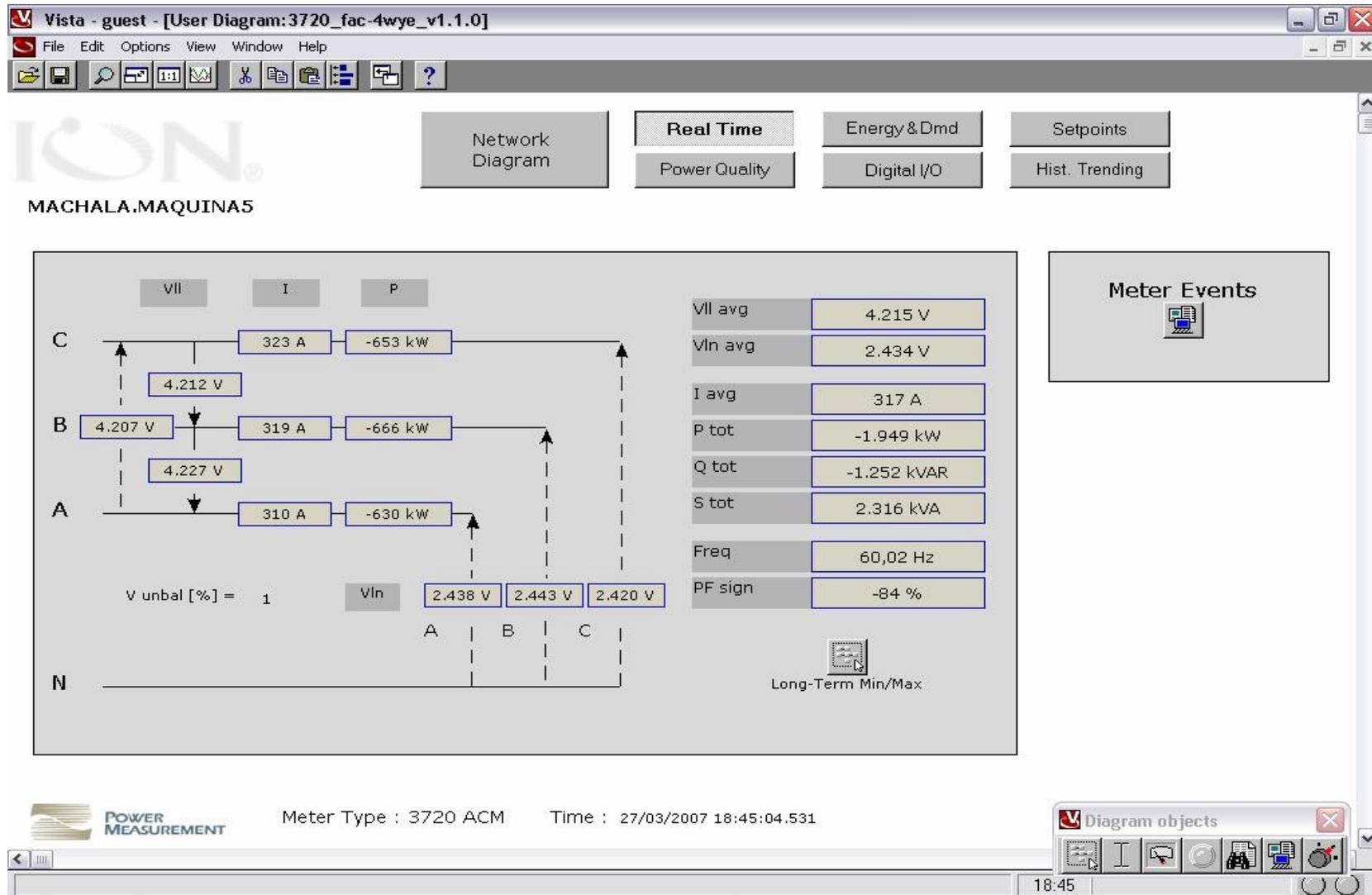


Fig 3.23 Vista general ION Enterprise para comunicarse con el Power Measurement LTD 3720 ACM

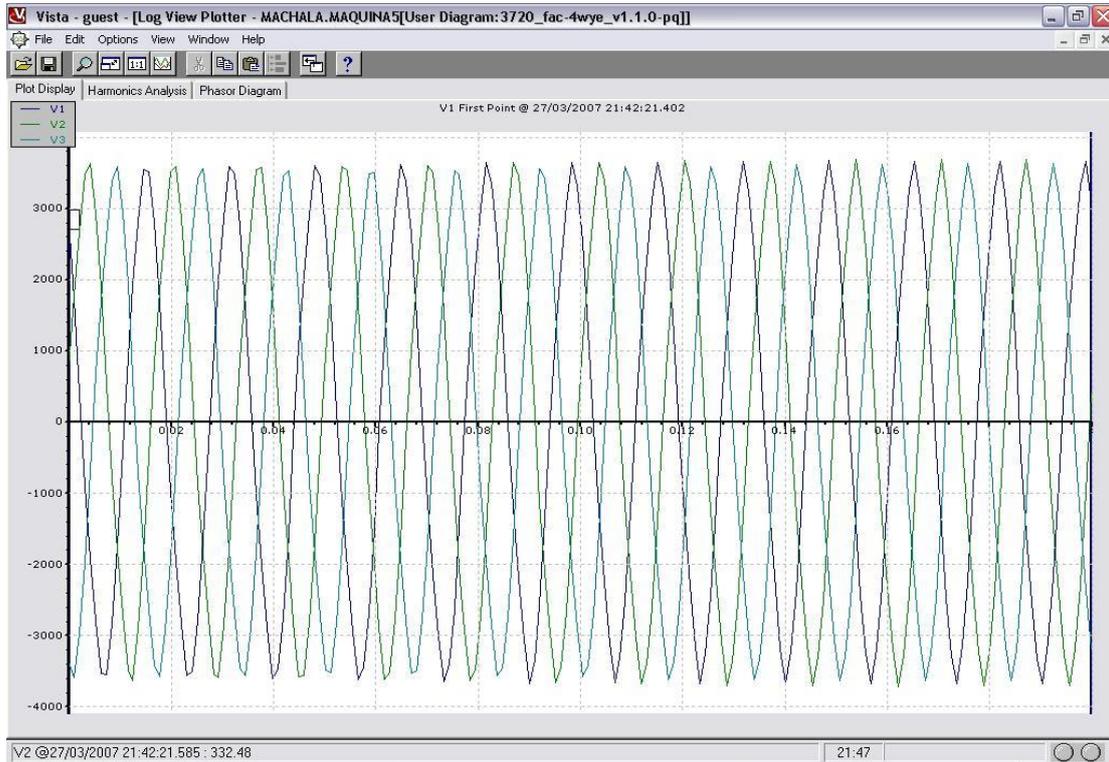


Fig 3.24 Capturas de formas de onda de voltajes en fases del generador.

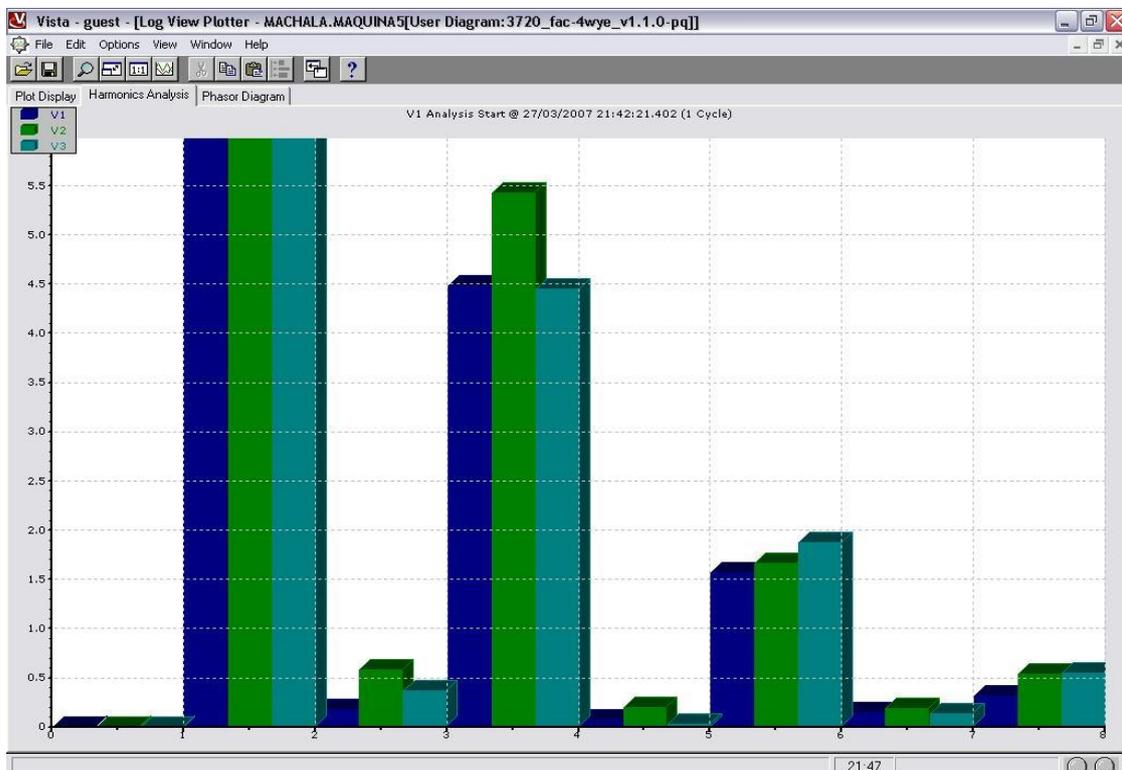


Fig 3.25 Identificación de armónicas en voltajes de las fases del generador.

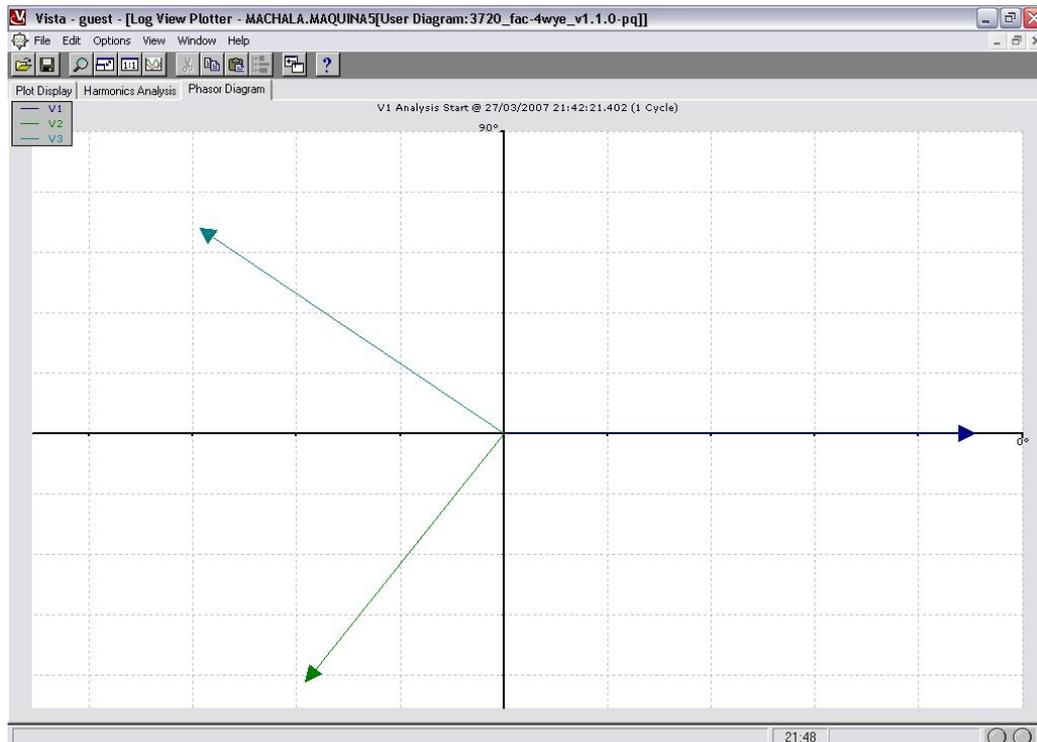


Fig 3.26 Diagrama fasorial de voltajes en las 3 fases del generador.

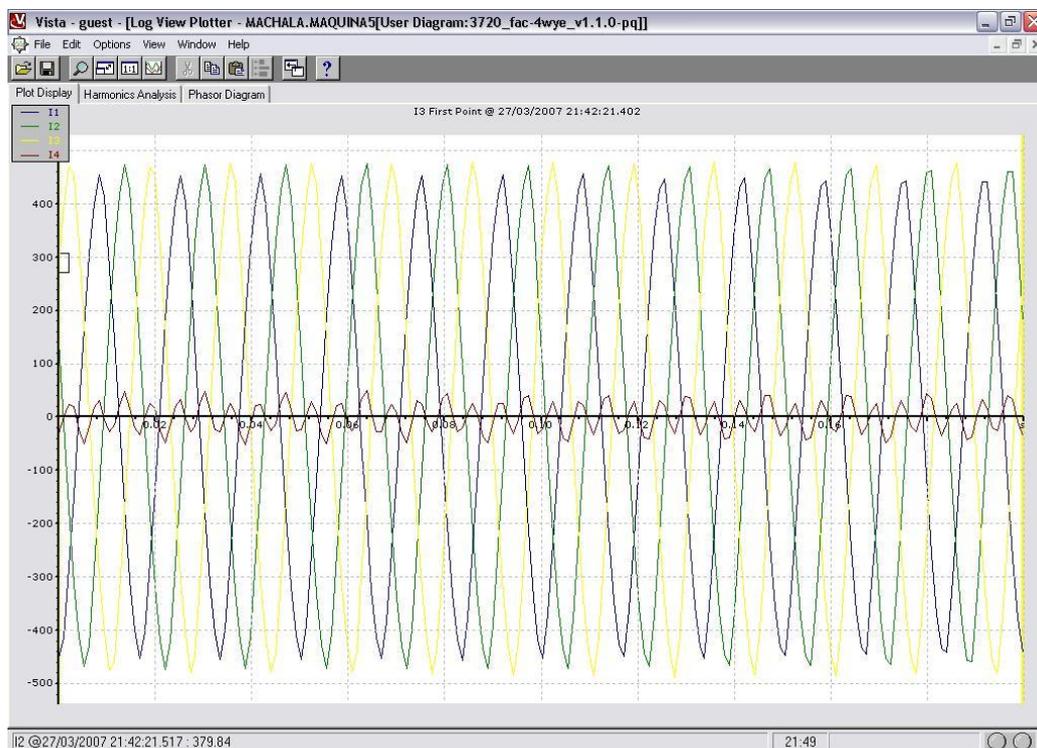


Fig 3.27 Captura de formas de onda de intensidades de línea del generador y el neutro.

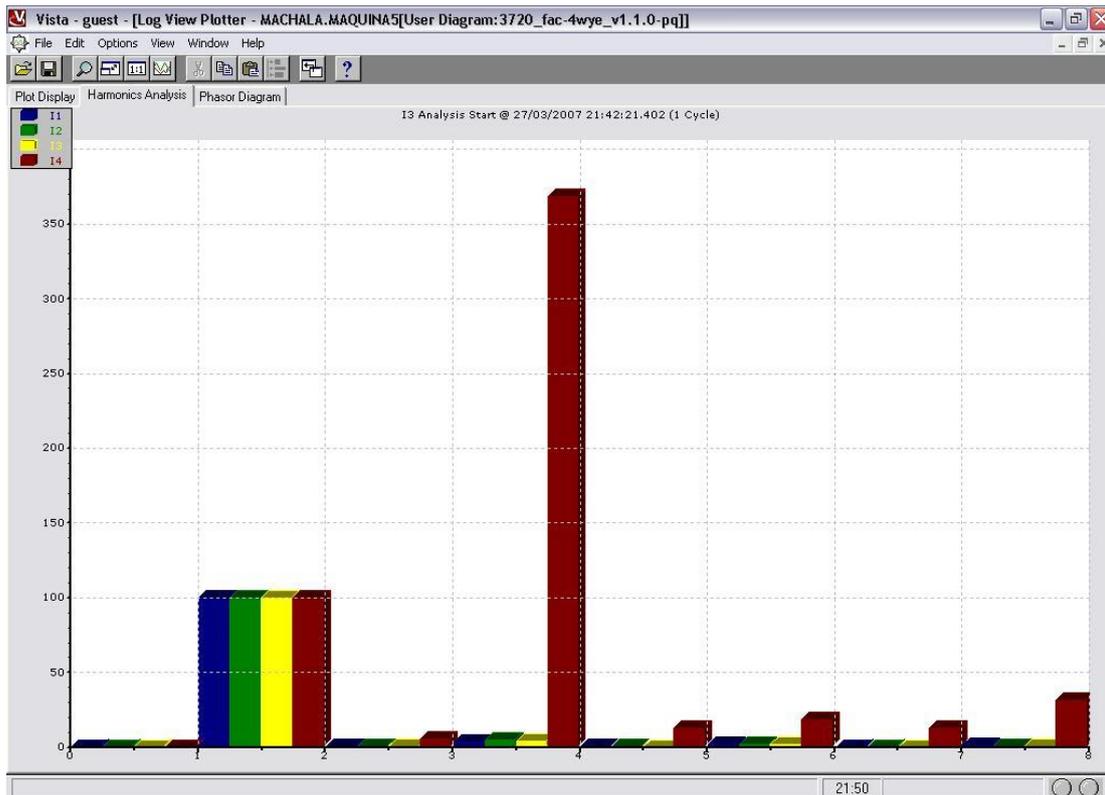


Fig 3.28 Identificación de armónicas de intensidades de línea del generador y el neutro.

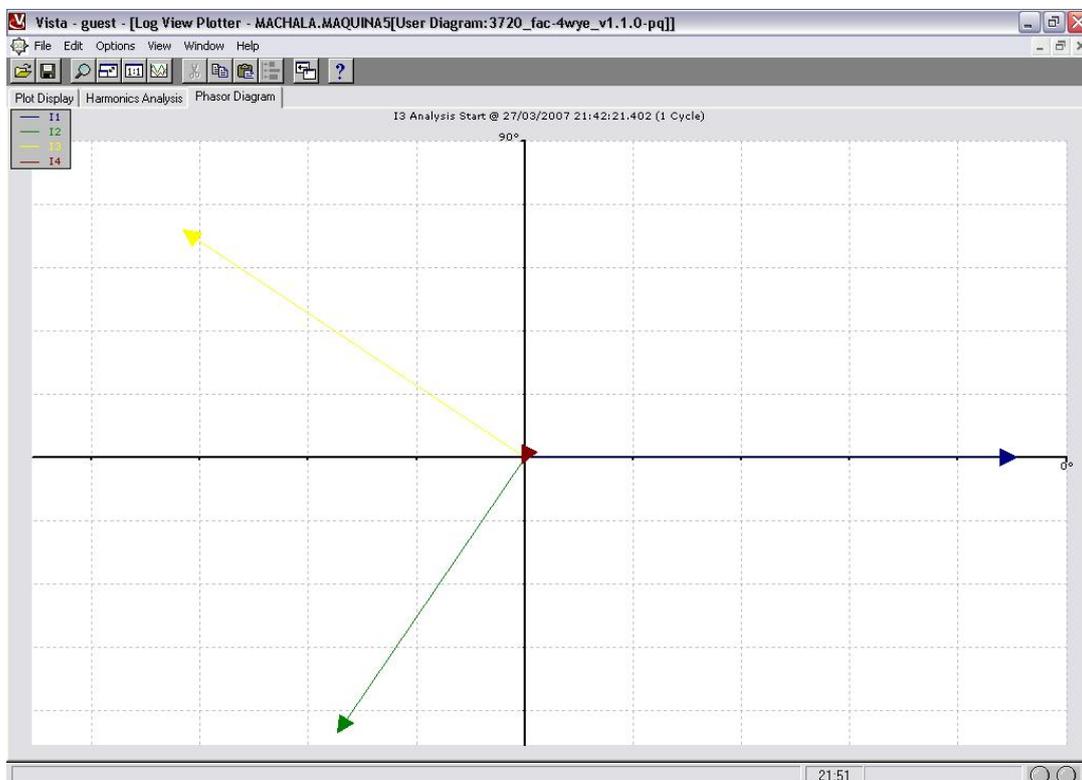


Fig 3.29 Diagrama fasorial de intensidades de línea en las 3 fases del generador y neutro.

3.3.2.2 EL PUERTO SERIE RS-232

El puerto serie **RS-232** es el que se emplea en las computadoras, PC, módems, conmutadores e impresoras y tiene sus inicios en los años 60 por la EIA (Electronics Industries Association de los EE.UU), este fue creado para ofrecer una conexión entre aparatos que requieren comunicación de Datos.

Durante los últimos 30 años que este estándar ha estado en uso, los equipos han evolucionado tremendamente, pero la norma inicial RS-232 ha cambiado muy poco y los pocos que se han producido han sido debidos a la interpretación propia de algunos fabricantes.

Los ordenadores se conectan con cualquier equipo periférico, a través de sus puertos paralelo o serie, o los más recientes como el USB (Universal Serial Bus, el cual deja desbancados a los otros con 12 Mb/s), pero en éste caso solo analizaremos el puerto serie RS-232 por ser un estándar impuesto en todos los equipos informáticos.

En un ordenador puede haber varios puertos series, a los que normalmente se les denomina COM 1, COM 2, COM 3 (muchas veces los puertos serie a partir del COM 2 se denominan puertos virtuales o son debidos a ampliaciones de los puertos por tarjetas controladoras del tipo PCI), etcétera, por defecto el COM 1 suele pertenecer al ratón, aunque también es posible encontrarle en el COM 2.

El tener un puerto serie estándar internacionalmente, permite que distintos fabricantes produzcan aparatos que utilizando esa norma se interconectan entre sí, aumentando así las posibles aplicaciones y la posibilidad de conectividad entre equipos.

Para realizar una conexión en serie de datos ó información, se requiere como mínimo un cable de dos alambres, una conexión del tipo full-duplex como la de telefonía.

Si se quiere tener una comunicación bidireccional por un par de hilos y esta consiste en una serie de bits de información, se requieren otras terminales que indiquen al interface cuál de los aparatos interconectados transmite y cuál recibe, que tipo de información es, cuándo el aparato receptor esta listo para recibir, cuando el transmisor esta listo para transmitir, a que velocidad va ser la comunicación, etc., esto hace que el puerto serie tenga otras terminales que se usan para coordinar la comunicación entre los equipos.

Los equipos terminales de datos (conmutadores, PC, impresoras, etc), envían señales en 0's y 1's lógicos binarios, que el módem debe convertir a señales analógicas y enviarlas por la línea telefónica o canal de comunicación pero también es posible que se comuniquen siempre en digital.

Éste interface o puerto RS-232 trabaja entre +12 voltios y -12 voltios, de manera que un cero lógico es cuando la terminal esté entre +9 y +12 voltios, y un uno lógico cuando este entre -9 y -12 voltios de manera que un puerto serie que no esta transmitiendo, mantiene la terminal de transmisión en un 1 lógico es decir entre -9 y -12 volts.

El conector estándar RS-232 sea éste hembra ó macho, es el DB-25, aunque también se usa el DB-9.



Fig 3.30 Distintos tipos de conectores DB para comunicación serial RS-232

3.3.2 MUESTRA DE RESULTADOS de Captura de parámetros FÍSICOS.

Como se mencionó anteriormente para la comprobación del funcionamiento de los dispositivos y softwares y la toma de los resultados en la central, se empleó un tiempo aproximado de 15 días. Los mismos que sirvieron para tener una evaluación más precisa de los parámetros tanto eléctricos como físicos que fueron motivo de análisis en este proyecto. A excepción de la temperatura de los arrollamientos, estos fueron comprobados en cada instancia con los datos recogidos por el operador en los tableros de control, produciéndose una pequeña diferencia en los mismos.

3.3.2.1 Parámetros Físicos.

Presión.

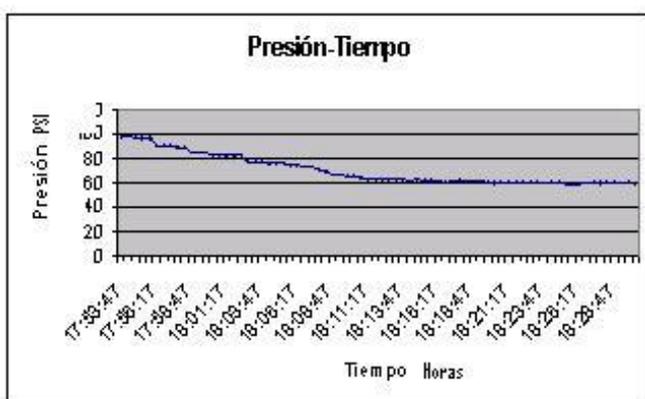


Fig 3.31 Muestra 1 de presión de aceite

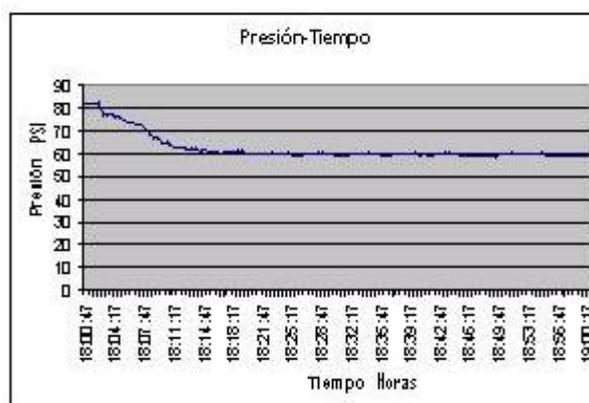


Fig 3.32 Muestra 2 de presión de aceite

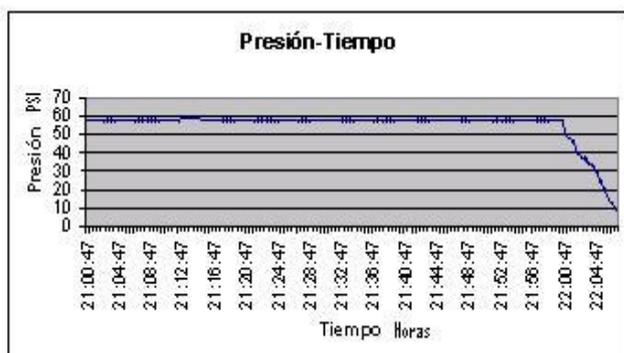


Fig 3.33 Muestra 3 de presión de aceite

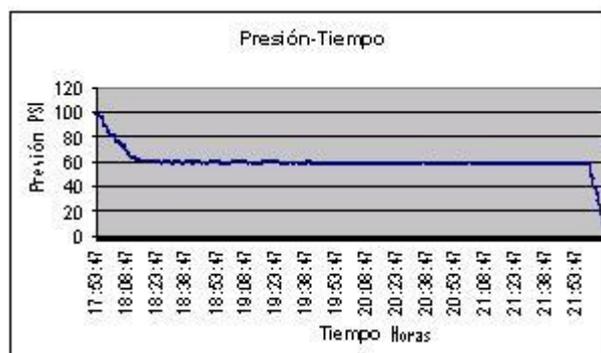


Fig 3.34 Muestra 4 de presión de aceite

Temperatura:

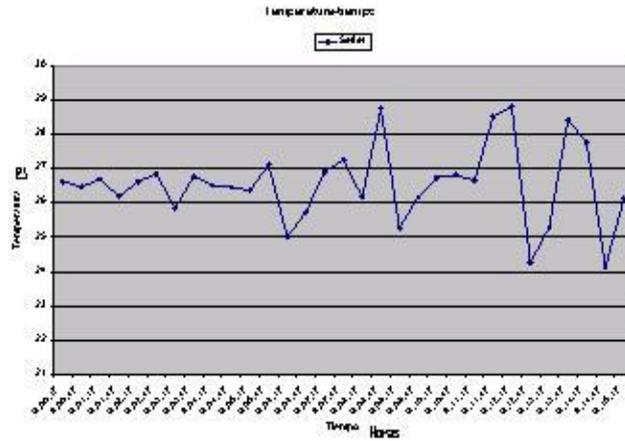


Fig. 3.35 Muestra 1 de temperatura en estator

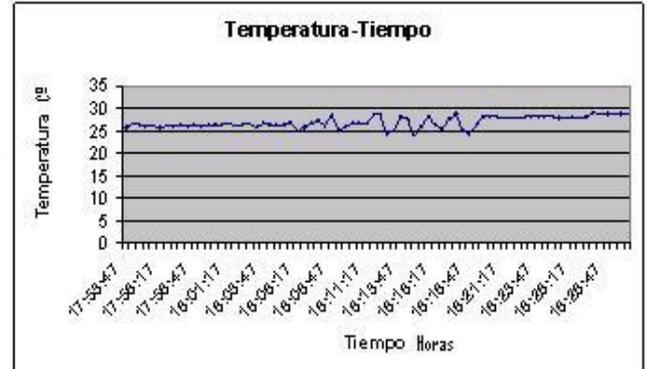


Fig. 3.36 Muestra 2 de temperatura estator

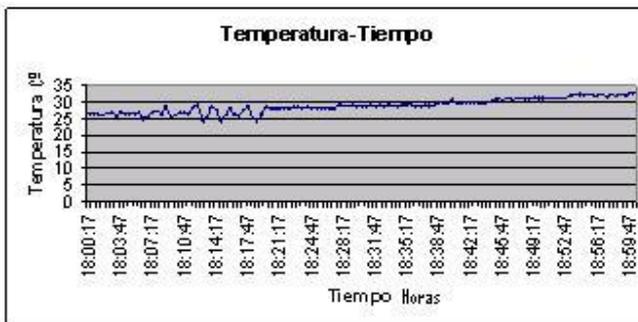


Fig. 3.37 Muestra 3 de temperatura en estator

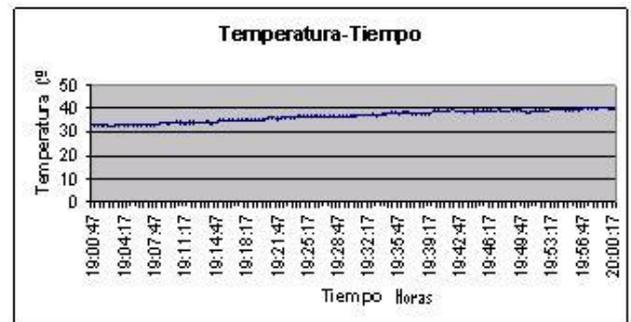


Fig. 3.38 Muestra 4 de temperatura en estator

4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

El estudio de la valoración económica de la ejecución de este proyecto de automatización se la desarrolla dentro de dos aspectos.

4.1 ASPECTO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA.

En este aspecto se toman en cuenta costo de materiales y equipos, mas no el costo por ingeniería y mano de obra calificada por cuanto no es un proyecto de índole particular sino académico.

Ítem	DESCRIPCION	CANT	P. UNIT	P. TOTAL
1	Software LabVIEW Edición Estudiantil	1	0	0
2	Termo-resistencia (RTD) ALL TEMP 3"	1	130	130
3	Cabezal de aluminio ALL TEMP	1	50	50
4	Transmisor de temperatura WIKA 4-20mA	1	180	180
5	Computador Pentium III	1	400	400
6	Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB – 6008	1	235	235
7	Trasmisor de presión WIKA 4-20 mA	1	280	280
8	3710 ACM POWER MEASUREMENTS	1	2500	2500
9	Fuentes de poder, cables, accesorios etc.	1	70	70
10	Indirectos	1	100	100
TOTAL				3945 USD

4.2 ASPECTO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA MACHALA.

En es te aspecto se analiza el efecto que tiene implantar este sistema de automatización y control. El implantar este sistema en la Central Termoeléctrica Machala, y estando ya en uso influye en ahorros económicos por conceptos de:

- Aprovechamiento y control de la energía eléctrica generada.
- Mejoras en el mantenimiento.
- Eficiencia en la gestión y flujo de información generado.
- Oportuna prevención y detección de averías.

Para que se pueda realizar una valoración económica de los aspectos antes señalados es necesario de algún tiempo del sistema ya trabajando del sistema para poder hacer las evaluaciones correspondientes ya que la incidencia depende de la experiencia positiva que

sea adquirida durante la explotación del sistema. Por esta razón estas no se evalúan en la valoración económica presente.

4.3 IMPACTO AMBIENTAL

Este proyecto no producirá ningún impacto negativo al medio ambiente por la razón de que en ningún momento se realiza operaciones que incidan considerablemente sobre este. Al contrario este proyecto ayuda grandemente a incrementar la cultura tecnológica que fomenta una mejor preparación al personal de operación, esto de forma que labore de una forma más eficiente ya que cuenta con la información para actuar sobre situaciones anormales que puedan atentar primero contra el ser humano, el medio ambiente y la planta.

La implementación de este proyecto ayudará a la protección del ecosistema ya que propone operaciones automáticas que anulan fuertemente operaciones inadecuadas que pueden atentar contra el medio ambiente.

CONCLUSIONES:

En conclusión, al finalizar este proyecto, podemos darnos cuenta que la Central de Generación 1 Machala necesita urgentemente implementar este sistema de monitoreo y control de parámetros eléctricos y físicos.

Siendo lo primordial realizar lo siguientes:

- Un levantamiento del sistema termo-generador de la planta, para percatarse del mal uso del mismo que es causado por las deficientes condiciones en las que se encuentra operando, puesto que no cuenta con un sistema de control y medición adecuado de sus principales parámetros físicos como son presión de aceite y temperatura del estator.
- Utilizando programas de configuración ION ENTERPRISE, el software LabVIEW y opciones que se requieren para configurar la automatización y control de sistemas termo-generadores.
- Configurándose el sistema de monitoreo en LabVIEW, con herramientas y funciones que cubren las necesidades del personal de operación de la central.
- Probar y demostrar el perfecto funcionamiento del sistema en LabVIEW en el computador.
- Finalmente probar el sistema de supervisión y control ION ENTERPRISE en forma real con sus respectivos dispositivos, utilizando una arquitectura básica para efectos de probar y demostrar que el supervisor funciona y se comunica con los dispositivos de campo correctamente de acuerdo al presente proyecto.
- Concluyendo que, a más de realizar este proyecto en la Central de Generación 1 “Machala”, se ha notado de manera directa los beneficios del mismo ya que no solo

se genera ahorro en la parte operativa y mantenimiento sino también en la colectividad orense y gubernamental por lo que es primordial la ejecución de este proyecto .

RECOMENDACIONES:

- Hacer realidad la ejecución de esta proyecto piloto en las demás centrales termoeléctricas del país, que servirá de mucho ahorro por efectos de bajar costos de operación y mantenimiento para las empresas generadoras y facilitar el proceso de producción.
- Emplear métodos estadísticos y económicos para la evaluación y control de la energía, en este sistema en la central.
- Crear planes de mantenimiento programado, real y post-operativo.
- Estudiar la influencia en el trabajo sostenido del sistema en la central en los gastos de operación, mantenimiento, gestión, etc.
- Incrementar la capacitación del personal de operación y mantenimiento en las bondades que brindan estas técnicas modernas de manera que puedan ser utilizadas al máximo, o a su vez la contratación de profesionales especializados en el tema.
- Continuar el trabajo de ejecución de proyectos encaminados a la modernización de industrias de las provincias del país a través de la automatización.
- Y de manera especial a EMELORO S.A. que aperturen la posibilidad de ejecutar verdaderos proyectos que genera beneficios directos a la colectividad orense.

BIBLIOGRAFÍA.

- Proyectos de automatización. Primera parte. F. Herrera Fernández. Edit. Pueblo Nuevo 1990.
- PEREZ, Manual de Automatización, Editorial Mir, México 1980.
- GENERAL MOTOR, manual de instalación y mantenimiento.
- POWER MEASUREMENT, 3710 ACM Manual de instalación y funcionamiento.
- POWER MEASUREMENT, 3300 ACM Manual de instalación y funcionamiento.
- POWER MEASUREMENT, manual Ion enterprise.
- Estadística del sector eléctrico ecuatoriano 2004
- www.voltimum.es/cm.jsp
- www.ni.com/academic
- www.powerrichsystem.com
- www.abb.com/mediumvoltaje
- www.omega.com
- www.controles.com
- www.ni.com/patents
- www.pml.com

SOFTWARE EMPLEADOS.

- LabVIEW Student Edition Version 7.1.
- ION ENTERPRISE

ANEXOS

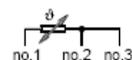
Specifications	Model T19			
Input	Pt 100 DIN IEC 751 2- or 3-lead		thermocouples DIN IEC 584	
possible measuring ranges, configurable	measuring ranges small from -50 °C up to +200 °C	measuring ranges large from -50 °C up to +400 °C	measuring ranges for HVAC from -30 °C up to +120 °C	type T, J, K, S dependent upon type of thermocouple, see last page from -100 °C up to +1500 °C
selection of measuring range	via solder bridges			
standard measuring ranges	see last page			
special measuring ranges	on request (special measuring ranges cannot be reconfigured)			
adjustment range				
zero potentiometer (Z)	approx. ± 10 °C	approx. ± 25 °C	approx. ± 30 °C	approx. ± 40 °C
span potentiometer (SP)	approx. 10 %			
sensor current	approx. 0.8 mA		—	
cold junction compensation	—		yes	
input connection leads				
effect	± 0.2 K / 10 Ω ¹⁾		± 0.2 K / 10 Ω	
permissible load resistance	30 Ω each lead, 3-lead symmetric		500 Ω total resistance	
Analogue output	4 ... 20 mA 2 wire design			
linearisation	proportional to temperature per DIN IEC 751		proportional to voltage	
measuring deviation per DIN IEC 770	± 0.5 % ²⁾			
linearity error	± 0.1 % ³⁾			
amplification error	—		± 0.1 %	
temperature coefficient T_C	zero span	± 0.1 % / 10 K _{Tamb} or ⁴⁾ ± 0.2 K / 10 K _{Tamb}	± 0.1 % / 10 K _{Tamb} or ⁴⁾ ± 25 µV / 10 K _{Tamb}	
error effect of cold junction compensation	—		at T_{amb} -20 ... +60 °C ± 1.0 K at T_{amb} -40 ... +85 °C ± 2.0 K	
rising time t_{90}	< 1 ms			
switch-on delay, electric	< 10 ms			
signalling with sensor burnout	down scale, < 3 mA ⁵⁾		up scale, > 23.5 mA	
with sensor short circuit	down scale, < 3 mA ⁶⁾		—	
load R_A	$R_A \leq (U_B - 10 V) / 0.02 A$ with R_A in Ω and U_B in V			
load effect	± 0.05 % / 100 Ω			
power supply effect	± 0.025 % / V			
Power supply U_B	DC 10 ... 30 V by 4 ... 20 mA-loop			
input power supply protection	reverse polarity			
Electromagnetic compatibility (EMC)	CE - Conformity per EN 50 082-2 (March 95)			
Special features				
ambient and storage temperature	-40 ... +85 °C			
climate class	Cx (-40 ... +85 °C, 5 % up to 95 % relative humidity) DIN EN 60654-1			
maximum permissible humidity	95 % relative humidity, noncondensing DIN IEC 68-2-30 Var. 2			
vibration	10 ... 2000 Hz 5 g DIN IEC 68-2-6			
shock	DIN IEC 68-2-27 $g_N = 15$			
Case	head mounting design			
material	polyamide, glass fibre reinforced			
ingress protection case	IP 40 IEC 529 / EN 60 529			
terminal con.	IP 00 IEC 529 / EN 60 529			
cross section of terminal connectors	0.14 ... 1.5 mm ²			
weight	approx. 0.03 kg			
dimensions	see drawings			

Specifications in % refer to the measuring span

R_A load
 T_{amb} ambient temperature
 T_C temperature coefficient
 U_B loop power supply voltage, see power supply

- 1) for Pt 100 in 3-lead connection, for Pt 100 in 2-lead connection lead resistance counts fully towards error
- 2) with factory configured measuring range, value is valid at ambient temperature 23 °C ± 5 K
- 3) ± 0.15 % with measuring range 0 ... 50 °C, 0 ... 300 °C, 0 ... 350 °C
- 4) whichever is greater
- 5) up scale, in case only lead no. 1 open
- 6) temperature value, in case of short between leads no. 2 and no. 3 (operation of Pt 100 in 2-lead connection)

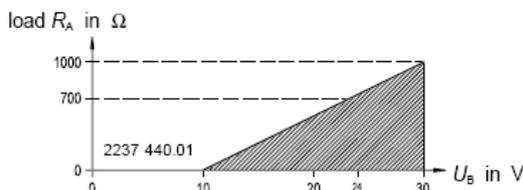
legend of lead number:



1375 890

Load diagram

The permissible load is dependent upon the loop power supply voltage.



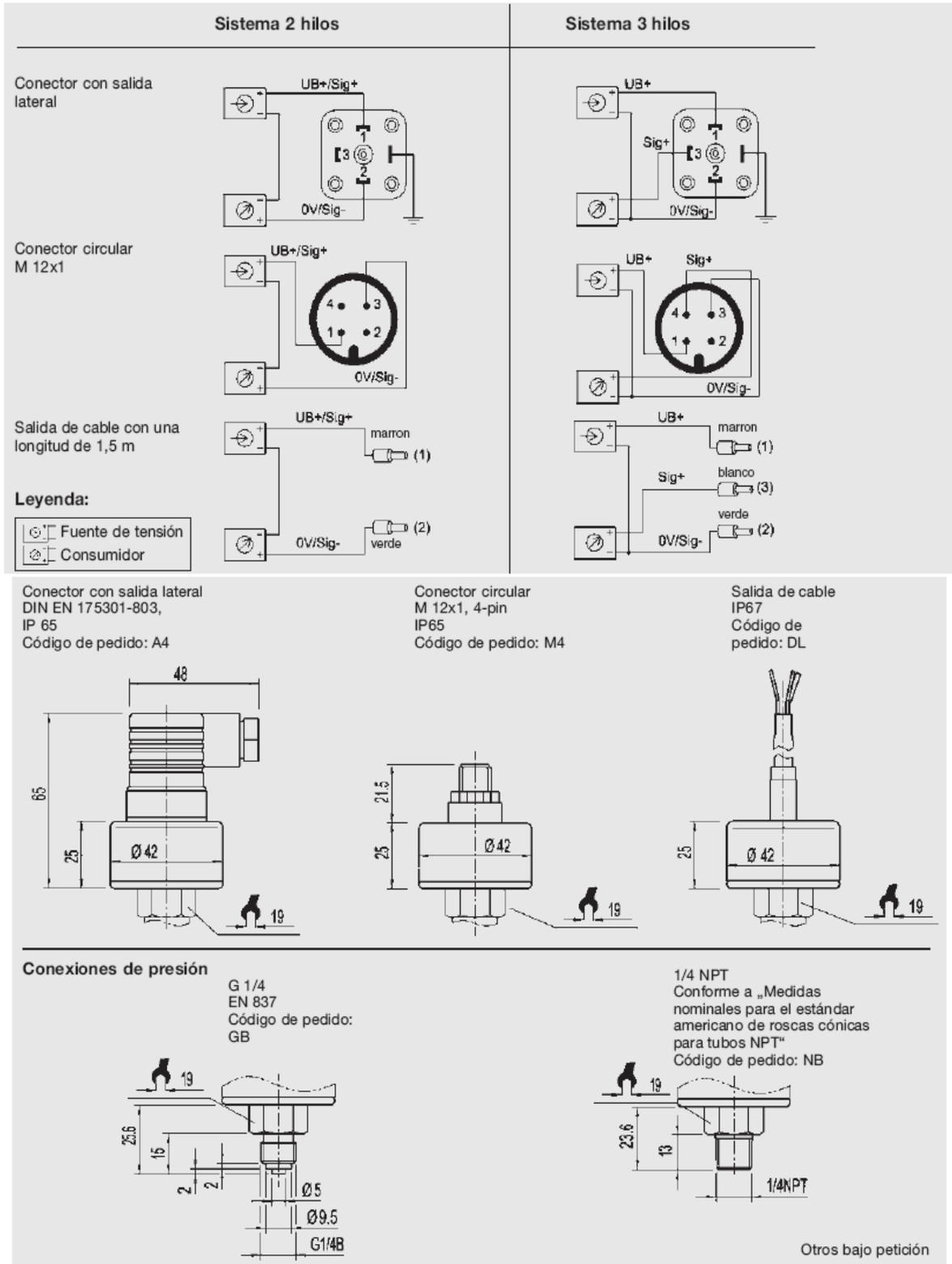
Datos técnicos		Model ECO-1							
Rango de medición	bar	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25
Límite de sobrecarga	bar	5	10	10	17	35	35	80	50
Presión de rotura	bar	6	12	12	20,5	42	42	96	80
Rango de medición	bar	40	60	100	160	250	400	600	1000
Límite de sobrecarga	bar	80	120	200	320	500	800	1200	1500
Presión de rotura	bar	200	300	500	800	1250	1300	1800	3000
		{Presión absoluta: 0 ... 1 bar abs hasta 0 ... 16 bar abs}							
Material									
■ Piezas en contacto con el medio		Acero inoxidable							
■ Carcasa		Acero inoxidable							
Líquido interno de transmisión		Aceite sintético solamente para rangos hasta 16 bar {Halocarbono para versiones de oxígeno} *)							
Energía auxiliar U_B	DC V	$10 < U_B \leq 30$ (14 ... 30 con señal de salida 0 ... 10 V, 1 ... 6 V)							
Señal de salida y		4 ... 20 mA, 2- hilos $R_A \leq (U_B - 10 V) / 0.02 A$ con R_A en Ohm y U_B en Volt							
Carga máxima admisible R_A		0 ... 10 V, 3- hilos $R_A > 10 kOhm$							
		1 ... 5 V, 3- hilos $R_A > 5 kOhm$							
		1 ... 6 V, 3- hilos $R_A > 6 kOhm$							
Tiempo de respuesta (10 ... 90 %)	ms	≤ 5 (≤ 10 ms con temperatura del medio < -30 °C para rangos hasta 16 bar)							
Precisión **)	% del span	≤ 1.0 (ajuste del punto límite)							
	% del span	≤ 0.5 (BFSL)							
Reproducibilidad	% del span	≤ 0.1							
Estabilidad al año	% del span	≤ 0.3 (con condiciones de referencia)							
Temperatura permisible									
■ Medio	°C	-40 ... +100°C				-40 ... +212°F			
■ Ambiente	°C	-30 ... + 80°C				-22 ... +176°F			
■ Almacenamiento	°C	-30 ... +100°C				-22 ... +212°F			
Rango de temperatura compensado	°C	0 ... + 80°C				32 ... + 176°F			
Coefficientes de temperatura en el rango de temperatura compensado									
■ CT medio del punto cero	% del span	$\leq 0.4 / 10 K$							
■ CT medio del span	% del span	$\leq 0.3 / 10 K$							
CE- Indicativo		89/336/EWG emisión perturbaciones y resistencia a interferencias ver EN 61 326 97/23/EG Directiva para aparatos de presión							
Protección eléctrica		Protección contra polaridad inversa, el exceso de tensión y los cortocircuitos							
Clase de protección		IEC 60 529 / EN 60 529, ver página 3							
Peso	kg	Aprox. 0.15							

*) Temperatura del medio para versión oxígeno : -30 ... +60 °C (-22 ... 140 °F).

**) Incluyendo linealidad, histéresis y repetibilidad.

Ajuste del punto límite en posición vertical con la conexión a proceso hacia abajo.

{ } Los datos entre corchetes { } son extras opcionales con un precio adicional.



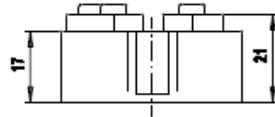


Montaje del sensor de temperatura en los arrollamientos de la máquina (vista lateral)
(Puede observarse, los arrollamientos, el sensor y la platina sujeta a la carcasa)

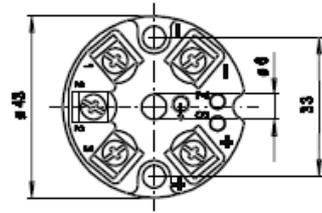


Montaje del sensor de temperatura en los arrollamientos del generador (vista superior)

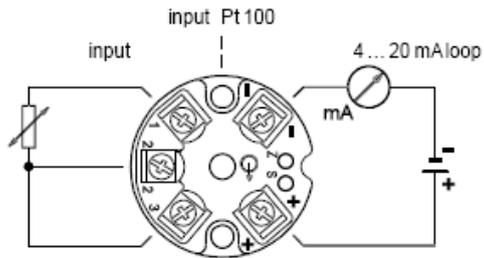
Dimensions in mm



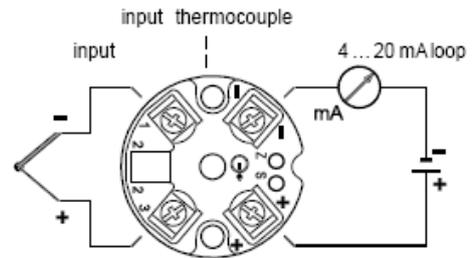
2226 120.02



Designation of terminal connectors



2225 352.01



Montaje del sensor de presión en la cañería de entrada al manómetro (Puede observarse la T con los dos reductores acoplados a la cañería de cobre de 1/8").



Montaje del sensor de presión en la cañería de entrada al manómetro
(Puede observarse la entrada del manómetro, conformada por la tubería de mayor sección).