

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

### MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

**Tema:**

---

“SISTEMA DE MONITOREO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS”

---

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister  
en Automatización y Sistemas de Control

**Autor:** Ing. Gandy Larco Montenegro

**Director:** Ing. Santiago Manzano, Mg.

Ambato - Ecuador

2019

**A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.**

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Ing. Elsa Pilar Urrutia, Mg, e integrado por los señores Ingeniero Carlos Diego Gordon Gallegos PhD., Ingeniero Franklin Wilfrido Salazar Logroño Mg., e Ingeniero Patricio German Encalada Ruiz Mg. designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “SISTEMA DE MONITOREO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Gandy Jonnathan Larco Montenegro para optar por el Grado Académico de Magister en Automatización y Sistemas de Control; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



---

Ing. Elsa Pilar Urrutia, Mg.

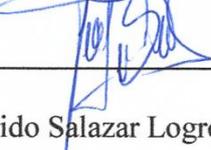
**Presidente de Tribunal**



---

Ing. Carlos Diego Gordon Gallegos PhD

**Miembro de Tribunal**



---

Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño Mg.

**Miembro de Tribunal**



---

Ing. Patricio German Encalada Ruiz Mg.

**Miembro de Tribunal**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “Sistema de Monitoreo de Grupos Electrónicos”, le corresponde exclusivamente al señor Ingeniero Gandy Jonnathan Larco Montenegro, autor bajo la Dirección del Magister Santiago Manzano, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

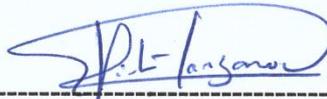


---

Ing. Gandy Larco Montenegro

c.c. 172298733-4

**AUTOR**



---

Ing. Santiago Manzano, Mg

C.C. 1803364627

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



---

Ing. Gandy Larco Montenegro

C.C. 172298733-4

## AGRADECIMIENTO

*Quiero agradecer de manera muy especial a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento en mi carrera académica, por haber estado conmigo y no permitir que desista, por haberme dado todas las oportunidades que tengo para salir adelante, por confiar y seguir confiando en mí.*

*A mis padres, por darme todo su amor y su apoyo incondicional, haciendo nacer en mí corazón el deseo de esforzarme cada día más.*

*Finalmente a todos las personas que hicieron posible confinar este proyecto entre ellos Don Gustavo Buriticá, Presidente de Gustalac S.A. al tutor de esta tesis el ingeniero Santiago Manzano, Mg, y a todos los amigos que hice durante este proyecto, Muchas Gracias.*

*Gandý Larco M*

## DEDICATORIA

*El presente proyecto de tesis está dedicado de manera muy especial a mis padres, quienes con su apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera me han motivado a seguir adelante y no rendirme ante ningún obstáculo que se me presentó.*

*Mi familia son las personas más importantes para mí, quienes con su ejemplo de vida y perseverancia, guiaron mi camino con valores y principios que estarán presentes hasta el final de mis días, ellos han sido, son y serán, la razón por la que siempre estaré agradecido con la vida.*

*Además dedico este proyecto a mi esposa Estefanía Moreno Quiñonez por saber comprenderme en el transcurso de estos dos años de estudio y por su valiosa ayuda e insistencia en cada momento que ha sido necesaria.*

*Gandy Larco M.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TULACÍO .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
1. CAPÍTULO I.....	4
1.1. Tema de investigación .....	4
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.2.1. Contextualización .....	4
1.2.2. Árbol del problema .....	6
1.2.3. Análisis crítico.....	6
1.2.4. Prognosis .....	7
1.2.5. Formulación del problema .....	7
1.2.6. Preguntas directrices .....	7
1.2.7. Delimitación del problema .....	8
1.3. Justificación.....	8
1.4. Objetivos .....	9
1.4.1. Objetivo general.....	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II.....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes investigativos .....	10
2.2. Fundamentación filosófica .....	11
2.3. Fundamentación Legal .....	12
2.4. Categorías fundamentales.....	13
2.4.1. Categoría de la variable Independiente. ....	13
2.4.2. Variables Físicas Grupos Electrógenos .....	13
2.4.3. Adquisición de datos. ....	14
2.4.4. Análisis de datos .....	14

2.4.5.	Categoría de la variable dependiente .....	14
2.4.6.	Sistema de visualización y Almacenamiento de Datos .....	14
2.4.7.	Acondiciona-miento de señal.....	15
2.4.8.	Datos Almacenados .....	15
2.5.	Hipótesis .....	16
2.6.	Señalamiento de variables de la hipótesis .....	16
3.	CAPITULO III.....	17
3.1.	Enfoque de la Investigación.....	17
3.2.	Modalidad de la Investigación .....	17
3.2.1.	Investigación Bibliográfica .....	17
3.2.2.	Investigación de Campo .....	17
3.3.	Nivel o Tipo de Investigación .....	17
3.4.	Población y Muestra.....	18
3.4.1.	Población .....	18
3.4.2.	Muestra.....	18
3.5.	Operacionalización de variables.....	19
3.6.	Recolección de información .....	21
3.7.	Procesamiento y análisis .....	21
4.	CAPITULO IV.....	22
4.1.	Recursos Institucionales.....	22
4.2.	Recursos Humanos .....	22
4.3.	Recursos Materiales. ....	22
5.	CAPITULO V.....	23
5.1.	Conclusiones .....	23
5.2.	Recomendaciones.....	23
6.	CAPITULO VI.....	25
6.1.	Datos Informativos .....	25
6.1.1.	Titulo .....	25
6.1.2.	Institución Ejecutora.....	25
6.1.3.	Beneficiarios.....	25
6.1.4.	Ubicación .....	25
6.1.5.	Equipo Técnico Responsable.....	25
6.2.	Antecedentes de la propuesta.....	26
6.3.	Justificación.....	28
6.4.	Objetivos de la propuesta .....	29
6.4.1.	Objetivo general.....	29

6.4.2.	Objetivos específicos.....	29
6.5.	Análisis de factibilidad .....	29
6.5.1.	Factibilidad operativa.....	29
6.5.2.	Factibilidad técnica .....	29
6.5.3.	Factibilidad económica .....	31
6.5.4.	Proyección a futuro.....	31
6.6.	Fundamentación científico – técnica .....	32
6.6.1.	Instrumentación Industrial.....	32
6.6.2.	Adquisición de datos .....	32
6.6.3.	Almacenamiento de datos .....	32
6.7.	Definiciones Generales.....	34
6.8.	Metodología de la Propuesta.....	36
6.8.1.	Arquitectura de la Propuesta.....	36
6.8.2.	Sistema de adquisición de datos.....	37
6.8.3.	Metodología Adquisición de Datos .....	38
6.8.4.	Adquisición de datos .....	52
6.8.5.	Medio de comunicación OPC Server .....	56
6.8.6.	Implementación de la interfaz gráfica HMI. ....	56
6.8.7.	Generación del Archivo Log de datos .....	63
6.8.8.	Recuperación de Datos.....	66
6.8.9.	Resultados experimentales .....	67
6.8.10.	Demostración de la hipótesis .....	69
6.8.11.	Conclusiones y recomendaciones .....	75
	REFERENCIAS.....	77
	Anexos .....	80
	Anexo 1 OPC server NI.....	81
	Anexo 2. Diagramas de Conexión.....	84
	Anexo 3. Código PLC S7-1200 Adquisición de variables Físicas .....	88
	Anexo 4. Diseño electrónico DAQ.....	90
	Anexo 5. Pruebas Experimentales.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Arquitectura del Sistema de Visualización y Almacenamiento de datos GE .....	5
<b>Figura 1.2</b> Árbol del Problema.....	6
<b>Figura 2.1</b> Variables dependientes e independientes de las categorías fundamentales .....	13
<b>Figura 6.1:</b> Panel frontal del sistema de monitoreo del GE YAMAHA EDL13000TE .....	27
<b>Figura 6.2:</b> Estructura del sistema de instrumentación del GE YAMAHA EDL13000TE .....	27
<b>Figura 6.3</b> Pirámide de Automatización .....	30
<b>Figura 6.4:</b> Representación Gráfica de Precisión y Exactitud .....	35
<b>Figura 6.5:</b> Arquitectura de la Propuesta .....	36
<b>Figura 6.6:</b> Metodología para la resolución del problema de investigación.....	38
<b>Figura 6.7</b> Ciclo de adquisición, monitoreo y almacenamiento de datos del GE	38
<b>Figura 6.8:</b> Curva Característica Bar vs Ohmios sensor de presión .....	39
<b>Figura 6.9:</b> Acondicionamiento de Señal sensor de presión.....	41
<b>Figura 6.10:</b> Curva de Relación Sensor de Presión Voltios vs Bares.....	42
<b>Figura 6.11</b> Acondicionamiento de señal del sensor NTC.....	44
<b>Figura 6.12:</b> Curva de Respuesta del termistor NTC.....	44
<b>Figura 6.13:</b> Curva de relación Voltaje vs Temperatura.....	45
<b>Figura 6.14</b> Acondicionador de Voltaje de corriente Alterna a Voltaje de corriente Continua .....	46
<b>Figura 6.15</b> Rangos de operación de los sensores SCT .....	48
<b>Figura 6.16</b> Acondicionador señal de Corriente de Carga proveniente del GE...	49
<b>Figura 6.17:</b> Acondicionador de señal de Onda para medir la señal de frecuencia de operación del GE .....	51
<b>Figura 6.18</b> Características de los autómatas Siemens .....	53
<b>Figura 6.19</b> Algoritmo adquisición de datos PLC S7-1200 .....	55
<b>Figura 6.20</b> Diagrama de Flujo del proceso de almacenamiento de datos.....	58
<b>Figura 6.21</b> HMI monitoreo y Registro de Datos GE .....	60

<b>Figura 6.22</b> Pestaña de Visualizan en forma gráfica de la señales físicas del GE .....	61
<b>Figura 6.23</b> Cuadro de Dialogo para establecer los parámetros de operación del GE .....	61
<b>Figura 6.24</b> Verificación de alarmas de las variables físicas del GE .....	62
<b>Figura 6.25</b> Tabla de alarmas del GE.....	62
<b>Figura 6.26</b> Algoritmo generación del log de datos del GE.....	64
<b>Figura 6.27</b> Codificación para la generación del directorio del log de datos.....	65
<b>Figura 6.28</b> Codificación y Archivo para el almacenamiento de log de Datos ...	65
<b>Figura 6.29</b> Interfaz para recuperar el log de datos.....	66
<b>Figura 6.30</b> Carga del archivo Log a la interfaz visual del HMI .....	67
<b>Figura 6.31:</b> Señal de voltaje de estabilización en el arranque del GE.....	67
<b>Figura 6.32:</b> Señal de frecuencia en el arranque del GE.....	68
<b>Figura 6.33</b> Curva de arranque de la presión de aceite .....	68
<b>Figura 6.34</b> Estructura pruebas del funcionamiento del sistema Data logger.....	70
<b>Figura 6.35</b> Análisis Gráfico del comportamiento de las curvas de voltaje L1-L2 .....	72
<b>Figura 6.36</b> Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3.....	73
<b>Figura 6.37</b> Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3.....	73
<b>Figura 6.38</b> Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3.....	74
<b>Figura 6.39</b> Comportamiento de las curvas del GE en comportamiento de corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3. ....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1: Variable Independiente:</b> Sistema de Monitoreo. ....	19
<b>Tabla 3.2: Variable dependiente:</b> Calibración de parámetros de operación del grupo electrógeno.....	20
<b>Tabla 6.1:</b> Características del sensor de presión de aceite .....	39
<b>Tabla 6.2</b> Relación Ohmios Bares sensor de Presión.....	40
<b>Tabla 6.3</b> Relación Ohmios vs Bares sensor de Temperatura.....	43
<b>Tabla 6.4</b> Relación de entrada de corriente a salida de corriente .....	48
<b>Tabla 6.5</b> Optoacopladores comerciales.....	50
<b>Tabla 6.6</b> Datos Almacenados por el data logger y el quipo Cir e3.....	71

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL**

**TEMA:**

SISTEMA DE MONITOREO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

**AUTOR:** ING. GANDY LARCO MONTENEGRO

**DIRECTOR:** ING. SANTIAGO MANZANO, Mg.

**FECHA:** Junio, 2019

**RESUMEN EJECUTIVO**

La generación de energía eléctrica es esencial en el empleo de procesos industriales. Los grupos electrógenos (GE) tienen la finalidad de proveer flujo permanente de energía en lugares y momentos en los cuales se suspenda o corte el suministro de energía de la red pública.

Bajo las necesidades del campo industrial aparece el concepto de generación distribuida, este concepto hace referencia a utilizar grupos electrógenos de baja y media potencia para dar energía eléctrica de manera no centralizada.

En la actualidad en Ecuador existen varios sistemas de generación de energía eléctrica no centralizados (grupos electrógenos), los mismos que carecen de sistemas de monitoreo y visualización de datos provenientes de las variables físicas como: temperatura, corriente de carga, voltaje de generación, presión etc. Por la razón expuesta se dificulta las tareas de calibración, mantenimiento, detección de fallas durante el funcionamiento del grupo electrógeno.

En la actualidad los sistemas de adquisición y monitoreo de datos son herramientas utilizadas en el campo industrial. El propósito de los sistemas de monitoreo de datos es visualizar la información generada por variables físicas de los equipos en tiempo real.

El presente trabajo implementa un sistema compuesto por hardware y software que adquiere, visualiza y almacena información proveniente de las variables físicas de un GE. Las variables físicas generadas por el grupo electrógeno son: voltaje de generación, corriente de carga, temperatura de cilindros, presión de aceite, temperatura del refrigerante y frecuencia de red eléctrica.

En la parte de hardware se utiliza un sistema industrial conocido como PLC que adquiere las señales físicas acondicionadas previamente a niveles de voltaje comprendidos entre 0 voltios a +/-10 voltios, la visualización de las variables adquiridas por el PLC son mostradas en una interfaz hombre maquina HMI implementado bajo la herramienta Labview. El almacenamiento de los datos generados se lo realiza en el disco duro del ordenador en el que está instalado el HMI.

**Descriptores:** Grupos Electrógenos, Adquisición de Datos, Monitoreo de Datos, Almacenamiento de datos, Voltaje de Generación, Corriente de carga, Frecuencia de red, Tiempo real, Microcontrolador, HMI.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL /DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL**

**THEME: SYSTEM OF MONITORING OF GENERATOR SETS**

**AUTHOR:** ING. GANDY LARCO MONTENEGRO

**DIRECTED BY:**Ing. SANTIAGO MANZANO, Mg.

**DATE:** June 2019

**EXECUTIVE SUMMARY**

The generation of electrical energy is essential in industrial processes. The generator sets (GE) have the purpose of providing permanent power in places and moments in which the power supply of the public network is suspended or cutter off.

Under the needs of the industrial field appears the concept of distributed generation, this concept refers to use generator sets from low and medium potency to provide electrical energy in a non-centralized manner.

Currently in Ecuador there are several non-centralized electric power generation systems (generator sets), which lack monitoring systems and visualization of data from physical variables such as temperature, charging current, generation voltage, pressure and others. For the exposed reason, the tasks of calibration, maintenance, fault detection during the operation of the generator set are difficult.

At present, data acquisition and monitoring systems are tools used in the industrial field. The purpose of the data monitoring systems is to visualize the information generated by physical variables of the equipment in real time.

The present research implements a system composed for hardware and software that acquires, visualizes and stores information from the physical variables of a GE. The physical variables generated by the generator set are: generation voltage,

charging current, cylinder temperature oil pressure, coolant temperature and frequency of electrical network.

In the hardware part was used PLC that acquires the physical signals previously conditioned at voltage levels between 0 volts to +/- volts, the visualization of the V variables acquired by the PLC are shown in HMI . The storage of the generated data is done in an hard drive in PC.

**Keywords:** Generating sets, Data Acquisition, Data Monitoring, Data storage, Generation voltage, Charging Current, Frequency of Electrical Network, Real time, Microcontroller, HMI.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de monitoreo sirven para visualizar variables o parámetros de algún proceso físico-químico. En la actualidad los sistemas de monitoreo recolectan y analizan información proveniente de variables tales como temperatura, humedad, presión, niveles de voltaje, entre otras.

En el presente trabajo se estudiará el proceso de generación de energía eléctrica no centralizada o también llamados Grupos Electrónicos (GE). Existen tres segmentos que intervienen en el proceso para generar energía eléctrica los mismos que se mencionan a continuación: generación, transmisión y distribución. El presente trabajo se centra en el segmento de generación de energía eléctrica (Fathima & Bharathi, 2017)

Existen diferentes tipos de sistemas de generación de energía eléctrica entre los que podemos mencionar: Generadores eólicos, Plantas solares, Plantas hidroeléctricas, Grupos electrónicos (Fathima & Bharathi, 2017)... El principio fundamental de los generadores de energía es entregar energía eléctrica cuando existen cortes en la red convencional.

Los grupos electrónicos son equipos motrices que convierten energía mecánica en energía eléctrica. Para conseguir la conversión de energía utilizan combustibles como el diesel, gasolina, gas natural... (Klempner & Kerszenbaum, 2018).

Los grupos electrónicos están formados por un motor primario y un generador eléctrico, los mismos que se acoplan mediante un eje mecánico. Los GE se complementan mediante tableros de operación, sistemas de control, sistemas de monitoreo, sistemas de protección, indicadores de frecuencia, indicadores de voltaje, indicadores de corriente, sistemas de transferencia (Klempner & Kerszenbaum, 2018), sistemas de comunicaciones de datos... entre otros (N Leite, Shiguo Hoji & Abdalla Junior, 2018).

Los GE basan su funcionamiento en la ley de Faraday, estableciendo que para generar una corriente eléctrica debe existir un movimiento entre el campo magnético y el conductor. Es así que los grupos electrónicos utilizan un campo

magnético para crear un movimiento de electrones y producir energía eléctrica (Klempner & Kerszenbaum, 2018).

Con los avances tecnológicos en la actualidad es posible disponer de una amplia gama de grupos electrógenos. Si la potencia es menor a 50 KW los generadores eléctricos son considerados de gama baja y su uso es en viviendas o pequeñas empresas, por otra parte los generadores superiores a 50 KW son empleados en industrias grandes pudiendo llegar a generar potencias de hasta 3 MW ("¿Cómo determinar las dimensiones del Generador eléctrico?", 2019)

En la mayoría de los casos los generadores operan en modo espera, es decir se realiza la transferencia de energía cuando se ha perdido el suministro de la red eléctrica pública. El dimensionamiento de potencia de los grupos electrógenos depende del tipo de carga y el uso que se espera darle al generador.

El análisis de carga del generador se lo realiza en base a los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentran conectados al generador, la potencia (W) depende de la carga a la que se aplique así para cargas resistivas la potencia se obtiene de multiplicar amperios (A) por voltios (V);  $W=(A*V)$ , para cargas reactivas se utiliza la operación amperios por voltio por factor de carga (FC),  $W=(A*V*FC)$

Es importante para LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. contar con un sistema de visualización y almacenamiento de datos provenientes de un GE. Si bien es cierto los generados modernos cuentan con módulos de visualización y adquisición de datos, pero estos módulos son muy costosos para implementarlos en la mayoría de generadores que están instalados desde hace un par de décadas. Además los datos que generan los módulos en mención son puntuales, es decir guardan solo alarmas por otra parte el análisis no se lo puede realizar en otros puntos y peor exportar los datos que guardan. Razón por la cual se plantea desarrollar un dispositivo que realice las tareas de monitoreo y almacenamiento de variables físicas generadas por el GE para un posterior uso de la información aplicadas a las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de los grupos electrógenos o para estimar el funcionamiento del GE.

El contenido del presente trabajo está estructurado en los siguientes capítulos.

**EN EL CAPÍTULO I** o “Problema”, se describe el problema que es objeto de investigación, conteniendo: Tema de investigación. El planteamiento del problema, justificación y objetivos, con sus correspondientes subtemas.

**EN EL CAPÍTULO II** o “Marco teórico”, Se encuentra estructurado por: Antecedentes Investigativos, Fundamentación Filosófica, Fundamentación Legal, Categorías Fundamentales, Formulación de Hipótesis y Señalamiento de Variables de la Hipótesis.

**EL CAPÍTULO III** o “Metodología” está conformado por Enfoque Investigativo, Modalidad Básica de la Investigación, Nivel o tipo de Investigación, Población y Muestra, Operacionalización de Variables, Técnicas e Instrumentos, Plan de Recolección de Información y Plan de Procesamiento de la Información.

**EN EL CAPÍTULO IV** o “Marco Administrativo” en este capítulo se muestra los recursos disponibles para la ejecución del proyecto Recursos Institucionales, Recursos Humanos y los Recursos físicos son enlistados.

**EN EL CAPÍTULO V** o “Conclusiones y Recomendaciones” las conclusiones y recomendaciones son en base a la investigación de problema planteado.

**EN EL CAPÍTULO VI** o “La Propuesta”, Se realiza la descripción, del sistema implementado, se describe algoritmos y técnicas empeladas para realizar la adquisición, almacenamiento y procesamiento de datos generados por el grupo electrógeno, finalizando con conclusiones del sistema propuesto

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema de investigación

“SISTEMA DE MONITOREO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS”

### 1.2. Planteamiento del problema

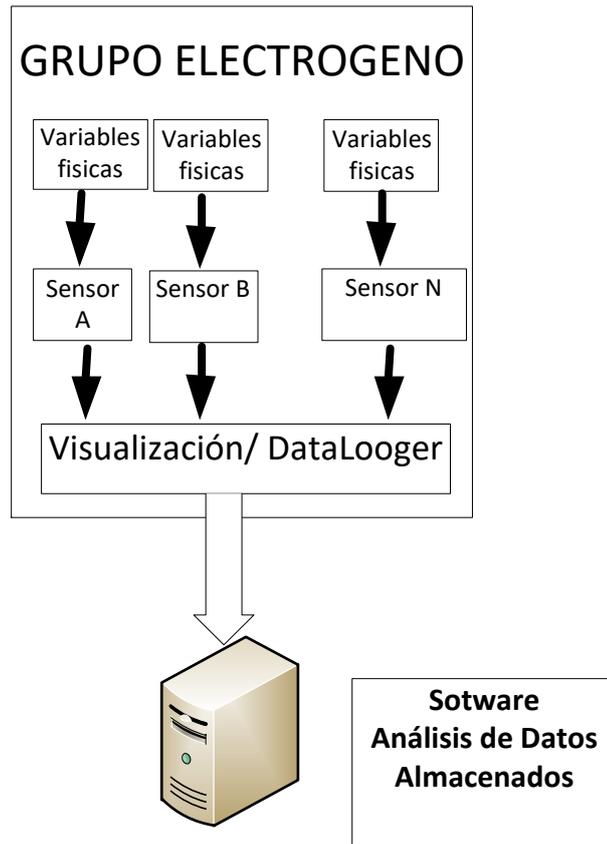
#### 1.2.1. Contextualización

Los grupos electrógenos (GE) son utilizados con el propósito de mantener continuidad en la producción de tareas industriales, garantizando la productividad de las empresas u organizaciones que hacen uso de estos. Los GE evitan pérdidas y demoras en la productividad de las empresas, como pueden ser citadas las siguientes tareas médicas, actividades estudiantiles, actividades científicas.

Los GE están formados por componentes mecánicos, componentes electrónicos y componentes eléctricos. Los componentes electrónicos hacen referencia a la instrumentación del GE con el empleo de sensores y los procesos de adquisición de datos.

La adquisición de datos es una tarea que consiste en adquirir información de variables físicas como temperaturas, presiones, revoluciones por minuto, intensidad de corriente, niveles de voltaje, estas variables son transformadas a señales eléctricas comprendidas entre 0-5 voltios, 0-10 voltios o 4-20 mili-amperios posteriormente se transmiten a una unidad de proceso (CPU) pudiendo ser un controlador lógico programable, una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) con la finalidad de realizar tareas de control o procesamiento de datos.

La empresa LACTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. – Avena POLACA requiere realizar tareas de instrumentación, adquisición, monitoreo y almacenamiento de datos generados por el grupo electrógeno con el propósito de realizar tareas de calibración y monitoreo en tiempo real del GE. La estructura del sistema de monitoreo y almacenamiento de datos del grupo electrógeno se muestra en la Figura 1.1.

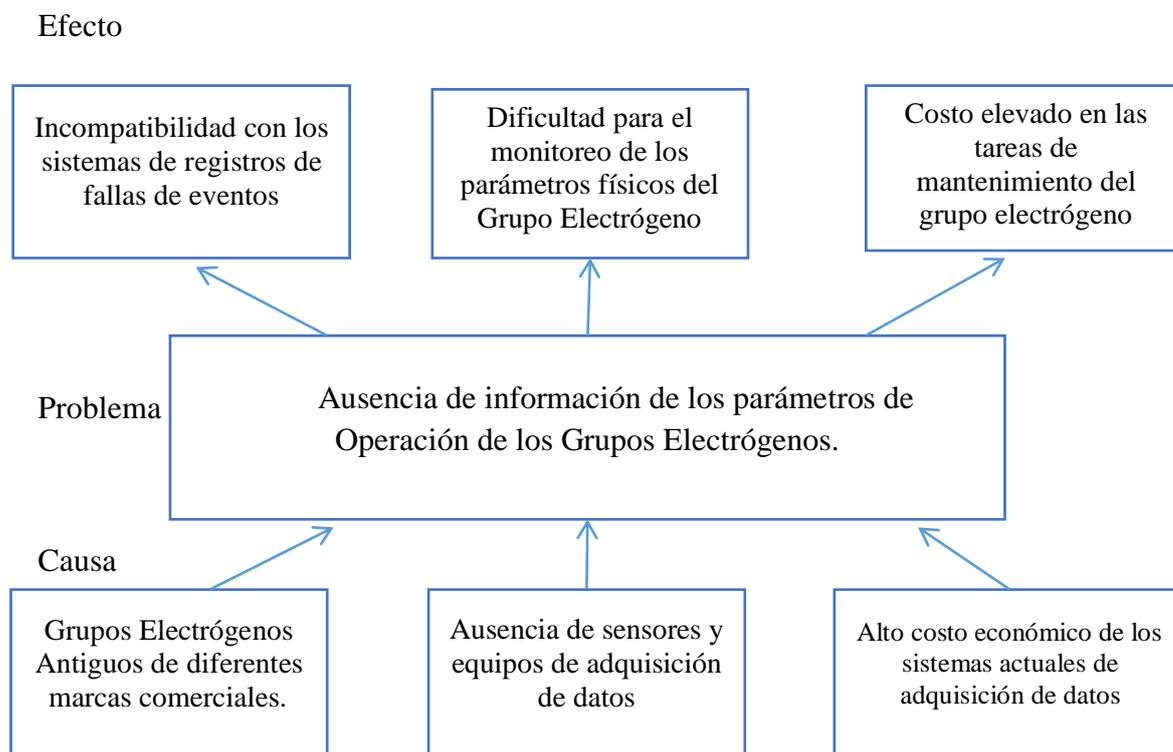


**Figura 1.1** Arquitectura del Sistema de Visualización y Almacenamiento de datos

GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

### 1.2.2. Árbol del problema



**Figura 1.2** Árbol del Problema

**Elaborado por:** Gandy Larco

### 1.2.3. Análisis crítico

En los sistemas de monitoreo de datos es importante mantener la eficiencia en las tareas de adquisición de datos. Los dispositivos que se emplean para la adquisición de datos utilizan protocolos de comunicación, acondicionadores de señal, fuentes de alimentación.

El monitoreo en tiempo real del estado de las variables físicas que intervienen en la ejecución de cualquier proceso es importante para mantener el control y conocimiento de lo que está sucediendo durante el periodo de trabajo.

Con el monitoreo y registro de datos de un grupo electrógenos es posible optimizar las tareas de calibración y detección de consumo de potencia eléctrica y reducir los gastos operacionales en las tareas de mantenimiento del Grupo electrógeno.

Para instalar un sistema de adquisición de datos en grupos electrógenos es recomendable tener en cuenta parámetros como: número de señales a adquirir, tipos de señales a adquirir, cantidad de memoria disponible para el almacenamiento de variables, compatibilidad con sistemas de visualización de datos (Boaroli et al., 2017).

#### **1.2.4. Prognosis**

En la actualidad, la empresa LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. cuenta con un grupo electrógeno que carece del sistema de monitoreo y almacenamiento de variables físicas. En el caso de no implementar un sistema que permita visualizar y almacenar los parámetros de operación del grupo electrógeno se seguirán teniendo problemas técnicos por desconocimiento de los parámetros de funcionamiento además pueden causar pérdidas económicas por demoras en la determinación de fallas y en el levantamiento de reportes.

#### **1.2.5. Formulación del problema**

¿Cómo incidirá la implantación de un sistema de monitoreo de grupos electrógenos en el tiempo que se emplea para estimar el funcionamiento o fallas durante la operación del Grupo Electrógeno?

#### **1.2.6. Preguntas directrices**

- ¿Es conveniente implementar un sistema de monitoreo aplicado a grupos electrógenos?
- ¿Se optimizará tiempos en las tareas de detección de fallas del grupo electrógeno durante su operación?
- ¿Aumentará la eficiencia en las tareas de mantenimiento de los grupos electrógenos con la implementación de un sistema de monitoreo?
- ¿Cómo se evalúa el funcionamiento de un grupo electrógeno?

### **1.2.7. Delimitación del problema**

- **Límite del contenido**

*Área Académica:* Automatización y Sistemas de Control

*Línea de investigación:* Sistemas de adquisición de datos

- **Limite espacial**

La investigación y pruebas experimentales se desarrollarán en las instalaciones de LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. Santo Domingo de los Tsachilas Ecuador.

### **1.3. Justificación**

La presente investigación es de interés porque permite evaluar herramientas y conceptos modernos aplicados al campo industrial. El propósito de este proyecto es aplicar conocimientos en temas de instrumentación, adquisición, almacenamiento de datos y desarrollo de interfaces hombre máquina. La implementación del sistema de monitoreo dará a LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. una opción para realizar pruebas de funcionamiento y calibración del generador de energía GE.

Es de utilidad teórica, mediante la utilización de conceptos sobre redes, instrumentación de variables físicas, buses de campo e interfaces industriales (Zhao Jue and Yang Shun, 2012) se desarrollará e implantará un algoritmo lógico que permita adquirir, visualizar y almacenar información de las señales físicas del generador de energía. Y es de utilidad práctica ya que mediante la utilización de un sistema embebido se monitoreara las variables físicas en tiempo real, además con el empleo del HMI (Interface Hombre Máquina) se verificará la información generada por le GE durante su operación.

Es novedosa ya que mediante procesos investigativos se podrá adecuar herramientas del campo informático y electrónico actuales con la finalidad de dar soporte y resolver problemas que se están presentando en la institución.

La investigación tendrá un impacto positivo. La investigación permitirá implementar aplicaciones desarrolladas de bajo costo sin realizar mayor inversión económica permitiendo optimizar las tareas de monitoreo, calibración y diagnóstico de los GE.

El beneficiario principal será la empresa LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A., ya que repotenciará la operatividad del GE YAMAHA EDL13000TE con un costo económico considerable para la empresa. La empresa optimizará recursos económicos optimizando el tiempo en las tareas de producción.

La presente investigación es factible. Se dispone de recursos bibliográficos, resultados experimentales obtenidos en otras plataformas de adquisición de datos además se cuenta con otras herramientas tecnológicas como: sensores, transductores, sistemas de control, sistemas de propulsión utilizados en GE los mismos que entregan la información necesarios para llevar a cabo la investigación planteada.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y registro de datos aplicado a grupos electrógenos

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Visualizar de las variables generadas por el grupo electrógeno durante su operación.
- Almacenar las variables generadas por el grupo electrógeno.
- Recuperar los datos almacenados de las variables físicas generadas por el grupo electrógeno.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes investigativos

Trabajos con objetivos similares al presente son analizados y presentados en el presente capítulo. Los sistemas de monitoreo y almacenamiento de datos son llamados en muchos casos Data-Logger y están formados por un conjunto de dispositivos electrónicos que adquieren y almacenan datos provenientes de los sensores o instrumentos que están conectados externamente (Gakkestad et al., 2017).

Los Data-Logger guardan los datos en memorias no volátiles de forma periódica es decir cada cierto tiempo almacenan la información ("CAMPBELL SCIENTIFIC", 2018). Para implementar un dispositivo de adquisición, monitoreo y almacenamiento de datos es necesario considerar conceptos como los siguientes Sistemas determinísticos, actualización de información, Gestión de información (Xia et al., 2015).

Investigaciones realizadas para la implementación de equipos Data-Logger centran la mayor atención en los detalles y decisiones de diseño electrónico, arquitectura y lógica de funcionamiento así como también el software en el cual se realizará el análisis de los datos almacenados (De Roo, Rogacki, Haengel & Ekins, 2017).

Algunos de los empleos de los dispositivos de adquisición y almacenamiento de datos sirven para estimar la potencia generada como lo indica (Lave, Stein & Smith, 2016) en su trabajo aplicado a sistemas de energía fotovoltaicos

En lo referente con aplicaciones médicas también existen resultados en los cuales se aprovecha el proceso de adquisición y almacenamiento de datos en (Dominguez-Vega, Martinez-Mendez & Lorias-Espinoza, 2015) se enfatiza la importancia en la velocidad y la tasa de recolección de información es importante la misma que está ligada a la rapidez del sensor con el que se adquiera la información

En (Asha, Reddy & Awasthi, 2016) se describe la implementación de un sistema de adquisición de datos con el empleo de un microcontrolador cuyo núcleo es de 8 bits. Este trabajo adquiere variables de un GE y los transmite a la nube. El propósito principal del trabajo en mención es estimar la cantidad de combustible empleado por el grupo electrógeno de forma remota es decir mediante el uso de la red GSM/GPRS transmiten los niveles de combustibles para la respectiva facturación.

Por su parte (Yang Xin-yu, Chen Xi-hong, Cheng Pei-yuan & Wang Jian-bo, 2008) emplea la adquisición de datos para alimentar la entrada de un sistema experto con el propósito de mejorar la eficiencia y calidad de energía, además estima posibles fallos o daños del sistema generador que en este caso es un turbo generador.

Por otra parte (Lave, Stein & Smith, 2016) publica los resultados obtenidos con la implementación de un datalogger cuyo objetivo establece aprovechar la energía solar en ambientes submarinos. En este proyecto los autores desarrollan la parte de hardware y software en plataformas de código abierto, el sistema embebido que construyen está basado en un microcontrolador ARM.

En (Munandar and Syamsi, 2014) se describe la implementación de un sistema informático que permita adquirir la información almacenada en equipos industriales como terminales remotas (RTU) utilizando GSM como medio de comunicación.

De los casos analizados como antecedentes investigativos se puede apreciar que no existe limitante o restricción en el empleo de un determinado software o hardware, lo importante es disponer de la información necesaria del proceso en estudio.

## **2.2. Fundamentación filosófica**

La presente investigación se realizará con una fundamentación filosófica crítico propositivo; es crítico ya que se realizará un análisis de las necesidades establecidas por la empresa LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A., con el objeto de adquirir, visualizar y almacenar información generada por el grupo electrógeno con el propósito de realizar análisis de datos almacenados en el HMI.

### **2.3. Fundamentación Legal**

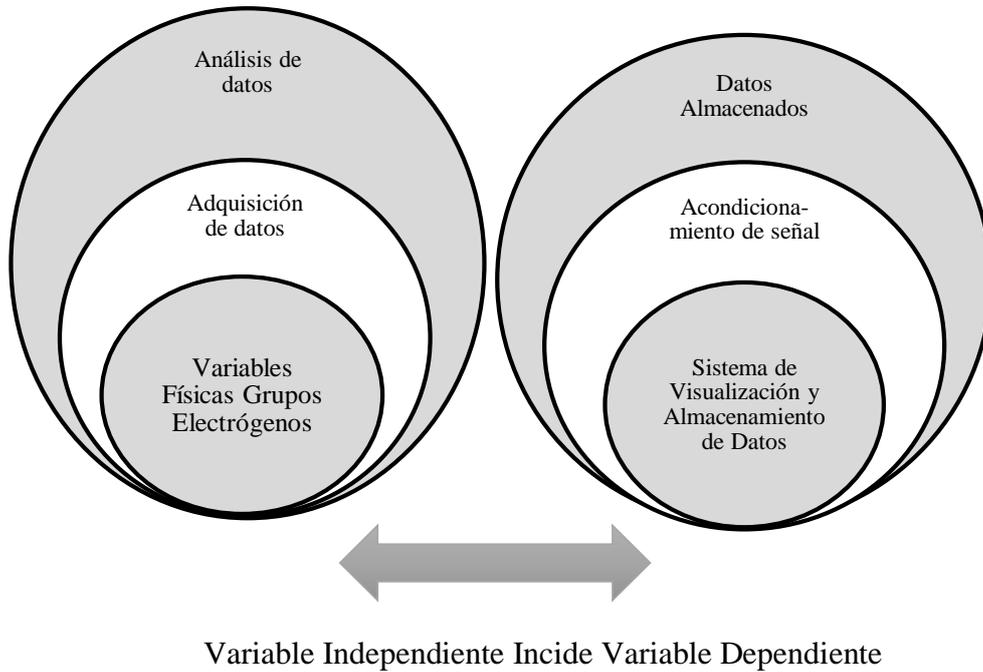
LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. Identificada con el RUC Nro. 1792039754001, Empresa legalmente constituida en el año 2009, ubicada en la Av. Chone Nro. 400 y Argentina, del cantón Santo Domingo. Se encuentra representada por la Sra. Yamile Buriticá Bedoya, quien es a su vez Gerente General de la empresa, acompañada por los Sres. Gustavo Buriticá Bedoya como Presidente y el Sr. Gustavo Buriticá Echeverry como secretario de la sociedad.

La empresa se dedica a la “Producción y Comercialización de Derivados Lácteos”, y cuenta con una red de distribución a nivel nacional, teniendo puntos de venta en las principales ciudades de las provincias: Santo Domingo, Pichincha, Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro, Loja, Tungurahua, Carchi, Cotopaxi e Imbabura.

La planta de producción se encuentra ubicada en la Av. Chone Nro. 400 y Argentina, y actualmente cuenta con un centro operativo Ubicado en La Av. Monseñor Schumager y México esquina donde se encuentran los departamentos administrativos.

## 2.4. Categorías fundamentales

- **Redes de inclusiones conceptuales**



**Figura 2.1** Variables dependientes e independientes de las categorías fundamentales

**Elaborado por:** Gandy Larco

### 2.4.1. Categoría de la variable Independiente.

### 2.4.2. Variables Físicas Grupos Electrógenos

El concepto variable es aplicado a todo aquello que es susceptible a cambios y puede ser medible mediante un proceso de adquisición de información.

Los GE cuentan con muchas variables que varían durante el proceso de generación de energía. Para estimar el buen funcionamiento de un GE es necesario medir los siguientes parámetros: voltaje de generación, corriente de carga, frecuencia de red eléctrica. Por otra parte para preservar el GE es necesario monitorear las variables de la parte mecánica como son: Temperaturas de cilindros, temperatura de refrigerante, Presión de aceite.

### **2.4.3. Adquisición de datos.**

La adquisición de datos consiste en utilizar un dispositivo electrónico con la finalidad de medir un fenómeno eléctrico o físico. Los dispositivos electrónicos pueden ser tarjetas de adquisición de datos, microcontroladores, FPGA, PLC. Como lo manifiesta (Ruiz-Ayala, Vides-Herrera & Pardo-García, 2018) en su investigación una opción confiable y practica son dispositivos industriales tal es el caso de los PLC que a más de tener versatilidad en las aplicaciones posibles cumplen con parámetros, normativas y certificaciones a nivel industrial.

### **2.4.4. Análisis de datos**

El análisis de datos es la técnica que permite inspeccionar, limpiar, transformar la información (Seidel et al., 2018) proveniente de algún sistema, proceso o algún equipo, la información está disponible para extraer o resaltar aspectos importantes o de relevancia para el investigador (Ostaszewski, Dzierzek & Magnuszewski, 2018). En la actualidad existe la minería de datos la misma que emplea algoritmos predictivos o modelos avanzados de análisis de datos. Uno de los objetivos principales del análisis de datos es encontrar similitudes, modelos o tendencias del comportamiento de un determinado proceso (Savas, Bakkal, Eken & Sayar, 2017) consiguiendo automatizar procesos mejorando la eficiencia y la precisión (Liu Wenjun, 2010).

### **2.4.5. Categoría de la variable dependiente**

### **2.4.6. Sistema de visualización y Almacenamiento de Datos**

La visualización y almacenamiento de datos se lo realiza mediante dispositivos electrónico que adquiere y almacena datos durante largos periodos de tiempo. La arquitectura de un de los sistemas de adquisición, visualización y almacenamiento de datos, se basan en un procesador digital (o computadora); que en la mayoría disponen

de fuentes de energía propias y portátiles, además cuentan con memoria interna para almacenamiento de datos provenientes de variables físicas.

Los sistemas de almacenamiento de datos (Data-Logger) usan interfaces para poder comunicarse con los operadores, para ello se utilizan HMI, pantallas, computadores, el propósito principal de un Data-Logger es analizar los datos recogidos durante largos periodos de tiempo para realizar análisis de datos históricos.

#### **2.4.7. Acondicionamiento de señal**

En el artículo expuesto por la empresa Americana National Instruments Ashlock and Warren, (2015) se manifiesta que el proceso de acondicionamiento de señal está ligado con el proceso de adquisición de datos. Es así, que se interpreta como acondicionamiento de señal al proceso previo que se da a las variables de tipo física o mecánica que se adquieren mediante el uso de sensores.

Las consideraciones que entran en análisis cuando se implementa o construir un sistema personalizado de acondicionamiento de señales son:

*“a) Reducir el tamaño, funcionalidad fijo sistemas con un número de canales fijo, b) Proyectos con bajo presupuesto y equipo humano con dominio del diseño analógico, c) Proyectos a largo plazo d) Especialización extrema de la entrada de la señal”*. Las etapas que se realizan en el proceso de acondicionamiento de señales son las siguientes: amplificación, atenuación, filtrado, aislamiento, excitación, liberalización, compensaciones, Métodos de muestreo. (Boyes, 2010). (Sawhney, 2013).

#### **2.4.8. Datos Almacenados**

Recopilar información de sensores para almacenarla es una técnica empleada en distintos campos como son: astronomía, industrial, medicina. (Vishnu S.N.K.N., et al. 2012), (Venkatlakshmi, S. et al 2013), (Kavitha C., et al 2012).

La retención de la información mediante archivos de texto, bloques de memoria o almacenamiento de objetos son las técnicas empleadas para disponer información relevante en algún tiempo determinado (Enterprise, 2018).

## **2.5. Hipótesis**

¿La implementación de un sistema de monitoreo aplicado a grupos electrógenos permitirá evaluar el funcionamiento del grupo electrógeno de forma eficiente?

## **2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **Variable independiente:**

Sistema de monitoreo aplicado a grupo electrógeno.

### **Variable dependiente:**

Configuración de parámetros de operación del grupo electrógeno.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Enfoque de la Investigación**

El presente proyecto propone usar dos tipos de análisis: cuantitativo y cualitativo.

*Análisis cuantitativo:* Se desarrollarán los objetivos planteados, las decisiones serán tomadas desde el ámbito técnico mediante comparaciones con otros proyectos similares, se realizarán pruebas funcionales con el propósito de realizar sugerencias adecuadas

*Análisis cualitativo:* La obtención de la tesis se basa directamente de la calidad de estado del arte y marco teórico investigados.

### **3.2. Modalidad de la Investigación**

#### **3.2.1. Investigación Bibliográfica**

La presente investigación es de carácter bibliográfico se obtendrá la información de artículos científicos, revistas, manuales técnicos e internet.

#### **3.2.2. Investigación de Campo**

El presente proyecto se basará en la modalidad de investigación de campo, ya que el contacto directo con el escenario técnico, es imprescindible para el desarrollo de esta investigación obteniendo información de acuerdo a los objetivos planteados inicialmente.

### **3.3. Nivel o Tipo de Investigación**

La investigación abarcará un nivel exploratorio porque permitirá detectar las características del problema, determinar si es factible o no solucionarse; se relacionará directamente con realidad en la que se desarrolla el problema; el nivel correlacional, facilita la comprensión, el estudio, el análisis del fenómeno y la construcción de las bases teóricas de las variables.

### **3.4. Población y Muestra**

#### **3.4.1. Población**

La población engloba a todo el conjunto de elementos del grupo electrógeno, es decir la población es el grupo electrógeno de la empresa LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. de la cual se adquiere y almacena información con el propósito de monitorear y supervisar el normal funcionamiento y con la posibilidad de realizar análisis históricos de los datos generados durante largos tiempos de operación.

#### **3.4.2. Muestra.**

La muestra para valorar la hipótesis serán los datos que se adquieren en tiempo real y se los almacena para un posterior análisis visual. Los datos almacenados constantemente permitirán evaluar el funcionamiento del GE. En el caso de falla, paro o daño del grupo electrógeno se utilizará como muestra los datos almacenados en el PC en el cual se ejecuta el HMI.

### 3.5. Operacionalización de variables

**Tabla 3.1: Variable Independiente:** Sistema de Monitoreo.

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems Básicos	Técnica/ Instrumento
La implementación de un sistema de monitoreo se refiere a contar con un dispositivo electrónico que tenga la capacidad de adquirir, visualizar y almacenar datos de señales físicas y/o mecánicas que se generan en los grupos electrógenos. La finalidad del sistema de monitoreo es entregar información a una plataforma informática con la finalidad de analizar el comportamiento del grupo electrógeno durante el funcionamiento, pudiendo así reducir el tiempo de configuración del grupo electrógeno.	-Acondicionamiento de señales	VARIABLES FÍSICAS DE GRUPO ELECTRÓGENO	¿Cómo se mide la eficiencia de un grupo electrógeno?	Técnica: Revisión de fuentes bibliográficas.
	-Adquisición de datos	Acondicionamiento de señales	¿Qué tan necesaria es la visualización de datos en tiempo real del grupo electrógeno?	Análisis de datos adquiridos.
	-Almacenamiento de datos	Reducción de tiempo en el proceso de configuración del grupo electrógeno	¿Con qué frecuencia se debe almacenar los datos?	Análisis de datos almacenados.

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Tabla 3.2: Variable dependiente:** Calibración de parámetros de operación del grupo electrógeno.

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems Básicos	Técnica/ Instrumento
Método por el cual se configura al GE para optimizar su funcionamiento	-Visualización de datos	de HMI	¿Qué variables debe mostrar?	Técnica: Observación
	-Frecuencia de actualización de datos	de Tiempo de actualización de variables	¿Qué retardo existe en la visualización de información?	Instrumento: Guía de Observación
	-Interpretación de datos visualizados	Nivel de error de las variables visualizadas	¿Qué grado de precisión existe en las variables monitoreadas?	Comparación con otros instrumentos de medición.

---

**Elaborado por:** Gandy Larco

### **3.6. Recolección de información**

Las técnicas empleadas para recolectar información son las siguientes.

#### **Bibliográficas.**

Mediante el uso de manuales, revisión de artículos técnicos, artículos de congresos, libros y más se investigará trabajos similares que permitan establecer la tendencia y/o modelos aplicados a proyectos similares al aquí presentado.

#### **Log de datos**

Se usará los datos almacenados para analizar el comportamiento y coherencia del funcionamiento de los datos almacenados por el sistema de monitoreo de GE.

### **3.7. Procesamiento y análisis**

Inicialmente se estudiará la información disponible en artículos científicos, libros, con el propósito de establecer un punto de partida y establecer el estado del arte en proyectos relacionados.

Con la información recolectada y disponible se procederá a realizar análisis técnicos en relación al comportamiento de GE, cálculos para la implementación de los acondicionadores de señal. También se planteará un algoritmo de funcionamiento y se delimitará el alcance del proyecto.

Establecidos los elementos los tipos de acondicionadores de señal y el algoritmo de funcionamiento se procederán a codificar el algoritmo de funcionamiento dentro del PLC y el HMI.

Finalmente se verificará y probará el sistema de monitoreo implementado en el PLC para finalmente realizar el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO IV**

### **Marco Administrativo**

#### **4.1. Recursos Institucionales**

- Planta industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A.
- Manuales de Operario y Mantenimiento Grupo Electrónico YAMAHA  
EDL13000TE
- Biblioteca Universidad Técnica de Ambato

#### **4.2. Recursos Humanos**

Director de Investigación: Ing. Santiago Manzano, Mg.

Investigador Ing. Gandy Larco Montenegro

Personal de mantenimiento grupo electrónico LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A

#### **4.3. Recursos Materiales.**

- Grupo Electrónico YAMAHA EDL13000TE.
- PLC S7-1200.
- SM1231 AI
- Labview
- Sensores transductores.
- Computador Personal.
- Material de Oficina.

## **CAPITULO V**

### **5.1. Conclusiones**

- El GE YAMAHA EDL13000TE de la empresa Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. carece de un sistema de monitoreo de datos que permita visualizar el valor de las variables físicas que se presentan durante el periodo de trabajo del GE.
- Es necesario implementar un sistema que permita monitorear las variables físicas del GE con el propósito de agilizar las tareas de calibración y diagnosticar el funcionamiento del GE.
- Es importante contar con un log de datos que ayude a estimar puntos de falla en GE cuando se realice tareas de mantenimiento.
- La bibliografía analizada y tomada como línea base para el presente proyecto ayuda a establecer los requerimientos mínimos que debe cumplir el sistema de monitoreo de datos

### **5.2. Recomendaciones**

- Aplicar los conceptos del marco teórico expuesto en el capítulo II con el propósito de establecer las mejores alternativas que permitan adquirir, visualizar y almacenar la información generada por el GE.
- Usar la bibliografía sobre los proyectos relacionados para tener como línea base los sistemas de adquisición de datos que se emplean en investigaciones previas y que se han obtenido buenos resultados.
- Ejecutar diversas pruebas experimentales para demostrar la validez del sistema de adquisición de datos implementado para el GE

- La manera más apropiada de verificar tanto el algoritmo de adquisición, visualización y almacenamiento de datos es a través de pruebas experimentales. Las pruebas permiten determinar la eficiencia del sistema de monitoreo.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

#### **6.1. Datos Informativos**

##### **6.1.1. Título**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE VARIABLES FÍSICAS GENERADAS POR EL ACOPLAMIENTO DE CARGAS AL GRUPO ELECTRÓGENO YAMAHA EDL13000TE”

##### **6.1.2. Institución Ejecutora**

- Nombre de la institución: Planta industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A.

##### **6.1.3. Beneficiarios**

- Área técnica Planta industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A.

##### **6.1.4. Ubicación**

Provincia Santo Domingo de los Tsachilas

Cantón Santo Domingo

Dirección

##### **6.1.5. Equipo Técnico Responsable**

Investigador: Ing. Gandy Larco Montenegro

Director de tesis. Ing. Santiago Manzano Mg.

## **6.2. Antecedentes de la propuesta**

El GE YAMAHA EDL13000TE data de la década de los 80, por la razón expuesta los instrumentación del GE son de visualización analógica. El grupo electrógeno YAMAHA EDL13000TE es una de las fuentes de energía no centralizada con la que en la actualidad cuenta la Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A.

Considerando fundamental, necesario y lo importante que representa el grupo electrógeno para la Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. es necesario conservar en buenas condiciones el equipo generador de energía no centralizado.

Con el análisis previo del estado actual sobre el GE se determinó que es necesario realizar el proceso de repotenciación sobre el proceso de visualización de información generada por el GE. Analizando los elementos disponibles en el ámbito comercial se encuentra equipos capaces de adquirir las señales provenientes del GE y mostrarlas en tiempo real, además estos equipos tienen la capacidad de almacenar datos de alarmas producidas por ciertas variables de los GE. Sin embargo ningún equipo cuenta con la suficiente cantidad de memoria para almacenar periódicamente los datos producidos por las variables físicas de los GE.

Como producto de esta investigación se obtiene un sistema de monitoreo y almacenamiento de datos constante con la finalidad de realizar análisis de caga y estimar el comportamiento de las variables de generación como son: el voltaje de generación, la corriente de carga y la frecuencia de red del GE.

### **Situación Actual**

Actualmente el GE YAMAHA EDL13000TE cuenta con un sistema de monitoreo de variables mediante indicadores análogos así como se muestra en la Figura 6.1. Con el sistema actual de monitoreo del GE no es posible estimar fallas en el trabajo del GE.



**Figura 6.1:** Panel frontal del sistema de monitoreo del GE YAMAHA EDL13000TE

Fuente GE YAMAHA EDL13000TE

Los indicadores analógicos son únicamente para mostrar el estado del funcionamiento del GE, sin opción a ninguna actividad como registro de eventos, alarmas, producidas por las variables físicas como voltaje de generación, corriente de carga, frecuencia de red. Cuando el GE YAMAHA EDL13000TE entra en tareas de mantenimiento el operador aplica su experiencia para estimar posibles daños o fallas que pueden estar ocurriendo, no se dispone de ningún registro que permita saber eventos que afecten el trabajo del GE y causando la reducción del tiempo de vida útil del equipo, en la Figura 6.2 se muestra en diagrama de bloques la estructura actual del GE YAMAHA EDL13000TE.



**Figura 6.2:** Estructura del sistema de instrumentación del GE YAMAHA EDL13000TE

**Elaborado por:** Gandy Larco

### **6.3. Justificación**

Conociendo las limitantes que tienen el sistema de monitoreo actual del GE el presente trabajo propuso la implementación de un sistema que adquiera, visualice y guarde la información de las variables físicas generadas por el GE YAMAHA EDL13000TE.

Se desarrollara una interfaz hombre-máquina para la visualización del comportamiento de las variables físicas del GE a lo largo del tiempo. El sistema planteado en el presente trabajo se diferencia de los sistemas comerciales existentes en la forma de almacenamiento de datos. El sistema propuesto guarda los datos de manera constante mientras que los sistemas comerciales guardan de forma eventual como cuando se produce una alarma.

El presente proyecto de investigación integra varias ramas de ingeniería como son: técnicas de adquisición de datos, acondicionamiento de variables, sistemas de visualización (HMI), procesos de almacenamiento de información.

La utilización de dispositivos industriales aplicados a tareas de adquisición y procesamiento de datos aplicados a sistemas de generación busca optimizar el proceso de visualización y análisis de información de manera puntual o de forma remota es decir el log de datos almacenado de extensión \*.xls puede interpretarse en otras plataformas informáticas utilizadas para análisis de datos, a diferencia de los sistemas tradicionales de libre comercialización que el análisis de la información generada se muestra en sus propias interfaces.

El registro de datos almacenados periódicamente permitirá analizar la información generada en los periodos de operación del GE YAMAHA EDL13000TE, Es necesaria la implementación de la presente propuesta porque contribuye a aporta nuevas tendencia y conceptos aplicados a sistemas de generación no centralizados.

Las variables físicas que se monitorean y almacenan en el presente trabajo son voltajes de línea, corrientes de línea, frecuencia de operación, temperatura del motor y presión de aceite del motor.

## **6.4. Objetivos de la propuesta**

### **6.4.1. Objetivo general**

Diseñar y Probar un sistema que muestre y almacene el valor de las variables físicas cuando se aplica carga eléctrica del grupo electrógeno trifásico YAMAHA EDL13000TE.

### **6.4.2. Objetivos específicos**

- Utilizar la información bibliográfica como base para el desarrollo de la presente propuesta
- Monitorear y almacenar las señales de voltaje, corriente, frecuencia de operación, temperatura y presión del block del grupo electrógeno YAMAHA EDL13000TE.
- Desarrollar una interface hombre máquina que permita recuperar la información almacenada durante la operación del grupo electrógeno.

## **6.5. Análisis de factibilidad**

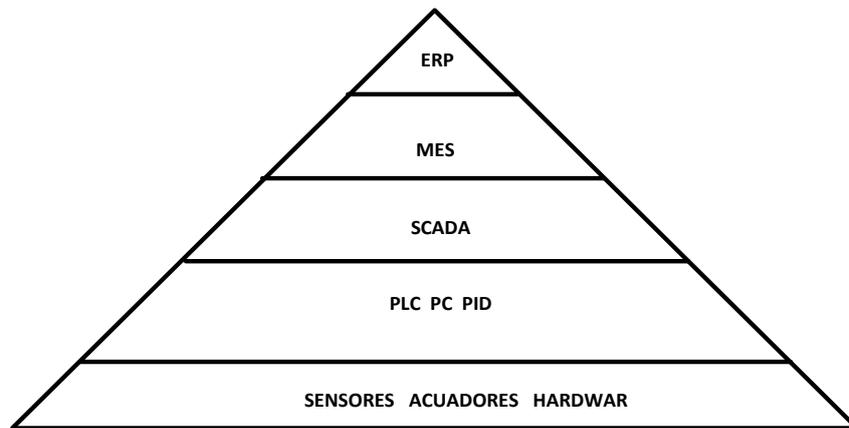
### **6.5.1. Factibilidad operativa**

La Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. cuenta con las herramientas técnicas, administrativas y logísticas necesarias para implementar el sistema de monitoreo del GE YAMAHA EDL13000TE.

### **6.5.2. Factibilidad técnica**

El conocimiento sobre la parte operativa de grupos electrógenos, sistemas de adquisición de datos, desarrollo de interfaces hombre maquina así también, el sustento bibliográfico encontrado en trabajos similares y la necesidad empresarial viabilizó el desarrollo del sistema de monitoreo de grupos electrógenos.

La pirámide de automatización representada en la Figura 6.3 ubica la presente propuesta en el primero, segundo y tercer nivel.



**Figura 6.3** Pirámide de Automatización

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Primer nivel:**

Los sensores, actuadores, temporizadores, contadores y toda la maquinaria y equipo que se disponga para la producción, son parte de este nivel fundamental para la realización de cualquier proceso que posteriormente se automatizará. Por su naturaleza, este nivel se encuentra en la parte operativa, piso o campo y su control se limita a esta zona.

**Segundo Nivel:**

Es el turno de los controladores autómatas, este nivel tiene por objeto controlar procesos secuenciales por medio de ordenadores especializados como el caso de los Controladores Lógicos Programables (PLC) que reciben señales de entrada y salida, cuentan con un CPU y memoria que procesa la información cargada o software. Estos dispositivos son programados para la realización de tareas en tiempos específicos (comandos). Entre este y el primer nivel debe haber una red de comunicación también llamado protocolo de comunicación, el más utilizado es el ethernet y es imprescindible para lograr que los primeros ejecuten las órdenes que envían los controladores.

**Tercer nivel:**

También llamado nivel supervisión o SCADA, su función es la representación gráfica de los anteriores niveles por medio de paneles o pantallas conocidas como HMI. Este nivel se encarga de crear una interfaz intuitiva entre la máquina, el proceso y el operario facilitando la interacción y supervisión del proceso en tiempo real o histórico. En esta fase se utiliza comúnmente un servidor de comunicaciones OPC (Ole for Process Control) para comunicar los distintos software de aplicación.

**Cuarto nivel:**

Entramos a los sistemas integradores, al igual que un PLC controla el proceso de un equipo en particular, un sistema MES (Manufacturing Execution System) se encarga de controlar y supervisar la producción total de toda una planta. Brinda información estratégica extraída directamente del proceso productivo en tiempo real, esto permite la planificación correcta de la organización, facilita la toma de decisiones, detecta errores, agiliza los procesos, reduce tiempos y por ende, decrementa los costos de producción.

**Quinto nivel:**

Llegamos a la cima de la pirámide y es otro sistema integral quien lo encabeza. Es momento de hablar de los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) como su nombre lo dice: es un sistema empresarial o software que controla los recursos de la organización para su mejor planificación. Así es, también brinda información estratégica en tiempo real en áreas operativas y administrativas, integra la parte contable como compras, ventas, inventarios, nómina y a su vez, controla los procesos de producción. Es importante mencionar que los sistemas integrales centralizan la información para su fácil interpretación y análisis, facilitando la toma de decisiones.

**6.5.3. Factibilidad económica**

La Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. cuenta con el GE YAMAHA EDL13000TE, sensores, transductores, personal de mantenimiento además la empresa aportará con los recursos económicos para la adquisición de los componentes que integran el sistema de monitoreo de grupos electrógenos.

**6.5.4. Proyección a futuro**

A largo plazo se puede implementar el módulo de monitoreo mediante el uso de la red GSM o por medio de TCP/IP. Esto puede ser posible gracias a la característica de modularidad con la que cuenta el sistema de monitoreo de datos para grupos electrógenos y la interfaz de visualización de datos.

## **6.6. Fundamentación científico – técnica**

La presente propuesta está basada en las necesidades manifestadas por parte del personal de mantenimiento del GE YAMAHA EDL13000TE de la Planta Industrial LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A.

### **6.6.1. Instrumentación Industrial**

La medición y control de procesos industriales requiere la medición de variables mediante el uso de sensores. El monitoreo de variables o señales físicas se lo realiza mediante el empleo de equipos o dispositivos utilizado técnicamente por ingenieros o técnicos para realizar comparaciones entre señales, medir niveles, convertir señales y registrar variables de un proceso con la finalidad de garantizar que los procesos industriales se cumplen de manera adecuada, y así las máquinas industriales trabajen de manera normal aprovechando el máximo nivel de productividad de los equipos ("Sistemas de adquisición y Procesamiento de datos", 2019).

### **6.6.2. Adquisición de datos**

La adquisición de datos es un proceso en el cual se emplean aparatos de medición con los cuales se suele mensurar tensión, presión, temperatura, fuerza, flujo, nivel velocidad, peso, humedad... con los avances tecnológicos actualmente se tiene equipos, tarjetas de adquisición de datos que realizan las tareas de medición, procesamiento y visualización de manera rápida y de forma eficiente.

Las mediciones de las variables físicas están ligadas al Sistema Internacional de (SI) o al sistema ingles cumpliendo parámetros tales como rango, alcance, precisión, exactitud, resolución, linealidad, ruido, tiempo de respuesta... entre los sistemas o plantas de los que se adquieren datos podemos citar calentadores, reactores, prensa, bombas, compresores ("Sistemas de adquisición y Procesamiento de datos", 2019).

### **6.6.3. Almacenamiento de datos**

Para almacenar los datos provenientes de algún proceso se utilizan memorias que son de tipo internas o extraíble. En el caso de memorias internas estas se encuentran dentro de los sistemas de adquisición y su información es recuperada de manera puntual, por otra parte las memorias extraíbles permiten compartir su información con otro dispositivo como computadores e inclusive con dispositivos móviles.

Cuando se dispone de los datos almacenados en formatos de uso común como son: archivos de extensión \*.csv \*.txt o \*.xls es posible analizar esa información de forma analítica o gráfica.

## **Interfaces Gráficas HMI**

Una interfaz de usuario implementado en un ordenador, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), es una parte complementaria de un programa informático que se comunica con el usuario (Rodríguez Penin, 2013).

La norma vigente para la elaboración de un HMI se la encuentra en ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como *"todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo"*.

Entre una de las características a tener en cuenta para la elaboración del HMI se consideran técnicas de conocimiento básico para un diseño de interfaz que le resulte fácil de utilizar al usuario y se considera la ergonomía cognitiva, la ergonomía de sistemas y la ergonomía del software (ingeniería del uso).

Años atrás se presentó la necesidad de disponer de estándares, prácticas recomendadas e informes técnicos relacionados con las HMI, razón por la cual se formó el comité HMI ISA101 el mismo que el 9 de julio del 2015 aprueba el estándar ANSI/ISA-101.01-2015.

El estándar ANSI/ISA-101.01-2015 tiene como objetivos principales Proporcionar directrices para diseñar, construir, operar y mantener la HMI, los objetivos principales de la ANSI/ISA-101.01-2015 son los siguientes (Morales, 2019).

a) Proporcionar orientación para diseñar, construir, operar y mantener la HMI, para lograr un sistema de control de procesos más seguro, más eficiente para cualquier condición operativa.

b) Mejorar la capacidad del usuario para detectar, diagnosticar y responder adecuadamente a situaciones anormales.

Entre las diversas etapas que maneja la normativa se encuentra etapa de diseño la misma que incluye:

- El diseño de la consola,
- El diseño del sistema HMI,

- Los requerimientos funcionales, de usuarios, tareas
- El diseño de pantallas.

El diseño de la consola es establecido de acuerdo al análisis de las cargas de trabajo, número de operadores, es el lugar físico en el cual se va a disponer del HMI para la operación.

El diseño del sistema HMI incluye la selección de la plataforma de control y el sistema operativo relacionado y la elección de los kits de herramientas

Los requerimientos funcionales, de usuarios y tareas documentan los requisitos de la HMI, incluidas las funciones y los usuarios primarios responsables directos de la operación y los usuarios secundarios de apoyo a la operación o administración (Morales, 2019).

### **6.7. Definiciones Generales.**

**Sensor:** “Dispositivo que mide una variable del mundo físico como por ejemplo temperatura, presión, humedad” (Ashlock and Warren, 2015).

**Transmisor:** “Conjunto de elementos que conforman el acondicionamiento de señal.” (Boyes, 2010), (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Transductor:** “Dispositivo que transforma el valor de las magnitudes físicas a señales eléctricas.” (Boyes, 2010).

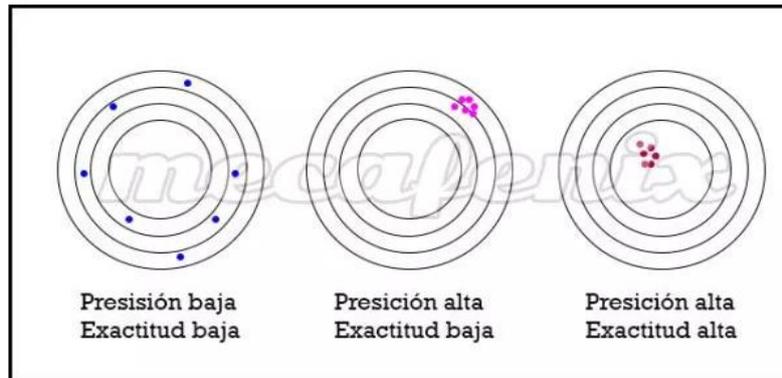
**Rango:** “Son los valores comprendidos entre los límites superior e inferior que puede medir el instrumento.” (Boyes, 2010), (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Resolución:** “Es definida como la mínima variación en la variable capaz de ser detectada por el instrumento.” (Ashlock and Warren, 2015).

**Error:** “Es la diferencia existente entre el valor medido y el valor verdadero.” (Boyes, 2010).

**Exactitud:** “Capacidad de los instrumentos en reducir al mínimo los valores de error.” (Boyes, 2010).

**Precisión:** “A mayor precisión menor dispersión de los valores de la medición alrededor del valor medido en la Figura 6.4 se puede apreciar de manera gráfica las definiciones de Exactitud y Precisión.” (Boyes, 2010), (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).



**Figura 6.4:** Representación Gráfica de Precisión y Exactitud

**Fuente:** <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/instrumentacion-conceptos-basicos/>

**Repetitividad:** “Es la capacidad de los instrumentos en mantener la salida cuando se llega a la medición en diferentes ocasiones bajo las mismas condiciones.”

**Histéresis:** “Es la capacidad del instrumento en repetir la salida en condiciones en las que la variable tiene cambios crecientes o decrecientes.” (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Calibración:** “Consiste en comparar los valores medidos por el instrumento con las medidas correspondiente a las de un patrón.”, (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Sensibilidad:** “Es la variación que se obtiene a la salida del instrumento por unidad de variación de la entrada.” ” (Ashlock and Warren, 2015), (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Linealidad:** “Expresa lo constante que resulta la sensibilidad del sensor o aparato de medida. Una sensibilidad constante (alta linealidad) facilita la conversión del valor leído al valor medido.” (Ashlock and Warren, 2015).

**Estabilidad:** “Es la capacidad para mantener invariable su curva de transferencia durante largos períodos de tiempo.” (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

**Interferencias:** “Son entradas no deseadas que el instrumento detecta sin la intención de hacerlo.”

**Entradas modificantes y perturbaciones:** “Son aquellas que causan variaciones en las entradas deseadas como así también en las interferencias.”

**Ajustabilidad de rango (Rangeability):** “Es la relación entre el máximo valor de la variable medida respecto del mínimo sobre la cual se mantendrá la exactitud especificada del instrumento.” ” (Ashlock and Warren, 2015), (Conceptos básicos de la instrumentación industrial, 2017).

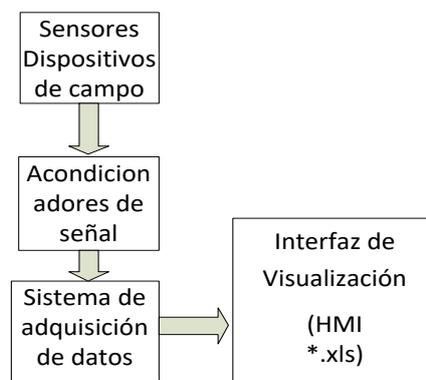
## 6.8. Metodología de la Propuesta.

### 6.8.1. Arquitectura de la Propuesta.

El sistema electrónico a implementar para el monitoreo y registro de variables físicas generadas por el GE YAMAHA EDL13000TE se complementa con dos partes, la parte de hardware y la de software.

En la parte de hardware está constituida por sensores, acondicionadores de señal, sistema de adquisición de datos, y dispositivo de registrador de datos.

En lo referente a la parte de software se desarrolla una aplicación que permita recuperar la información almacenada por el sistema de adquisición de datos. La Figura 6.5 muestra la arquitectura establecida para dar solución al tema de investigación e implementación planteada.



**Figura 6.5:** Arquitectura de la Propuesta

**Elaborado por:** Gandy Larco

## **Descripción de la Arquitectura**

Los sensores existentes en el GE como son: sensores de temperatura, sensor de presión deben ser usados en el presente proyecto además se debe acondicionados previos al ingreso del sistema de adquisición de datos (PLC). Por otra parte los sensores para la medición del nivel de voltaje de línea, corriente de línea y frecuencia de operación deben ser acondicionados a niveles aceptados por el PLC es decir +/- 10 VCC.

Por su parte la interfaz hombre máquina (HMI) permitirá visualizar los valores de las variables físicas del GE. El PLC y el HMI establecen comunicación bidireccional con el propósito de intercambiar información.

### **6.8.2. Sistema de adquisición de datos.**

La empresa LACTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. plantea como necesidad registrar los niveles de voltaje eficaz que genera, corrientes de línea en su valor eficaz, frecuencia de operación, temperatura del block y presión de aceite del GE YAMAHA EDL13000TE.

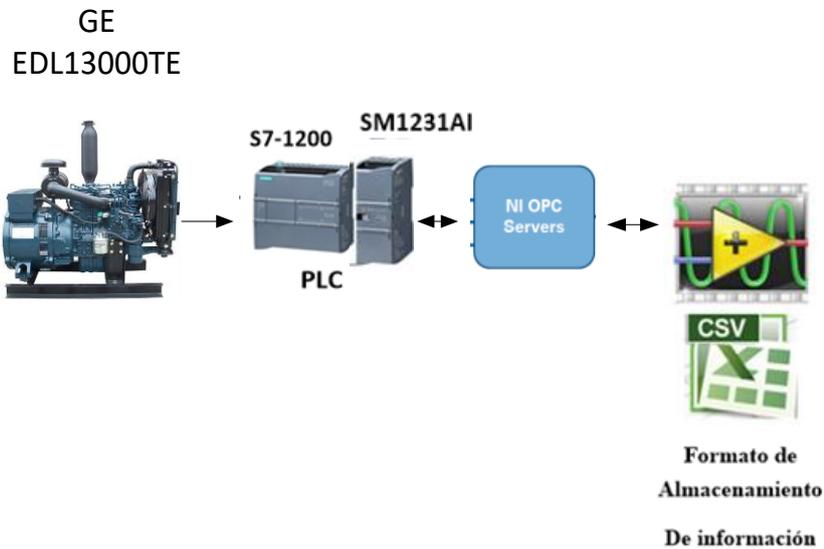
En base al requerimientos establecidos por la empresa LACTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. se plantea utilizar un sistema de adquisición de datos que cumpla parámetros industriales, con normativas en lo referente a la fabricación, protección y en el proceso de adquisición de datos.

Para seleccionar el dispositivo de adquisición de datos para el presente proyecto se analiza dispositivos que sean de fácil adquisición en el país y que cumplan con normativas industriales como: Compatibilidad electromagnética, condiciones ambientales de operación, aislamiento de alta tensión.

El principio fundamental del datalogger es adquirir señales físicas y guardarlas en elementos de almacenamiento masivo como pueden ser memorias no volátiles, discos duros.

Un dispositivo disponible en el mercado ecuatoriano es el PLC S7-1200 perteneciente a la marca Siemens. El dispositivo S7-1200 han ido evolucionando permanentemente desde su firmware versión V2.0, hardware, entorno de programación, protocolos de comunicación. Incluso incluye una función de registro de datos "Data log", de esta manera el mismo dispositivo que gobierna el proceso puede ser también el encargado de

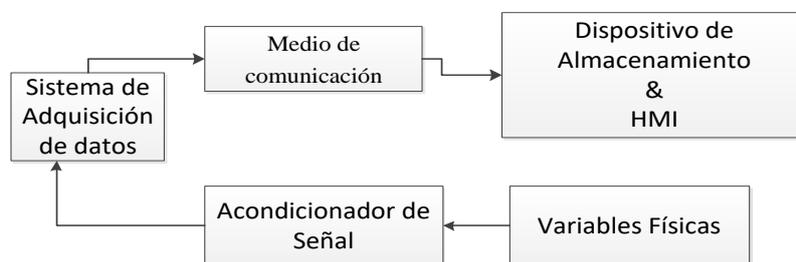
hacer el registro de datos de una o más variables, ahorrando la compra de equipo extra pues los sensores solo se adaptan al PLC y se aprovechan los buses de campo disponibles de este para comunicarse con otros dispositivos que necesiten los datos. En la Figura 6.6 se muestra la arquitectura planteada para desarrollar el sistema de adquisición, almacenamiento y recuperación de información del presente proyecto



**Figura 6.6:** Metodología para la resolución del problema de investigación

**Elaborado por:** Gandy Larco

El diagrama de bloques de la Figura 6.7 contiene las etapas implementadas para adquirir, visualizar, almacenar y recuperar la información generada por el GE



**Figura 6.7** Ciclo de adquisición, monitoreo y almacenamiento de datos del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

### 6.8.3. Metodología Adquisición de Datos

#### Acondicionamiento para la lectura de Presión de Aceite

El GE YAMAHA EDL13000TE trae incorporado un sensor resistivo para medir el valor de presión de aceite, los sensores resistivos utilizados en los GE para la medición de presión son considerados barómetros a distancia.

El sensor entrega valores en ohmio correspondientes al valor de la presión. En la Figura 6.8 se muestra la relación entre el valor en ohmios y la correspondencia en Bares.

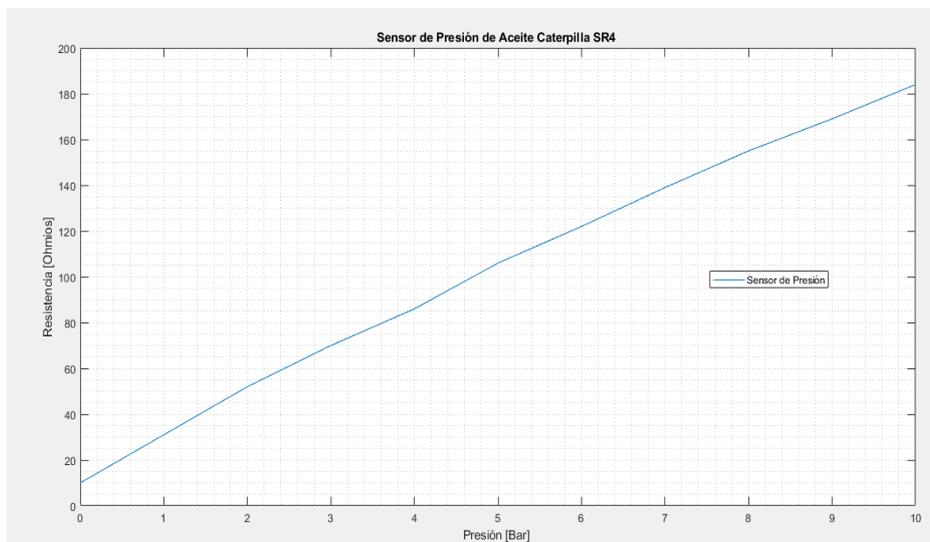
Las principales características del sensor del GE YAMAHA EDL13000TE se detallan a continuación en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1:** Características del sensor de presión de aceite

Hoja Técnica	Descripción
Rango de Medición	0-10 Bar
Categoría	Sensor de Presión
Aplicación	Monitoreo de Presión de Motores de combustión interna
Señal de salida	Analógica 10-184 Ohm
Funcionalidad	Medición de la presión de aceite de Motor
Comunicación	Analógica

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Fuente:** <https://vdo-webshop.nl/en/pressure-senders/317-vdo-pressure-sender-0-10-bar-m14.html>



**Figura 6.8:** Curva Característica Bar vs Ohmios sensor de presión

**Elaborado por:** Gandy Larco

En la Tabla 6.2 se indica la relación Bares versus Ohm con el factor de tolerancia del sensor, los valores expresados son datos de fabricación.

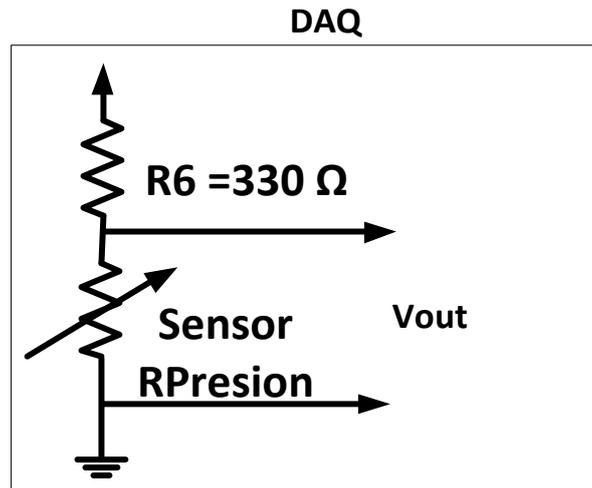
**Tabla 6.2** Relación Ohmios Bares sensor de Presión

Bar	$\Omega$	Factor de Tolerancia
0	10	$\pm 2\%$
1	31	$\pm 2\%$
2	52	$\pm 3\%$
3	70	$\pm 4\%$
4	86	$\pm 4\%$
5	106	$\pm 5\%$
6	122	$\pm 6\%$
7	139	$\pm 6\%$
8	155	$\pm 7\%$
9	169	$\pm 8\%$
10	184	$\pm 10\%$

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Referencia:** [http://www.klg.si/en/products/truck\\_parts/truck\\_parts\\_catalogs/sensors\\_and\\_switches\\_01.pdf](http://www.klg.si/en/products/truck_parts/truck_parts_catalogs/sensors_and_switches_01.pdf)

El diseño del acondicionador de señal para la adquisición del dato del sensor resistivo se lo realiza mediante el principio de divisor de voltaje mostrado en la Figura 6.9. En este caso el sensor comparte un tramo de cable (impedancia), para evitar ruidos de corrientes parásitas o de corrientes de retorno la teoría de compatibilidad electromagnética recomienda un acople resistivo (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2015), el mismo que consiste en aterrizar los circuitos al chasis o a mallas de aterramiento del equipo o sistema a monitorear en el apartado Anexo 5 Pruebas Experimentales se detalla los resultados obtenidos con el acondicionador propuesto.



**Figura 6.9:** Acondicionamiento de Señal sensor de presión

Elaborado por: Gandy Larco

### Cálculo analítico para el diseño del acondicionador de señal sensor de presión

Principio de divisor de voltaje

$$V_{outPLC} = \frac{+5VCC * R_{Presion}}{R_{Presion} + R6} \quad (1)$$

Donde :

$V_{outPLC}$  -> Voltaje sensor de Presión

$5VCC$  -> Voltaje de Fuente 5 voltios

$R_{Presion}$  -> Valor de la Resistencia del Sensor de Presión Valor variable Tabla 6.2.

$R6$  -> Resistencia de Referencia = 330 Ω

Para el mínimo valor de presión  $R_{Presion} = 10 \Omega$

$$V_{outP} = \frac{+5VCC * 10 \Omega}{10 \Omega + 330 \Omega}$$

$$V_{outP} = \frac{50V\Omega}{340\Omega}$$

$$V_{outP} = \frac{50V}{340} = 0.15V \Rightarrow 0Bar$$

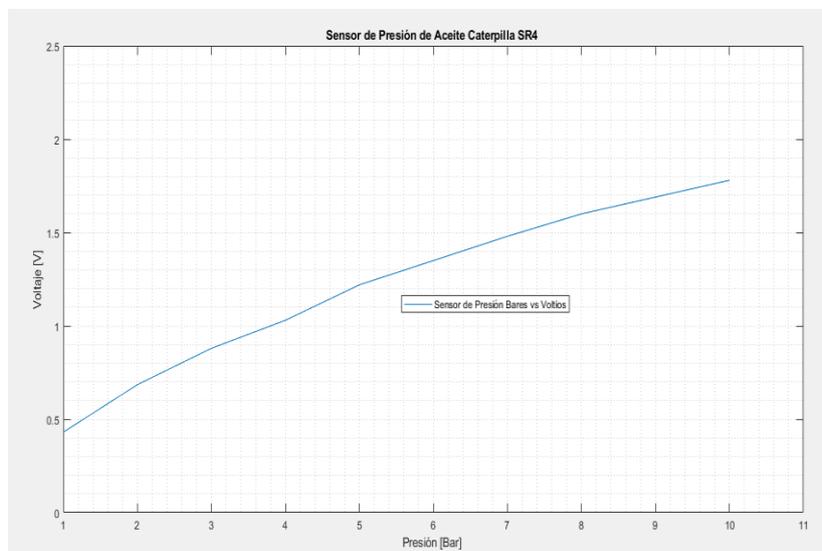
Para el máximo valor de presión  $R_{Presion} = 184 \Omega$

$$V_{outP} = \frac{+5VCC * 184 \Omega}{184 \Omega + 330 \Omega}$$

$$V_{outP} = \frac{920V\Omega}{514\Omega}$$

$$V_{outP} = \frac{920V}{514} = 1.79V \Rightarrow 10Bar$$

En la Figura 6.10 se muestra el valor de la presión expresado en voltios y la curva de respuesta del sensor a través del acondicionamiento de señal planteado en la Figura 6.9.



**Figura 6.10:** Curva de Relación Sensor de Presión Voltios vs Bares

**Elaborado por:** Gandy Larco

### Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura utilizado en el GE YAMAHA EDL13000TE es un termistor de tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura) es decir que la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura.

En la Tabla 6.3 se muestra los valores correspondientes al fabricante entre el valor de temperatura relacionado con el valor de resistencia.

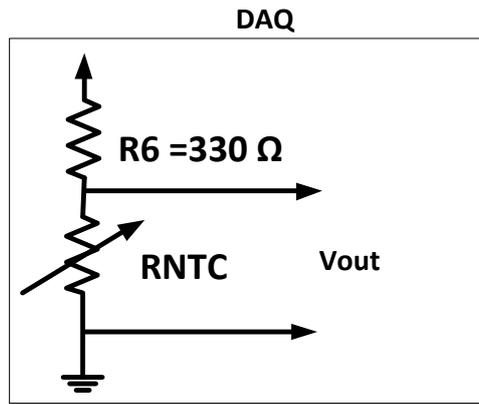
**Tabla 6.3** Relación Ohmios vs Bares sensor de Temperatura

Temperatura [C]	Termistor [ $\Omega$ ]	Tolerancia
20	2031	$\pm 5\%$
30	1286	$\pm 5\%$
40	843,9	$\pm 5\%$
50	569,9	$\pm 5\%$
60	388	$\pm 5\%$
70	277,8	$\pm 5\%$
80	200	$\pm 5\%$
90	146,7	$\pm 5\%$
100	108	$\pm 5\%$
110	82,7	$\pm 5\%$
120	63,5	$\pm 5\%$
130	49,3	$\pm 5\%$
140	38,9	$\pm 5\%$
150	30,4	$\pm 5\%$
160	24,4	$\pm 5\%$
170	19,8	$\pm 5\%$

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Fuente:** <https://es.aliexpress.com/item/5kw-7-5kw-three-phase-gasoline-generator-AVR-5KW28V-Capacitor-type-450v-220uf-Sengsing-inpute-28VAC/32800641228.html>.

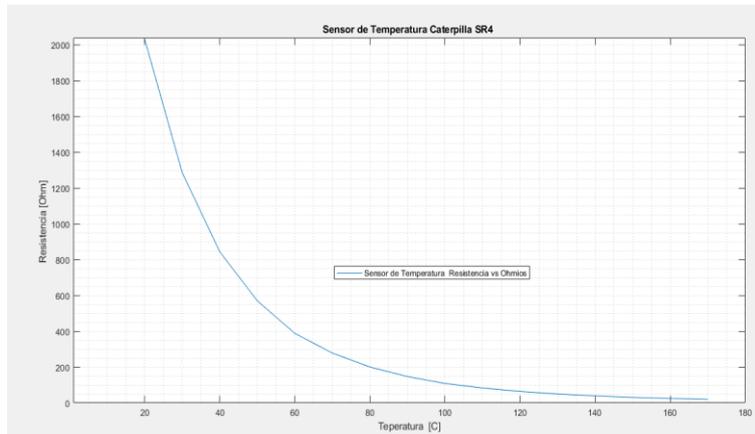
Para realizar el acondicionamiento de señal del NTC se utiliza el esquema de la Figura 6.11. Los resultados obtenidos del acondicionador planteado se muestran en el apartado Anexo 5 Pruebas Experimentales.



**Figura 6.11** Acondicionamiento de señal del sensor NTC

**Elaborado por:** Gandy Larco

La representación de la curva de respuesta del termistor NTC se muestra en la Figura 6.12, en la cual se relaciona el valor de la temperatura vs el valor de la resistencia del termistor NTC.



**Figura 6.12:** Curva de Respuesta del termistor NTC

**Elaborado por:** Gandy Larco.

Matemática existen algunos modelos que permiten aproximar el comportamiento de un termistor cuyas características son más o menos complejas. El modelo de Steinhart-Hart es una aproximación de tercer orden, ampliamente empleado para obtener el valor de la temperatura, a continuación se indica las ecuaciones matemáticas empleadas para obtener el valor de la temperatura del sensor NTC.

$$T_{sh} = \frac{1}{A + B \log^*(R) + C * (\log(R))^3} \quad (2)$$

Donde

$$A = 1.11492089e - 3$$

$$B = 2.372075385e - 4$$

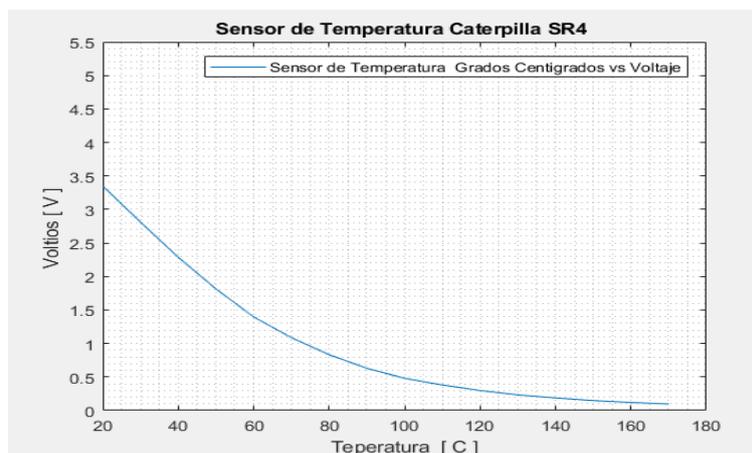
$$C = 6.954079529e - 83$$

$$R = \frac{R6 * VRNTC}{Vcc - VRNTC} \quad (3)$$

Para los sensores NTC se puede incluir la corrección por auto calentamiento para ello se utiliza la siguiente relación.

$$T = T_{sh} - \frac{V^2}{k * R} \quad (4)$$

En la Figura 6.13 se muestra la relación comprendida entre el valor de temperatura expresado en voltios es decir a la salida del acondicionador de señal.



**Figura 6.13:** Curva de relación Voltaje vs Temperatura  
Elaborado por: Gandy Larco

### Acondicionamiento para la adquisición de Voltaje AC

Entre las variables a medir se encuentran las líneas de voltaje (R-S-T) estas son evaluadas cuando el GE tiene exigencia de carga eléctrica. En los estudios sobre compatibilidad electromagnética se conceptualiza el acople mediante impedancias, el acople entre impedancias consiste en la transmisión de energía de forma inalámbrica entre dos bobinas

acopladas magnéticamente los mismos que son resonantes en la misma frecuencia (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2015).

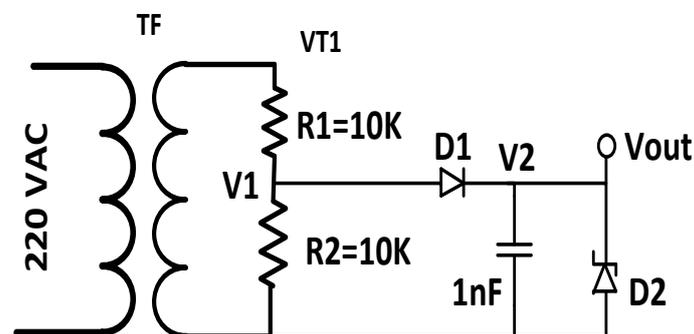
Todos los sistemas de adquisición de datos reciben valores discretos para poder ser procesados y mostrados en el mundo informático. Los rangos que soportan los PLC, tarjetas de adquisición de datos, sistemas embebidos están en rangos estandarizados entre 0-10 V, 0-5 V, 4-20 mA.

Los valores eficaces de voltaje entre líneas están 215 a 225 voltios de corriente alterna. Para que un sistema de adquisición de datos pueda interpretar esa información la señal debe ser discreta y en el rango de estandarizado.

Los transformadores de voltaje tienen la característica principal de reducir niveles de voltaje mediante el principio de inducción electromagnética, mediante un transformador es posible bajar el nivel de potencial a rangos cercanos a los requerido por lo sistemas de adquisición de datos sin embargo la señal que entrega el transformador es de voltaje alterno es decir es necesario discretizar la señal para ello en (Boyes, 2010) se explica entre los elementos pasivo a los diodos como elementos rectificadores de onda.

### Diseño del circuito acondicionador de señal de voltaje entre líneas

En la Figura 6.14 se indica el circuito esquemático para la adquisición de los niveles de voltaje entre líneas R-S, S-T, R-T del GE.



**Figura 6.14** Acondicionador de Voltaje de corriente Alterna a Voltaje de corriente Continua

**Elaborado por:** Gandy Larco

### Estimación analítica del circuito acondicionador de señal de voltajes entre líneas

$$V_p = 220VAC$$

$$V_s = 12VAC$$

$$V_1 = V_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

$$V_1 = 12Vac \frac{10000\Omega}{10000\Omega + 10000\Omega} = 6Vac$$

$$V_2 = 6 - VD_1$$

$$VD_1 = 0.6V$$

$$V_2 = 6 - 0.6 = 5.4VDC$$

$$V_2 = V_{out}$$

El valor de V2 es interpretado por el modulo SM

Elementos utilizados.

- Transformador 220Vac a 12 Vac
- Una Resistencia 10 k $\Omega$  (2)
- Un diodo 1N4007 (D1)
- Un Capacitor 1uF.
- Un Diodo Zenner 1N4739A (D2)

### **Explicación teórica del acondicionamiento de señal de voltajes entre líneas**

A la entrada del transformador en la Figura 6.14 se conecta la señal de energía producida por el GE. El transformador reduce la señal de 220 VAC a 12 Voltios VAC. El divisor de voltaje entre las resistencias de 10 k $\Omega$  y la de 10 k $\Omega$  dividen el valor RMS de 12 VAC a un valor máximo de 6 VAC en el punto V1. Por su parte el diodo 1N4007 elimina la parte negativa de la onda de energía, técnicamente el diodo 1N4007 es un rectificador de media onda con caída de tensión de 0.6 Voltios. Por su parte el capacitor filtra la señal elimina el rizado de la señal rectificada. Finalmente el diodo zenner 1N4739A sirve como protección de la entrada del sistema de adquisición de datos 10 VCD.

### **Acondicionamiento de señal de corriente**

Para realizar la medición del flujo de corriente se utiliza un sensor de efecto hall por la facilidad anclaje sobre los conductores sujetos de medición. Un sensor de efecto hall está en la capacidad de medir el flujo de corriente eléctrica sin contacto directo la medición lo hace a través del campo magnético que genera un conductor en el cual hay flujo de electrones.

El sensor SCT-013 (SCT013-030, 2019) entrega como salida una señal de corriente relacionada a la corriente de circulación o de consumo, la relación entre las corrientes de entrada y salida se indica en la tabla 6.4

**Tabla 6.4** Relación de entrada de corriente a salida de corriente

Sensor	Señal de entrada	Señal de salida
	0 A	0 mA
SCT-013-300A	100 A	50 mA

**Elaborado por:** Gandy Larco

Fuente:[https://www.mcielectronics.cl/website\\_MCI/static/documents/Datasheet\\_SCT013.pdf](https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Datasheet_SCT013.pdf)

En (SCT013-000, 2019) se indica la relación de operación de la serie de sensores SCT en la Figura 6.15 se observa la relación de trabajo de los sensores de serie SCT

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

※ Output type: voltage output type built-in sampling resistor, current output type built-in protective diode.

**Figura 6.15** Rangos de operación de los sensores SCT

Fuente:[https://www.mcielectronics.cl/website\\_MCI/static/documents/Datasheet\\_SCT013.pdf](https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Datasheet_SCT013.pdf)

En la Figura 6.15 se puede observar que el valor de la salida a máxima corriente es un voltio, para llegar a un voltio de salida en el sensor SCT013-000 a continuación se realiza el respectivo cálculo matemático.

$I_i$  = Corriente de carga

$I_s$  = Corriente de sensor

$V_{out}$  = Voltaje de salida

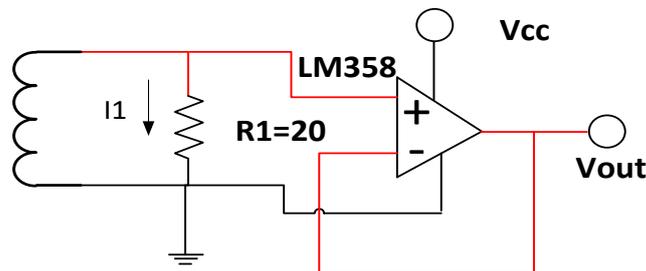
Ley de ohm

$$V_{out} = I_s * R \quad (6)$$

$$R = \frac{V_{out}}{I_s} \quad (7)$$

$$R = \frac{1V}{50mA} = 20\Omega$$

Con una resistencia de  $20\Omega$  a máxima corriente de carga se llega a un voltio de salida. En la Figura 6.16 se muestra el diagrama esquemático empleado para realizar el acondicionar de señal



**Figura 6.16** Acondicionador señal de Corriente de Carga proveniente del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

### **Acondicionamiento de señal de Frecuencia**

En su forma más básica, la frecuencia es cuántas veces se repite algún evento. En el caso de corriente eléctrica, la frecuencia es el número de veces que una onda sinusoidal se repite, o completa, un ciclo de positivo a negativo en un segundo.

La frecuencia de la corriente alterna es el número de ciclos por unidad de tiempo (segundos) de una onda sinusoidal de corriente alterna (CA). En otras palabras, la frecuencia es la velocidad a la que la corriente cambia de sentido por segundo. La unidad de medida son los hercios (Hz), una unidad internacional de medida donde 1 hercio es igual a 1 ciclo por segundo.

La señal que emite cada línea del GE es de forma sinodal como se indica en la Figura 6.20, sin embargo el PLC S7-1200 no tiene la capacidad de adquirir ese tipo señal, el PLC S7-1200 puede adquirir señales variantes en el tiempo a través de las entradas especiales

denominadas entradas rápidas, las entradas rápidas adquieren los datos por medio de cambio de estados es decir cuenta los cambios de niveles de voltaje de 0 voltios a 24 voltios. La entrada rápida configurada como contador cuenta el número de veces que la señal alterna llega al pico más alto (cresta de la señal).

De nociones básicas de electricidad se conoce que la frecuencia de la red eléctrica para Ecuador es de 60 Hz (Pagaelpto.com, 2019), el periodo (T) es la relación inversa de la frecuencia (F).

$$T = 1/F \quad (8)$$

$$T=1/60(\text{Hz})$$

$$T=0.0166666 \text{ ms}$$

Con el valor de  $T= 0.016666 \text{ ms}$  se determina cuantos pulsos en una unidad de tiempo, la unidad de tiempo es un segundo, un segundo tiene 1000 ms, en este periodo se puede tener 60 ciclos.

Entre los tipos de acoplamientos de señales existentes tenemos los acopladores ópticos estos acopladores son circuitos que a más de acoplar señales de potencia a señales digitales aíslan señales emitidas por diferentes circuitos o fuentes emisoras de energía. Comercialmente existen diferentes alternativas para realizar el acondicionador óptico. En la Tabla 6.5 se tiene las características técnicas de los dispositivos ópticos disponibles en el mercado.

**Tabla 6.5** Optoacopladores comerciales

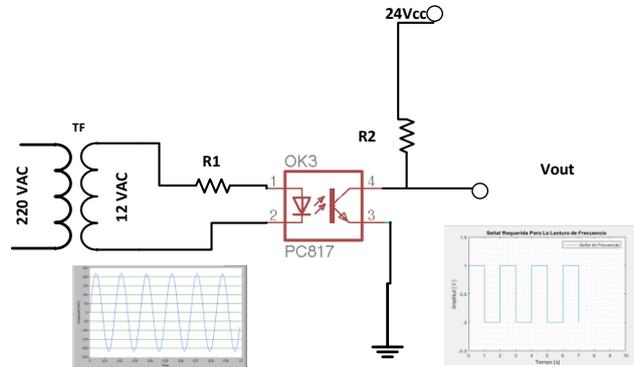
Optoacopladores	Aislamiento entre la entrada y salida	Corriente de Saturación	Frecuencia máxima	Voltaje de Ruptura
PC123	5 KV	20 mA	80 KHz	70 V
PC817	5 KV	20 mA	80 KHz	70 V
TLP621	890 V	20 mA	80 KHz	38 V
4N35	5 KV	20 mA	80 KHz	70 V
4N36	5 KV	20 mA	80 KHz	70 V
4N37	5 KV	20 mA	80 KHz	70 V

**Elaborado por:** Gandy Larco

**Fuente:** <https://www.proyectoelectronico.com/componentes/optoacoplador-optoaislador.html>

Recordando que la señal de frecuencia a leer está en 60 Hz como máximo es posible trabajar con cualquier dispositivo óptico.

En la Figura 6.18 se muestra el diseño del sistema de acondicionamiento de señal sinusoidal el propósito es obtener un señal de pulsos para conectarla a la entrada de un sistema de adquisición de datos.



**Figura 6.17:** Acondicionador de señal de Onda para medir la señal de frecuencia de operación del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

Para determinar una relación en la cual el foto transistor PC817 trabaje en su región óhmica, es necesario calcular R1 tal que la corriente sea inferior a 1mA.

### **Estimación de la resistencia de polarización del PC817**

Una forma experimental para determinar dicho valor es elegir una corriente de led en un valor intermedio que puede ser entre 0.4mA a 0.5 mA. Debemos conocer el valor del voltaje de la señal de entrada para determinar el valor de la resistencia de entrada mediante la siguiente relación matemática.

$$R1 = (Vin - VF) * IF \quad (9)$$

Donde

R1 Resistencia de polarización

Vin Voltaje de entrada 12 VCC valor maximo

VF Voltaje de polarización del diodo 1.2 Voltios (hoja de datos tecnica)

IF Corriente de saturación del diodo entre 0.4 a 0.5 (hoja de datos tecnica)

$$R1 = (12V - 1.2V) / 20mA$$

$$R1 = 540\Omega$$

El valor más próximo estándar de resistencia comercial es 470 o 560

#### **6.8.4. Adquisición de datos**

Para realizar las tareas de adquisición de datos es necesario implementar los circuitos esquemáticos detallados gráficamente y analíticamente en el apartado Metodología Adquisición de Datos. El diseño de la tarjeta DAQ tendrá inmerso los circuitos acondicionadores de voltaje para las variables de presión, temperatura, niveles de voltaje, señales de corriente y frecuencias de operación del Ge. Para el diseño y fabricación de la DAQ se utilizó el software Proteus el esquemático y diseño se indican en el Anexo 4 del presente trabajo.

El sistema de adquisición de datos se complementa mediante un sistema embebido, PLC, FPGA... que permita mostrar y almacenar las variables discretas entradas por la DAQ.

En los últimos años la empresa LÁCTEOS LA POLACA GUSTALAC S.A. realiza los procesos de automatización bajo la línea de la casa comercial Siemens con la finalidad de estandarizar la adquisición de repuestos y soporte técnico de la planta de producción, por la razón expuesta el dispositivo para adquirir las señales de los sensores debe necesariamente ser un dispositivo SIEMENS.

Siemens dispone de los siguientes modelos de autómatas programables S7-300, S7-400, S7-1200 y S7-1500 los mismos que clasifica como PLC de gama alta PLC de gama - baja. En la Figura 6.19 se indica las características del PLC de la familia S7 de Siemens la misma que servirá para seleccionar el autómata adecuado a los requerimientos de presente trabajo.

FAMILIA S7-200	VOLTAJE NOMINAL	ENTRADAS DIGITALES	SALIDAS DIGITALES	MEMORIAS DE DATOS	PUERTOS DE COMUNICACIÓN
221	24VDC	6 IN	4 OUT	2048 BYTES	DP
222		8 IN	6 OUT	2048 BYTES	
224		14 IN	10 OUT	8192 BYTES	
224XP/XPsi					
226		24 IN	16 OUT	10240 BYTES	
<b>FAMILIA S7-300</b>					
312	24VDC			32	MPI
312C		10	6	32/64 KBYTES	
313C		24	16	64/128 KBYTES	MPI
313C-2 DP		16	16		MPI/DP
313C-2 PtP		16	16		MPI/PtP
314				96/128	MPI
314C-2-DP		24	16	96/192	MPI/DP
314C-2-PN/DP				192	MPI/DP
314C-2-PtP				96	MPI/PtP
315-2-DP					
315-2-PN/DP				256/384	DP/PN
315F-2-DP				192/384	DP/MPI
315F-2-PN/DP				256/512	PN/DP
317-2-DP				512/1024	MPI/DP
317-2 PN/DP				1024	PN/DP
317F-2-DP				1024/1536	MPI/DP
317F-2-PN/DP					MPI/DP/PN
319-3 PN/DP				1400/2048 KBYTES	MPI/DP/PN
319F-3-PNDP				1400/2560	
<b>FAMILIA S7-400</b>					
412-1	24VDC			144	DP/MPI
412-2-DP				256	DP/MPI
412-2-PN				512	DP/PN
414-2-DP				512	DP/MPI
414-3-DP				1,4 MB	DP/MPI
414-3-PN/DP				1.4/2 MB	DP/PN
414F-3-PN/DP				2 MB	DP/PN
416-2 DP				2.8 MB	MPI/DP
416-3-DP				5.6 MB	MPI/DP
416-3-PN/DP				5.6/8 MB	MPI/DP
416F-2-DP				16 KB	MPI/DP
416F-3-PN/DP				5.6/8 MB	DP/PN
417-4				15 MB	MPI/DP

**Figura 6.18** Características de los autómatas Siemens

**Fuente:** <http://www.autracen.com/plcs-siemens-elijo/>

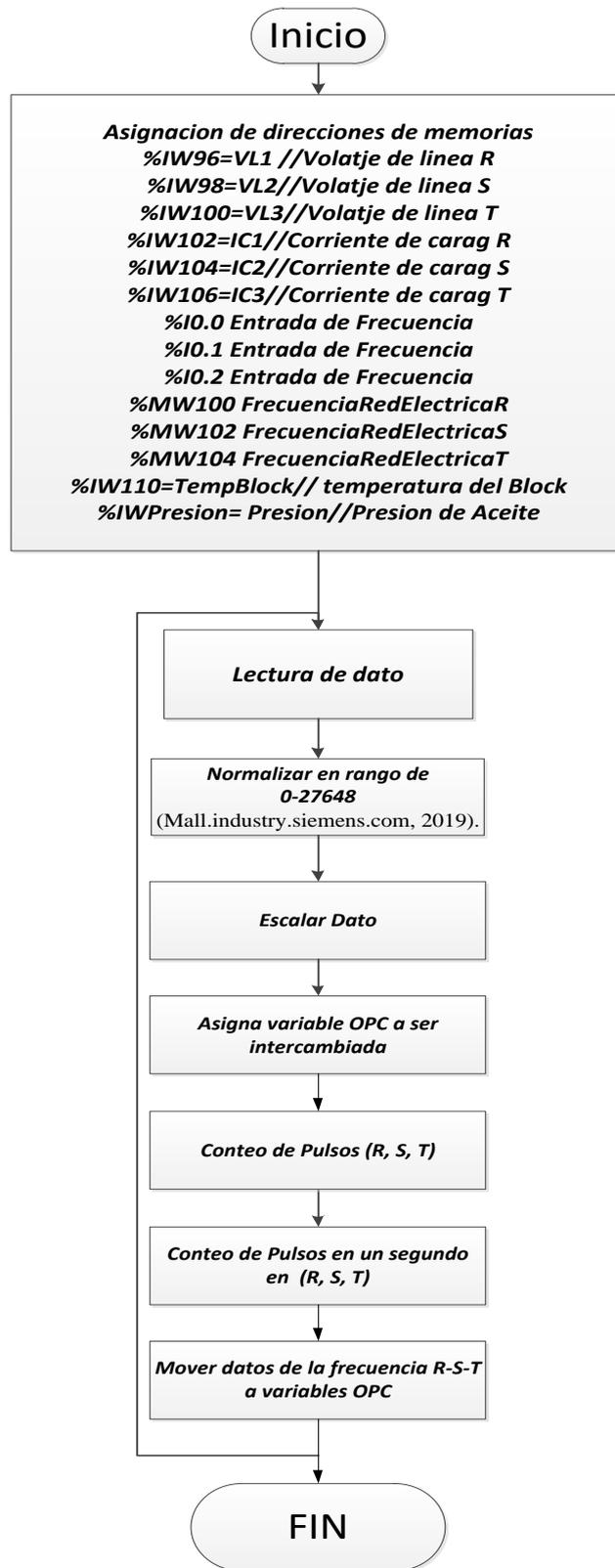
La principal diferencia es el número de entradas y salidas de los autómatas, para el presente trabajo es necesaria tres señales digitales, es decir un PLC de la familia S7-1200 cumple con satisfacción el requerimiento de las entradas digitales, mientras que para la lectura de datos analógicos de voltaje es necesario un módulo extra que adquiriera señales de voltaje. S7-1200 tiene la posibilidad de conectar un módulo de expansión

identificación SM1231 (Mall.industry.siemens.com, 2019). El módulo SM1231 puede adquirir ocho señales analógicas de voltaje en los rangos +/-10 V, +/- 5 o +/- 2.5.

En el apartado Metodología Adquisición de Datos del presente trabajo se analiza el sensor, el tipo de acondicionador y la señal que se obtiene para adquirirla al mundo digital para poder ser presentada y/o almacenarla.

El tipo de señal a adquirir es obtenida del estudio realizado en el apartado Anexos 5 Pruebas Experimentales, los sensores son acondicionados a niveles de voltaje y en total se requiere leer ocho señales de voltaje y tres entradas de tipo contador.

La estructura del sistema de adquisición de datos queda constituido con un PLC S7-1200 y un módulo de entradas analógica SM1231. En la Figura 6.20 se indica la lógica empelada para realiza la tarea de adquisición de datos



**Figura 6.19** Algoritmo adquisición de datos PLC S7-1200

**Elaborado por:** Gandy Larco

En el anexo 3 se adjunta la codificación del diagrama Algoritmo adquisición de datos PLC S7-1200

#### **6.8.5. Medio de comunicación OPC Server**

A nivel industrial existen diferentes medio o mecanismo utilizados para realizar las tareas de intercambio de información como OPC server, protocolos de comunicación industrial. En la arquitectura planteada se establece utilizar LbView como interfaz hombre máquina, por esta razón se aprovecha el OPC Server propio de la empresa americana National Instruments para realizar las tareas de intercambio de información.

El mecanismo de intercambio de información OPC es una tecnología de comunicación con una arquitectura de cliente y servidor. Una aplicación actúa de servidor proporcionando datos y otra actúa como cliente leyéndolos o manipulándolos (Team, 2019). Mediante el OPC es posible el intercambio de información entre múltiples dispositivos y aplicaciones de control sin restricciones o límites impuestos por los fabricantes. Un servidor OPC puede estar comunicándose continuamente con los PLCs de campo, RTUs, estaciones HMI u otras aplicaciones. Aunque el hardware y el software provengan de diferentes marcas comerciales, el cumplimiento del estándar OPC posibilita la comunicación continua en tiempo real.

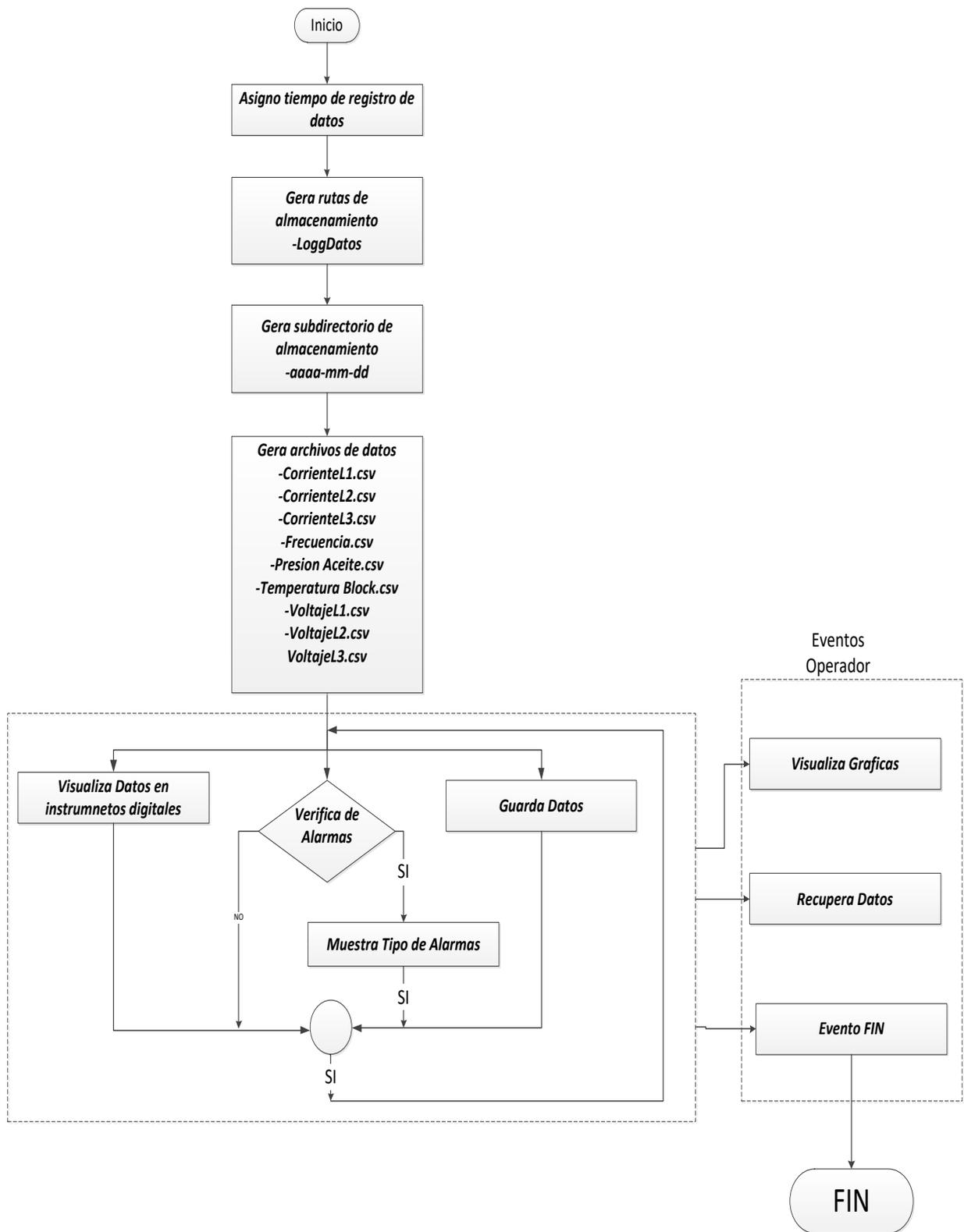
La interoperabilidad, las soluciones modulares y la libertad de elección han sido los grandes motivadores para que los usuarios de todo el mundo – y por tanto los proveedores – hayan incorporado OPC a sus entornos industriales. En el apartado Anexo 1 están los pasos a seguir para configurar el OPC Server en NI OPC Server.

#### **6.8.6. Implementación de la interfaz gráfica HMI.**

Un HMI es una herramienta informática que le permite a un operador humano interactuar con el proceso de alguna máquina, con el propósito de determinar el estado o la magnitud de las variables físicas que se encuentran presentes en la planta. Se puede considerar HMI a todo dispositivo que se encuentra al alcance del operador y permite manipular, monitorear o registrar información.

En (Rodríguez Penin, 2013) se detalla ampliamente los conceptos, recomendaciones, procedimiento para desarrollar un HMI exitosa en las tareas de visualización de datos. Se considera fundamental la efectividad y el rendimiento de un HMI. En las aplicaciones HMI implementadas deben tener características de operación intuitivo, es recomendable asignara horas en la parte de diseño. Interesa tener una aplicación práctica, sencilla y cómoda antes que una vistosa, llena de controles colores o animaciones que pueden terminar cansando al operador (Rodríguez Penin, 2013).

En base a la teoría sobre MHI y SCADA se plantea el algoritmo del HMI para el presente proyecto en la Figura 6.20.



**Figura 6.20** Diagrama de Flujo del proceso de almacenamiento de datos

**Elaborado por:** Gandy Larco.

**Metodología de visualización de datos**

La HMI es el canal por el cual el operador interactúa, intercambia información con los sistemas automáticos. Las prestaciones de los HMI es proporcionar información y control sobre los procesos físicos. La calidad del diseño de un HMI radica en su pantalla, la misma que debe ser fáciles de entender con opciones claras esto provocara menor cantidad de errores aumentará la productividad, reduciendo el estrés de los operadores y evitará pérdidas significativas para la empresa.

La implementación del HMI basa su diseño en la normativa ISA 101 en lo referente a la Filosofía, Guía de estilos, Símbolos y equipos del HMI y las herramientas.

### **Filosofía**

La implementación de un HMI tiene por objeto presentar de manera gráfica las principales características de la planta tales como valores de trabajo, variables de procesos o de operación, advertencias o alarmas. Toda la filosofía basa su esfuerzo en tratar de dar al operador la mayor cantidad de información de manera oportuna de forma visual para realizar trabajos óptimos en las empresas.

### **Guía de estilo**

Si bien es cierto existen diferente formas para implementar interfaces sin embargo ISA 101 se refiere a la parte estética y arquitectura de software. Para el presente trabajo muestra el estado actual de los voltajes de línea R-S-T, las corrientes de carga en las líneas R-S-T, la frecuencia de operación de las líneas R-S-T, la temperatura del block y la presión de aceite del motor. Las variables son presentadas en tiempo de ejecución y puede recuperar de datos históricos guardados previamente.

En relación a la utilización de los colores ISA 101 manifiesta que se deben diferenciar perfectamente en el caso de utilizar colores fuertes deben ser para informar de fallas de la planta de monitoreo.

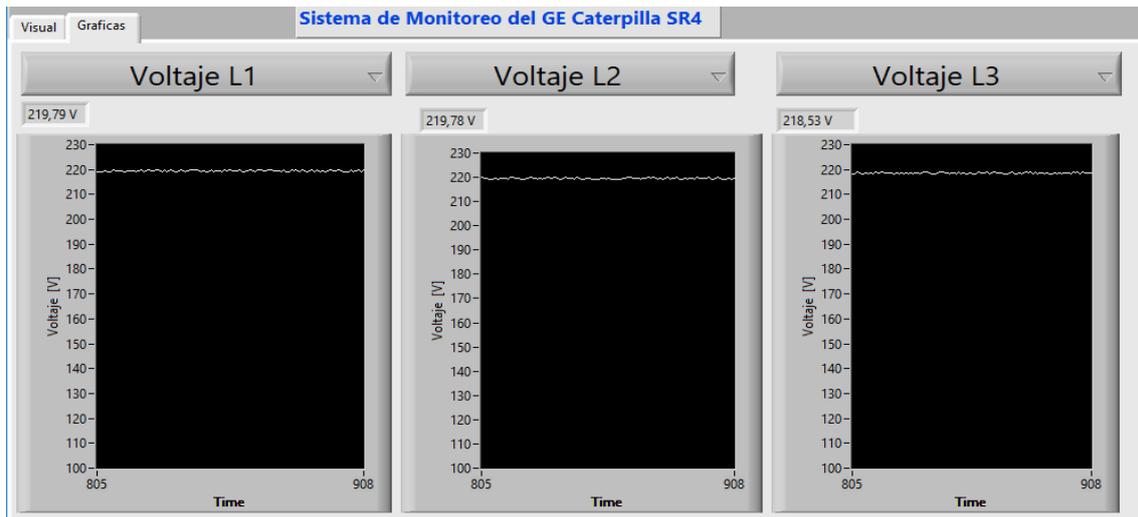
### **Herramientas**

La herramienta informática empleada para realizar la visualización de las variables físicas es LabView.

Labview permite desarrollos rápidos de interfaces, interconexión con dispositivos de adquisición de datos de diferentes fabricantes, adición de módulos como OPC.

### **Diseño del HMI**





**Figura 6.22** Pestaña de Visualizan en forma gráfica de la señales físicas del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco.

### Metodología Verificación de alarmas

Para determinar si una de las variables físicas se encuentra en modo de alarma o advertencia es necesario establecer parámetros de operación. Los parámetros de operación son los niveles máximos y mínimos de funcionamiento del GE, en el HMI desarrollado existe la posibilidad de establecer estos parámetros mediante el evento de presionar el botón *Rangos de Trabajo* ubicado en la parte derecha superior se desplegará el cuadro de dialogo mostrado en la Figura 6.23 en el cual se establecen los parámetros de operación

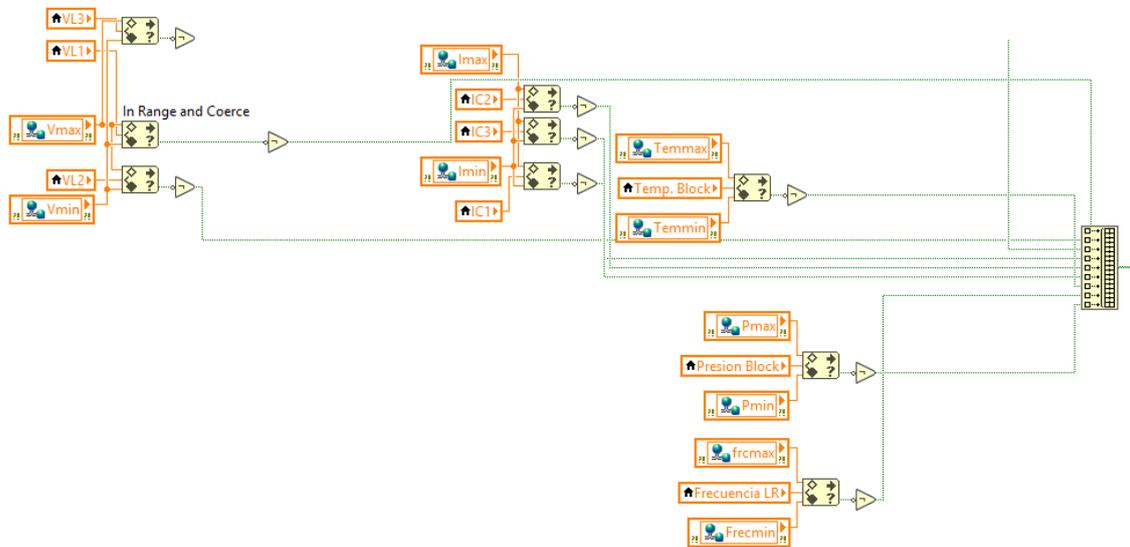
Niveles Normales de Operacion del GE	Variables del GE				
	Voltaje	Corriente	Presión	Temperatura	Frecuencia
Superior	V max 230 V	I max 30 Amp	P max 5 Bar	T max 89 °C	F max 65 Hz
Inferior	V min 215 V	I min 0 Amp	P min 2 Bar	T min 0 °C	F min 55 Hz

SALIR

**Figura 6.23** Cuadro de Dialogo para establecer los parámetros de operación del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco.

Con los niveles establecidos se monitorea de manera constante el valor de la señal física de entrada en relación a los valores establecido como normales. En la Figura 6.24 se muestra el código utilizado para analizar el estado de alarmas de las variables físicas la función *In Range and Coerce* entrega un estado de 1 lógico cuando la señal ha salido del rango establecido con ese estado lógico se procede a llenar la tabla de alarmas como se indica en la Figura 6.25.



**Figura 6.24** Verificación de alarmas de las variables físicas del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco.

<b>ALARMAS</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Evento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>
<b>Falla de Voltaje R</b>	<b>ALARMA</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Falla de Voltaje S</b>	<b>ALARMA</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Falla de Voltaje T</b>	<b>ALARMA</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Sobre Corriente R</b>	<b>Advertencia</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Sobre Corriente S</b>	<b>Advertencia</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Sobre Corriente T</b>	<b>Advertencia</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Temperatura</b>	<b>Alarma</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Frecuencia Fuera de Rango</b>	<b>Alarma</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>
<b>Sobre Presion</b>	<b>Alarma</b>	<b>07/07/2019</b>	<b>1:55</b>

**Figura 6.25** Tabla de alarmas del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco.

## **Metodología Almacenamiento de datos**

Las empresas buscan mejorar su productividad recopilando información proveniente de los sistemas de producción. Existen dos tipos de información en los sistemas de producción, los tipos de información son: información estructurada como son las bases de datos, y la información no estructurada como la que generan los archivos de texto, archivos de audios y archivos de videos.

Para realizar las tareas de almacenamiento se debe considerar infraestructuras flexibles pero también seguras. Entre las opciones de almacenamiento se tienen: almacenamiento local, almacenamiento accesible en la red, almacenamiento en dispositivos externos.

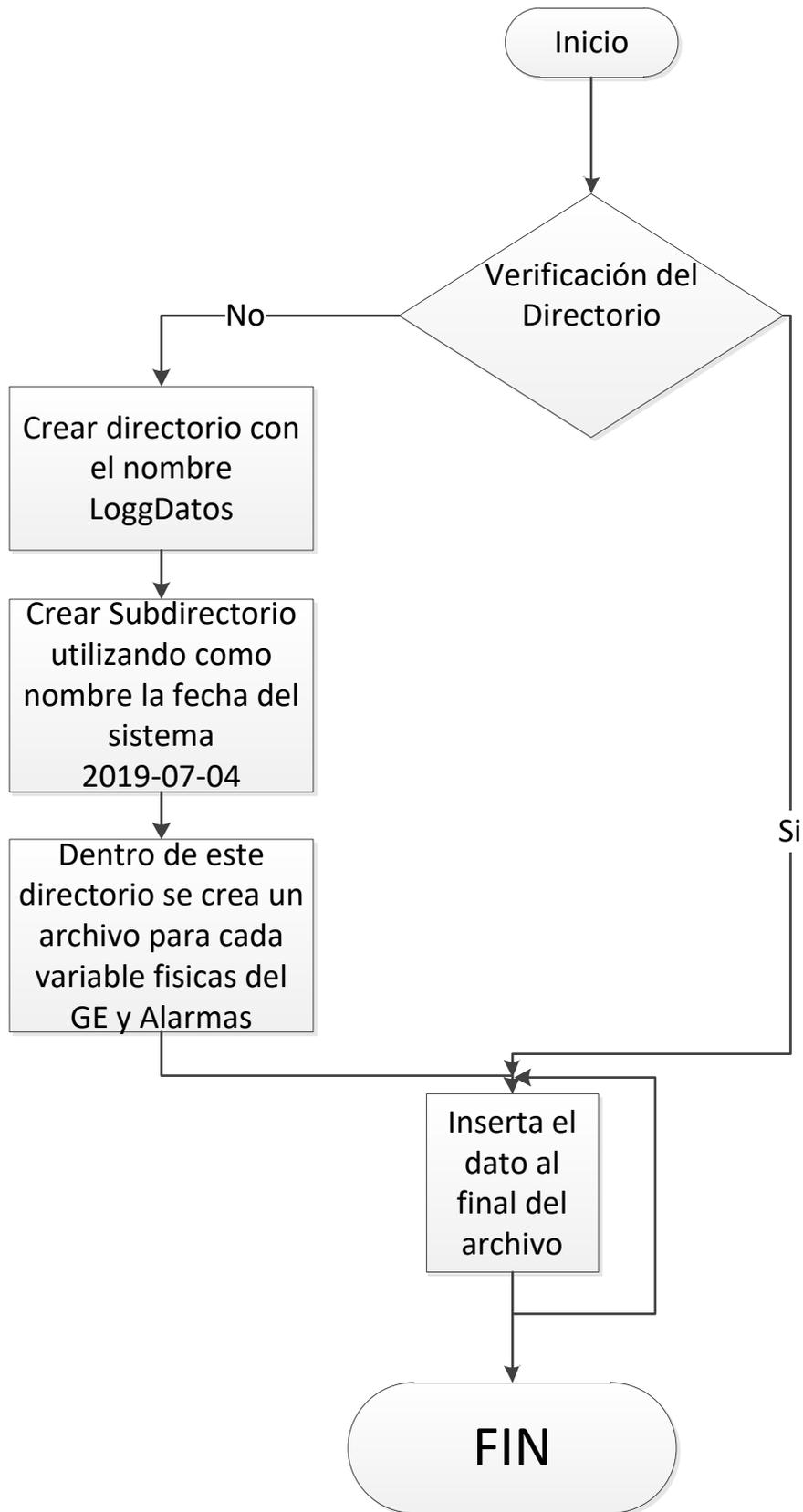
Para el presente proyecto se emplea la utilización de almacenamiento local, el propósito es almacenar la información y poderla analizar en el punto almacenado o trasladar la información a otros sitios para ser analizada. Debido a que el lugar en el que se genera la información carece de acceso a la red la opción más adecuada es almacenar la información en un dispositivo en el cual se puede copiar los datos almacenados.

Para realizar las tareas de almacenamiento se debe considerar las siguientes políticas.

- ¿Qué tipo de información se debe almacenar?  
Para el GE está determinado que se almacene los valores RMS de las señales de voltaje de línea R-S-T. Los valores de las corrientes de carga de las tres líneas R-S-T, el valor de la frecuencia de trabajo, el valor de la presión de aceite en el block y el valor de la temperatura del block
- ¿Cuánto Tiempo se debe disponer de dicha información?  
El tiempo de conserva del registro está a consideración del operador del GE es decir el log de datos permanecerá indefinidamente en el disco duro de PC empelado para esta tarea
- ¿Quién tiene acceso a la información almacenada?  
Todo aquel que requiera información sobre la operación del GE.

### **6.8.7. Generación del Archivo Log de datos**

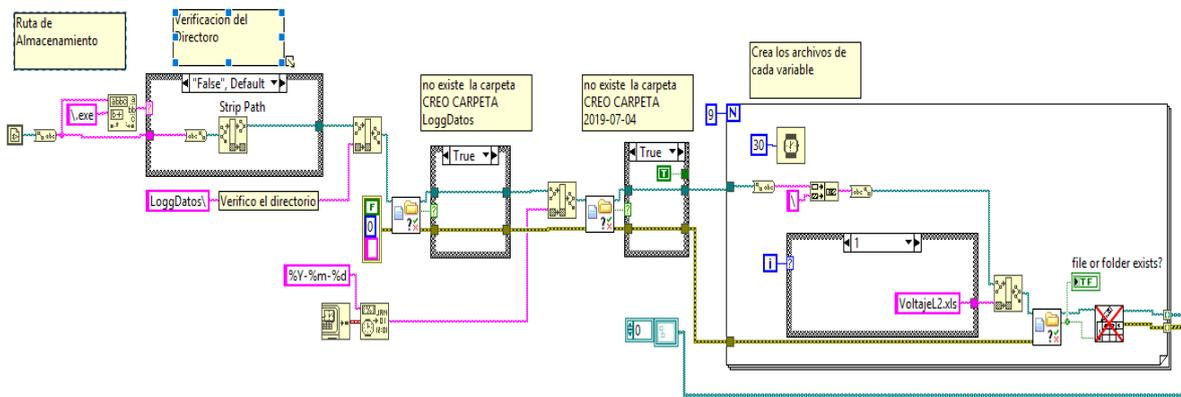
Se implementa un algoritmo totalmente autónomo para la generación del directorio y el archivo que contiene el registro de datos. En la Figura 6.26 se indica el algoritmo empleado para la generación del log de datos.



**Figura 6.26** Algoritmo generación del log de datos del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco.

En la Figura 6.27 se indica la codificación del algoritmo de la Figura 6.26



**Figura 6.27** Codificación para la generación del directorio del log de datos

**Elaborado por:** Gandy Larco.

Para la tarea de insertar los datos al final del archivo se desarrolló un SubVi que recupera la ruta de cada archivo agrega la fecha-hora-dato almacenado mostrado en la Figura 6.28.

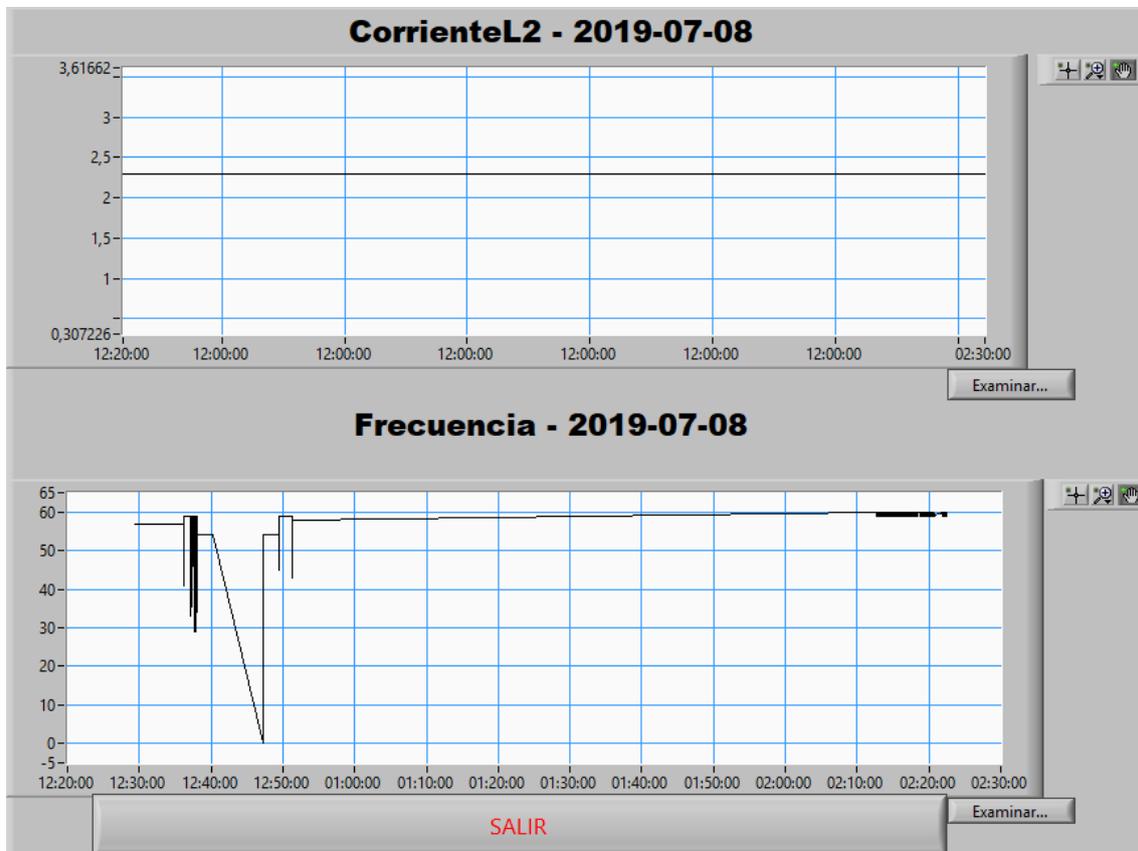
	A	B	C	D	E	F
1	07/07/2019 0:00	00:00:26;409	119,23			
2	07/07/2019 0:00	00:00:26;481	123,32			
3	07/07/2019 0:00	00:00:26;565	126,23			
4	07/07/2019 0:00	00:00:26;659	125,26			
5	07/07/2019 0:00	00:00:26;758	122,56			

**Figura 6.28** Codificación y Archivo para el almacenamiento de log de Datos

**Elaborado por:** Gandy Larco.

### 6.8.8. Recuperación de Datos

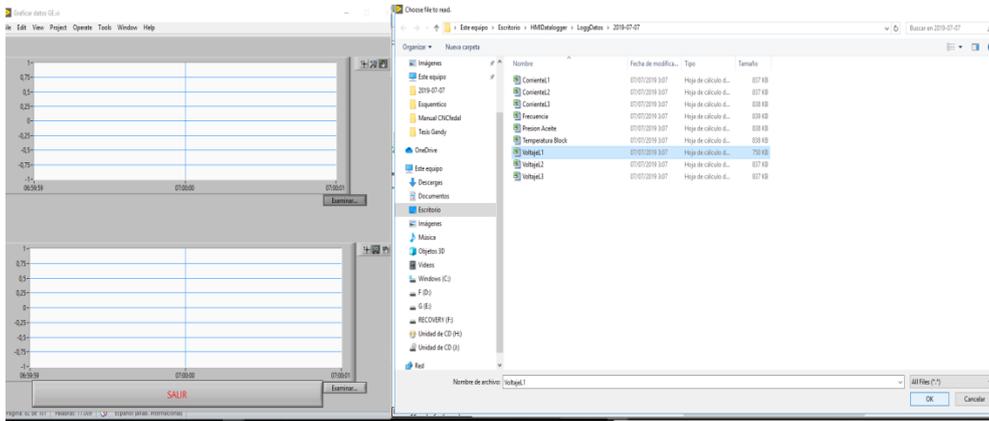
Finalmente el HMI implementado para el GE permite recuperar los datos generados previamente. En la pestaña Visual del HMI en la parte superior derecha se encuentra el botón *Abrir Archivo* este botón abre la interfaz de recuperación de datos como se muestra en la Figura 6.29.



**Figura 6.29** Interfaz para recuperar el log de datos

**Elaborado por:** Gandy Larco.

La interfaz para la recuperación de log de datos permite visualizar dos variables de manera simultánea, mediante el botón examinar se direcciona a la ruta generada previamente por el HMI con eso se selecciona la variable requerida a supervisar en la Figura 6.30 se indica el proceso de carga del archivo Log de datos del GE

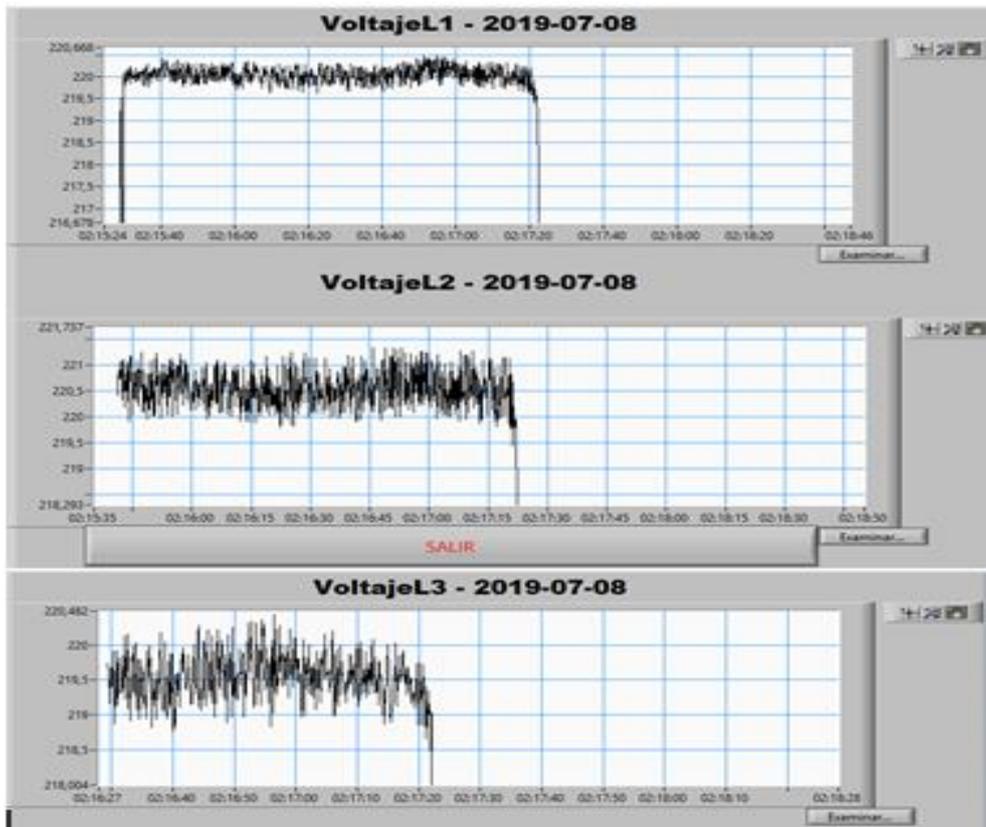


**Figura 6.30** Carga del archivo Log a la interfaz visual del HMI

**Elaborado por:** Gandy Larco.

### 6.8.9. Resultados experimentales

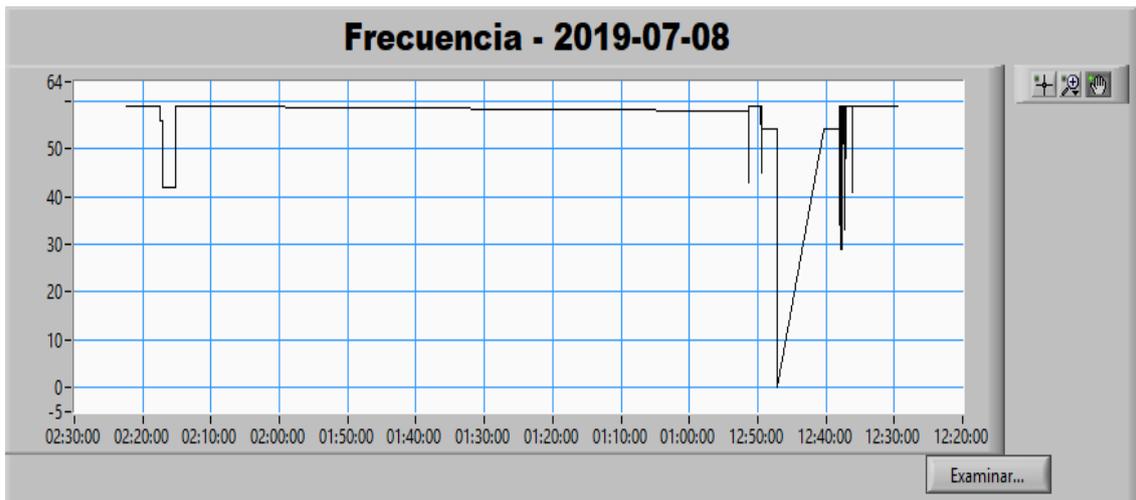
Para verificar el funcionamiento del sistema implementado se realiza arranques de GE y se registran los datos generados por el HMI. En la Figura 6.31 se muestra la recuperación de datos correspondientes al voltaje de generación del GE en las tres fases



**Figura 6.31:** Señal de voltaje de estabilización en el arranque del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

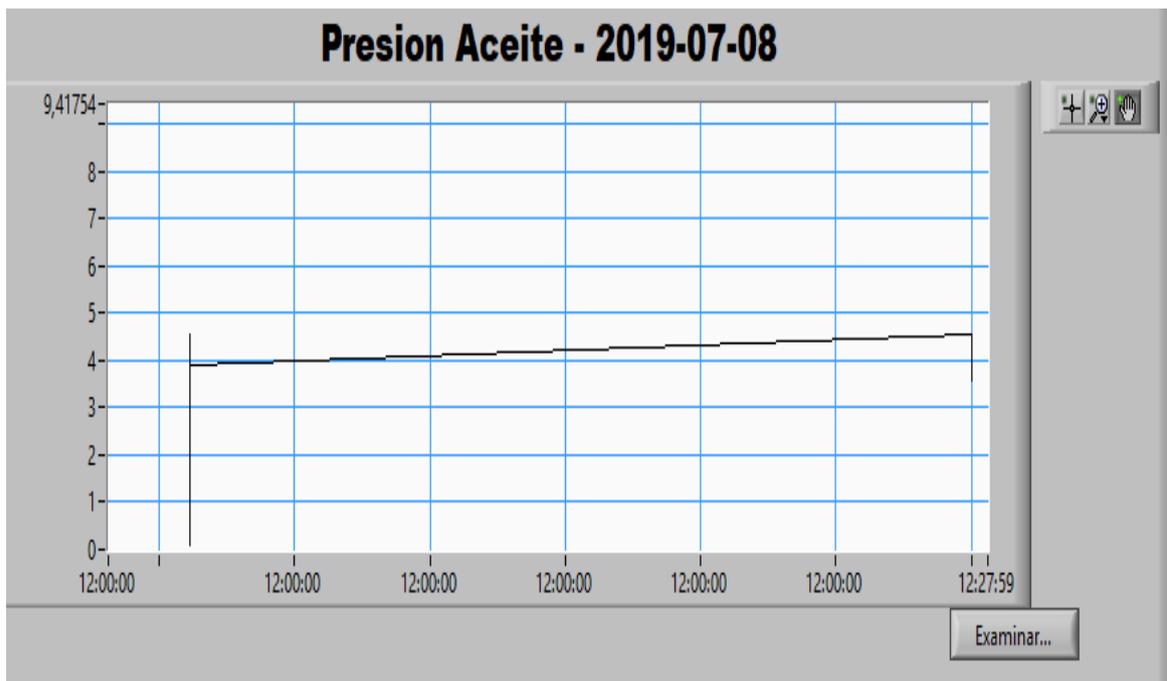
Por su parte la Figura 6.32 muestra los valores obtenidos por el data logger del valor de la variable de frecuencia.



**Figura 6.32:** Señal de frecuencia en el arranque del GE

**Elaborado por:** Gandy Larco

Otra variable que muestra el arranque de manera normal es la presión de aceite del lubricante, la curva de arranque de la presión de aceite se indica en la Figura 6.33.



**Figura 6.33** Curva de arranque de la presión de aceite

**Elaborado por:** Gandy Larco

### 6.8.10. Demostración de la hipótesis

El presente proyecto de investigación plantea como hipótesis las siguiente condiciones:

**Hipótesis nula (H0)** = “La implementación de un sistema de monitoreo aplicado a grupos electrógenos **NO** permitirá evaluar el funcionamiento del grupo electrógeno de forma eficiente”

**Hipótesis Alternativa (H1)** = “La implementación de un sistema de monitoreo aplicado a grupos electrógenos **SI** permitirá evaluar el funcionamiento del grupo electrógeno de forma eficiente”.

Para la demostración de la hipótesis del sistema Data logger se emplea el proceso ensayo error, este proceso consiste en probar una alternativa y verificar si funciona. Para el presente caso la alternativa a probar el sistema en conjunto es decir: los sensores, los circuitos de acondicionamiento de señal, el sistema de adquisición de datos (PLC) y el HMI.

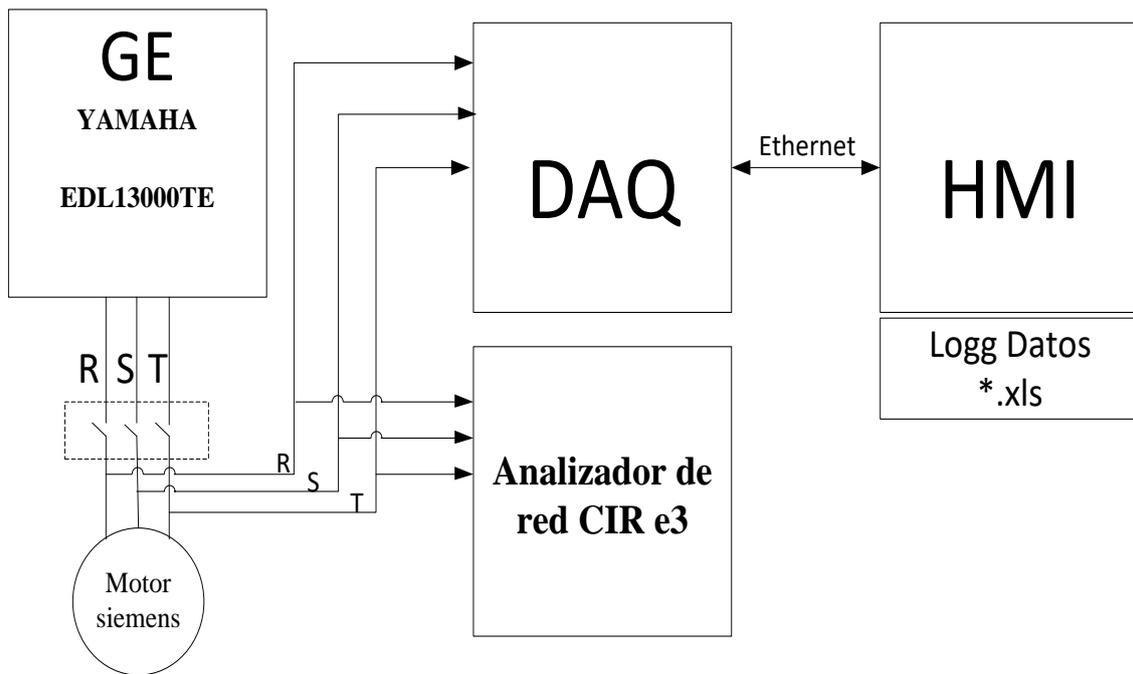
Para la demostración de la hipótesis se plantea el siguiente ensayo.

Por el periodo aproximado de una hora se hará trabajar al GE al mismo que se le aplicará carga y quitara carga, se variara la frecuencia de operación. El comportamiento del GE será almacenado por el Sistema Data Logger y un dispositivo conocido como analizador de carga. Los datos serán contrastados de manera analítica y gráfica estableciendo así el error que el sistema Data Logger presenta en relación ala analizador de carga.

Equipos empelados.

- Grupo Electrógeno YAMAHA EDL13000TE
- Sistema Data Logger
- Motor siemens 220/440VAC 60 HZ. 1 Hp
- Analizador de red CIR e3

En la Figura 6.34 se indica el diagrama de bloques de la conexión de GE, el sistema Data Logger, la carga eléctrica y el Analizador de carga CIR e3.



**Figura 6.34** Estructura pruebas del funcionamiento del sistema Data logger

La Tabla 6.6 se indican los datos obtenidos por le data logger y el equipo CIR e3

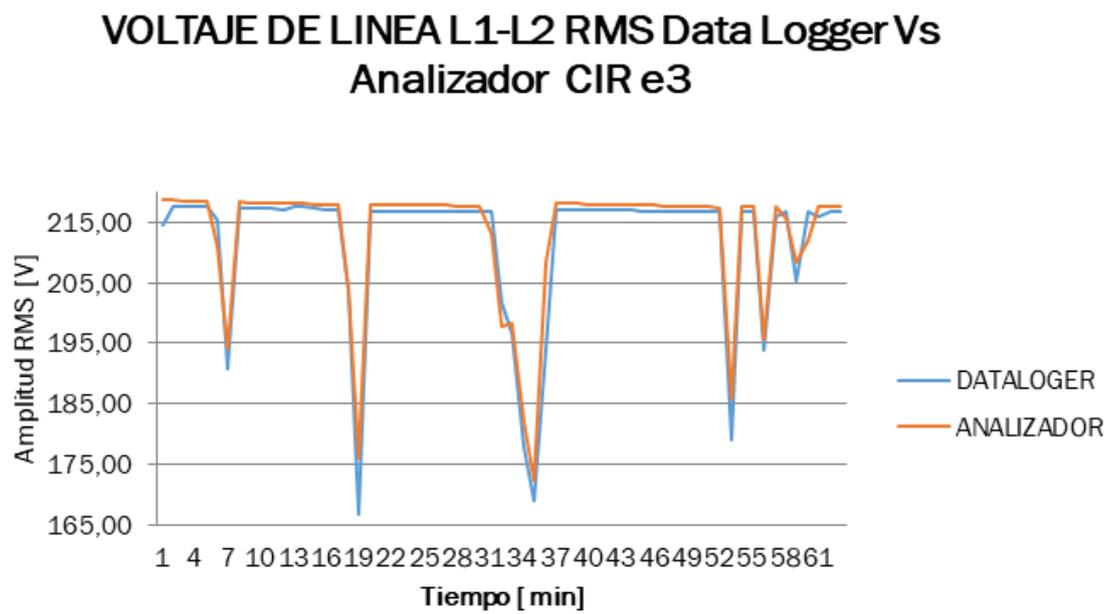
Data Logger [Voltios]	CIR e3 [Voltios]	Error [Voltios]	Porcentaje de Error
214,53	218,74	1,92	0,90
217,69	218,65	0,44	
217,63	218,58	0,43	
217,56	218,49	0,43	
217,48	218,4	0,42	
215,31	210,93	2,08	
190,80	194,16	1,73	
217,29	218,33	0,47	
217,32	218,3	0,45	
217,30	218,25	0,44	
217,47	218,13	0,30	
217,18	218,16	0,45	
217,55	218,16	0,28	
217,55	218,12	0,26	
217,23	218,01	0,36	
217,05	217,97	0,42	
217,01	217,95	0,43	
203,69	204,03	0,17	
166,73	175,93	5,23	
216,85	217,92	0,49	
216,90	217,90	0,46	
216,89	217,88	0,46	

216,87	217,86	0,46
216,84	217,85	0,46
216,83	217,81	0,45
216,80	217,79	0,45
216,78	217,78	0,46
216,76	217,75	0,46
216,73	217,72	0,46
216,72	217,68	0,44
216,70	213,19	1,65
201,58	197,66	1,98
196,53	198,38	0,93
177,85	182,12	2,35
168,83	172,37	2,05
194,11	208,34	6,83
217,07	218,12	0,48
217,13	218,12	0,45
217,12	218,06	0,43
217,08	218,01	0,43
217,04	217,97	0,43
216,99	217,93	0,43
216,95	217,89	0,43
216,92	217,86	0,43
216,87	217,82	0,44
216,83	217,78	0,44
216,79	217,75	0,44
216,76	217,71	0,44
216,71	217,69	0,45
216,70	217,64	0,43
216,68	217,61	0,43
216,66	217,26	0,28
178,90	185,77	3,70
216,66	217,61	0,44
216,66	217,61	0,44
193,97	195,48	0,78
215,82	217,68	0,85
216,68	215,54	0,53
205,26	208,25	1,44
216,82	211,89	2,33
215,84	217,75	0,88
216,79	217,71	0,42
216,76	217,68	0,42

**Tabla 6.6** Datos Almacenados por el data logger y el quipo Cir e3

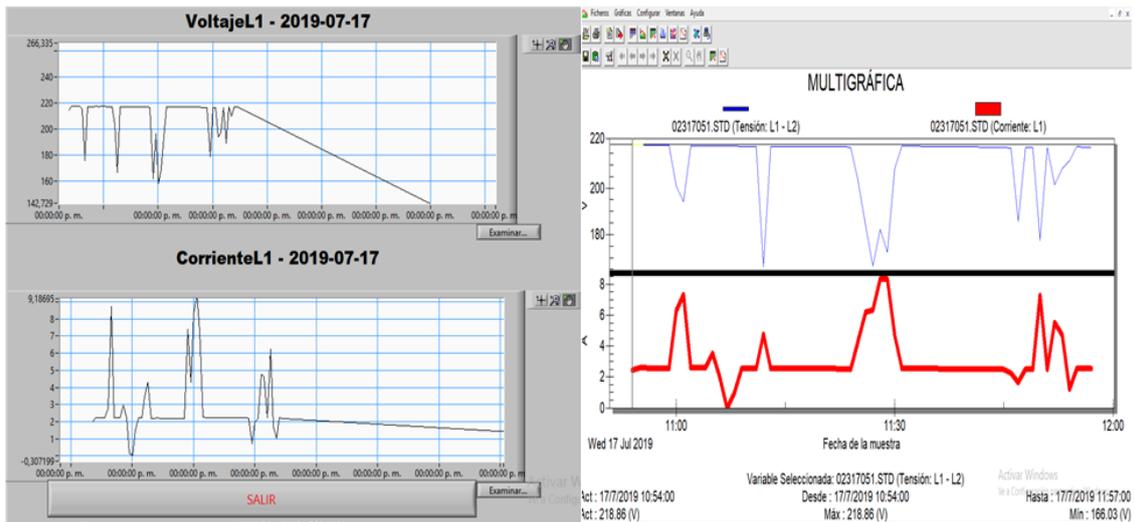
En las siguientes gráficas se muestran las curvas de comportamiento del registro de datos del data logger y el analizador de carga CIR e3.

La Figura 6.35 muestra las curvas de voltaje obtenidas de los datos almacenados del Sistema Data Logger y el equipo CIR e3.



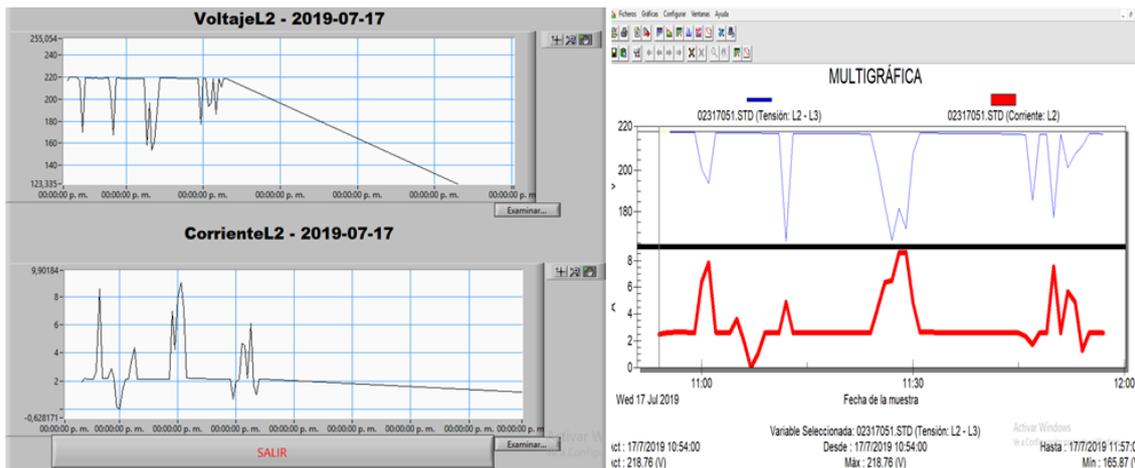
**Figura 6.35** Análisis Gráfico del comportamiento de las curvas de voltaje L1-L2

En la Figura 6.36 se indica las curvas de comportamiento obtenida por medio del software propio del analizador de carga y el HMI desarrollado para la presente investigación. Las variables en comparación son el voltaje entre L1-L2 y la corriente de carga de L1.



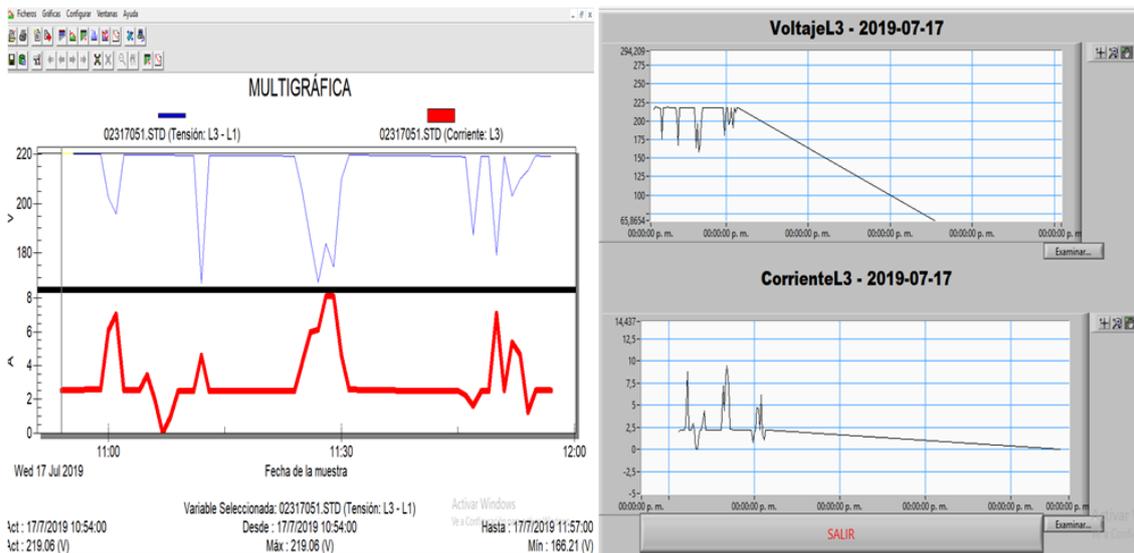
**Figura 6.36** Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3

En la Figura 6.37 se indica las curvas de comportamiento obtenida por medio del software propio del analizador de carga y el HMI. Las variables en comparación son el voltaje entre L2-L3 y la corriente de carga de L2.



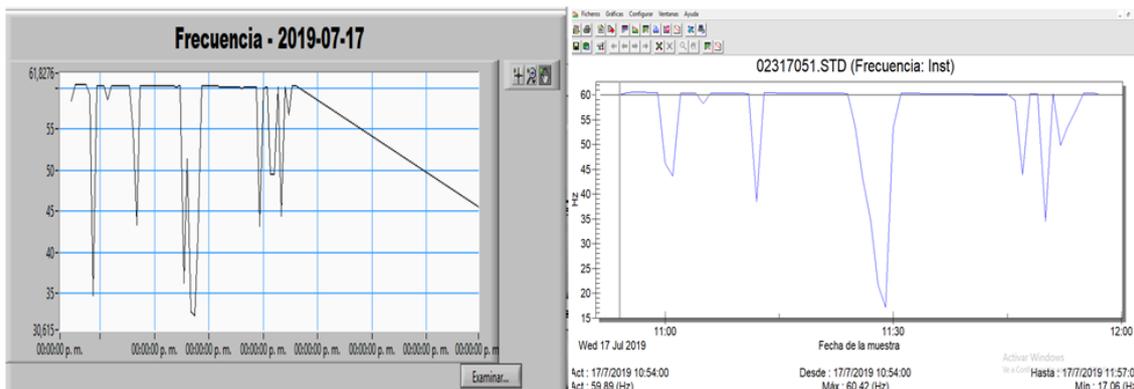
**Figura 6.37** Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3

En la Figura 6.38 se indica las curvas de comportamiento obtenida por medio del software propio del analizador de carga y el HMI. Las variables en comparación son el voltaje entre L1-L3 y la corriente de carga de L3.



**Figura 6.38** Comportamiento de las curvas del GE en voltaje y corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3

En la Figura 6.39 se indica las curvas de comportamiento obtenida por medio del software propio del analizador de carga y el HMI. Las variables en comparación son la frecuencia de trabajo del GE la misma que fue sometida a variaciones mediante el gobernador.



**Figura 6.39** Comportamiento de las curvas del GE en comportamiento de corriente de los datos almacenados por el data logger vs los datos almacenados por el módulo CIR e3.

### Decisión.

El patrón de comparación para la verificación de la efectividad en el proceso de almacenamiento de datos es comparada en base a un patrón obtenido del equipo CIR e3 de certificación de clase UNE-.EN62053-23:2003. En el proceso de comparación la máxima variación de voltaje es 6.83 voltios, dando como error promedio de medición el

0.9% valor tomado de la Tabla 6.6 de lo aquí expuesto y del análisis visual del comportamiento de las señales de voltaje, corriente y frecuencia se puede asegurar.

***“La implementación de un sistema de monitoreo aplicado a grupos electrógenos SI permitirá evaluar el funcionamiento del grupo eléctrico de forma eficiente”.***

### **6.8.11. Conclusiones y recomendaciones**

#### **A. Conclusiones**

- La implementación del sistema de monitoreo y registro de variables para el Grupo Eléctrico YAMAHA EDL13000TE se basó en proyectos publicados en artículos de revistas académicas relacionados con el tema de investigación. La visualización de datos generados por el GE se lo realiza mediante la implementación de un HMI diseñado en base a la normativa ISA 101 en lo referente a Filosofía, Estilo y la Herramienta.
- Con las pruebas realizadas en el Anexo 5 Pruebas Experimentales en la que se utiliza un instrumento certificado de marca Fluke 376 al comparar los valores que entrega el GE al aplicarle carga si puede afirmar con certeza que se implementó un sistema confiable en el proceso de adquisición de datos.
- Los datos de las variables físicas del Grupo Eléctrico son almacenadas por el HMI. Para conocer el estado de operación del grupo eléctrico correspondiente a los parámetros de generación se monitorean y almacenan valores de Voltaje de Línea, Corriente de Carga de cada línea (R-S-T) además se monitorea la frecuencia de operación en las líneas (R-S-T) del GE. De manera complementaria se monitorean y almacenan las variables de presión de aceite y temperatura del Motor de generación.
- La versatilidad del HMI implementado se puede comprobar al disponer un archivo de extensión \*.xls al poder recuperar la información en otras plataformas de análisis de datos como MatLab, Excel entre otros.

## **B. Recomendaciones**

- Analizar la opción para publicar los datos en la nube con la finalidad de disponer el acceso y monitoreo remoto de la información. Utilizar el log de datos del Grupo Electrónico para realizar tareas de mantenimiento en partes mecánicas y eléctricas.
- Verificar de manera periódica la capacidad de almacenamiento del Data Logger en la que se registran los datos generados.

## REFERENCIAS

- Asha, V., Reddy, N., & Awasthi, N. (2016). A novel approach to monitor and analyze the usage and prediction of requirement of fuel for cluster of generator sets. 2016 International Conference On Inventive Computation Technologies (ICICT). doi: 10.1109/inventive.2016.7824857.
- Boaroli, L., Spacek, A., Izidoro, C., Mota Neto, J., Maestrelli, E., & Ando Junior, O. (2017). Data Monitoring and Hardware Control for App Android by Bluetooth Communication for Laboratory Teaching in Electrical Engineering Courses. IEEE Latin America Transactions, 15(1), 31-39. doi: 10.1109/tla.2017.7827885.
- Boyes, W. (2010). Instrumentation reference book. Boston: Butterworth- Heinemann/Elsevier.
- CAMPBELL SCIENTIFIC. (2018). Retrieved from <https://www.campbellsci.es/faqs?v=1> [Accessed 01 May . 2018].
- ¿Cómo determinar las dimensiones del Generador eléctrico? - Autos y Motos. (2019). Retrieved from <https://www.taringa.net/posts/autos-motos/18553091/Como-determinar-las-dimensiones-del-Generador-electrico.html>.
- Conceptos básicos de la instrumentación industrial. (2017). [Blog] La enciclopedia de la ingeniería. Available at: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/instrumentacion-conceptos-basicos/> [Accessed 13 Jun. 2019].
- De Roo, R., Rogacki, S., Haengel, E., & Ekins, C. (2017). Snowpack time-series ground truth via a low-power datalogger. 2017 IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS). doi: 10.1109/igarss.2017.8127221.
- Dominguez-Vega, Z., Martinez-Mendez, R., & Lorias-Espinoza, D. (2015). High sampling rate datalogger for the characterization of acceleration signals on the human body running. 2015 International Conference On Electronics, Communications And Computers (CONIELECOMP). doi: 10.1109/conielecomp.2015.7086947.
- Enterprise, H. (2018). ¿Qué es el almacenamiento de datos? - Definiciones de TI empresarial. Retrieved from <https://www.hpe.com/es/es/what-is/data-storage.html#> [Accessed 19 Mar. 2018].
- Fathima, K., & Bharathi, M. (2017). A novel grid integration scheme for the hybrid electric power generation using solar and wind energy resources. 2017 International Conference On Computation Of Power, Energy Information And Commuincation (ICCPEIC). doi: 10.1109/iccpeic.2017.8290434.

- Gakkestad, J., Sollund, T., Dalsjo, P., Tveit, B., Taklo, M., & Wright, D. et al. (2017). A 2.5-D Integrated Data Logger for Measuring Extreme Accelerations. *IEEE Transactions On Components, Packaging And Manufacturing Technology*, 7(12), 1930-1939. doi: 10.1109/tcpmt.2017.2766263.
- Instituto Espacial Ecuatoriano (2015). *Principios de Compatibilidad Electromagnética*. Quito: A. J. Zozaya @ IEE (iee).
- Kavitha, C. Ramana, A. V. and Raj, S. S. “Embedded Management System For Out Patient Department,” *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, Vol. 2, No. 3, Sept., pp. 47-56, 2012.
- Klempner, G., & Kerszenbaum, I. (2018). *Handbook of large turbo-generator operation and maintenance* (1st ed.). Wiley-IEEE Press.
- Lave, M., Stein, J., & Smith, R. (2016). Solar Variability Datalogger. *Journal Of Solar Energy Engineering*, 138(5), 054503. doi: 10.1115/1.4034071.
- Liu Wenjun. (2010). An security model: Data mining and intrusion detection. 2010 2Nd International Conference On Industrial And Information Systems. doi: 10.1109/indusis.2010.5565749.
- Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (2015). *GUÍA DE INICIACIÓN A APP INVENTOR 2015* Retrieved from <https://codeweek.eu/docs/spain/guia-iniciacion-app-inventor.pdf>
- Morales, A. (2019). Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos | ISA México Sección Central. [online] ISA México Sección Central. Available at: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/> [Accessed 4 Jul. 2019].
- Munandar, D. and Syamsi, D. (2014). Data logger management software design for maintenance and utility in remote. 2014 The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering.
- Maccarana, Y., Cologni, A., & Previdi, F. (2016). Design of a HTML5 SCADA system. 2016 IEEE 2Nd International Forum On Research And Technologies For Society And Industry Leveraging A Better Tomorrow (RTSI). doi: 10.1109/rtsi.2016.7740630

- N Leite, F., Shigueo Hoji, E., & Abdalla Junior, H. (2018). A Blended Learning Method Applied in Data Communication and Computer Networks Subject. *IEEE Latin America Transactions*, 16(1), 163-171. doi: 10.1109/tla.2018.8291469.
- Ashlock, D. and Warren, A. (2015). Guía de acondicionamiento de señales para ingenieros. [ebook] National Instruments. Available at: [http://ftp://ftp.ni.com/evaluation/signal\\_conditioning/23807\\_Engineer\\_s\\_guide\\_to\\_signal\\_conditioning\\_Spanish\\_localisation\\_HR.pdf](http://ftp://ftp.ni.com/evaluation/signal_conditioning/23807_Engineer_s_guide_to_signal_conditioning_Spanish_localisation_HR.pdf) [Accessed 13 Jun. 2019].
- Oria, J., Alonso, L., Santamaria, L., Martin, R., Vázquez, A., & Viadero, F. (2011). Portable datalogger for intracranial pressure monitoring and intelligent diagnosis. *Electronics Letters*, 47(5), 307. doi: 10.1049/el.2010.3285
- Ostaszewski, M., Dzierzek, K., & Magnuszewski, L. (2018). Analysis of data collected while CanSat mission. 2018 19Th International Carpathian Control Conference (ICCC). doi: 10.1109/carpathiancc.2018.8399591.
- Pagaelpato.com. (2019). Valores de voltaje o tensión de red eléctrica en países del mundo. [online] Available at: <http://www.pagaelpato.com/tecno/electricidad.htm> [Accessed 11 Jul. 2019].
- Ruiz-Ayala, D., Vides-Herrera, C., & Pardo-García, A. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 8(2), 333. doi: 10.19053/20278306.v8.n2.2018.7971.
- Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México, D.F.: Alfaomega.
- Sawhney, P. (2013). *A Course In Mechanical Measurements And Instrumentation & Control*. Dhanpat Rai & Co.
- Savas, N., Bakkal, F., Eken, S., & Sayar, A. (2017). Evaluation of different algorithms for measuring the similarities of trajectory datasets. 2017 25Th Signal Processing And Communications Applications Conference (SIU). doi: 10.1109/siu.2017.7960215.
- Seidel, S., Mehari, M., Colbourn, C., De Poorter, E., Moerman, I., & Syrotiuk, V. (2018). Analysis of large-scale experimental data from wireless networks. *IEEE INFOCOM 2018 - IEEE Conference On Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*. doi: 10.1109/infcomw.2018.8407023.

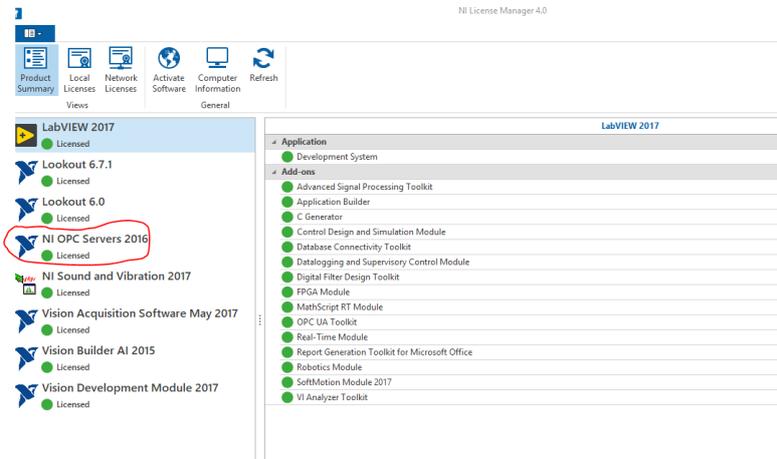
- Sistemas de adquisición y Procesamiento de datos. (2019). Retrieved from <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19119/1/Sistemas%20de%20adquisici%C3%B3n%20y%20procesamiento%20de%20datos>
- Team, L. (2019). Qué es OPC y qué es un OPC Server. [online] KEPServerEx. Available at: <https://www.kepserverexopc.com/que-es-opc-y-que-es-un-opc-server/> [Accessed 6 Jul. 2019].
- Venkatlakshmi, S. Vivekanandhan, S. Revathi, S. Arul, E. M. S. and Paramasivam, C. “Industrial Process Management Using LabVIEW,” IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), Vol. 5, Issue 6, March-April, pp. 46-56, 2013.
- Vishnu S.N.K.N., Jeevan B., Rathan K.G.A, and Hegde R., “Weather Data Logger Based On Pic Microcontrollers for Astronomical Site Survey,” International Journal of Knowledge Engineering, Vol. 3, Issue 2, pp.-212-215.
- Xia, M., Gong, L., Lyu, Y., Qi, Z. and Liu, X. (2015). Effective Real-Time Android Application Auditing. 2015 IEEE Symposium on Security and Privacy.
- Yang Xin-yu, Chen Xi-hong, Cheng Pei-yuan, & Wang Jian-bo. (2008). Design of monitoring and Fault Diagnosis System on-line for certain gas turbo-generator set. 2008 International Conference On Condition Monitoring And Diagnosis. doi: 10.1109/cmd.2008.4580268
- Zhao Jue and Yang Shun (2012). Design of Modbus-Profibus fieldbus bridge based on the STM32 and VPC3 + C. 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering.
- Mall.industry.siemens.com. (2019). Módulo de entradas analógicas SM 1231. [online] Available at: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045688> [Accessed 5 Jul. 2019]

# Anexos

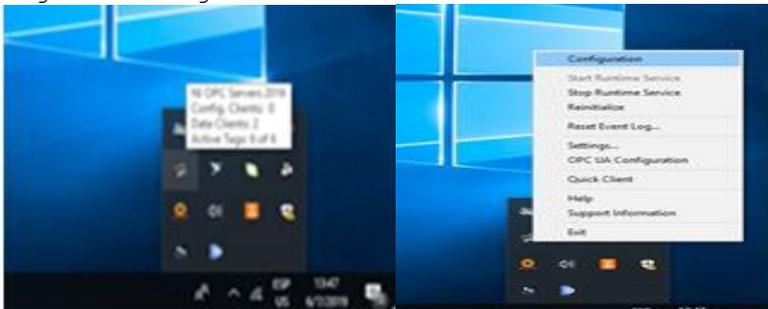
## Anexo 1 OPC server NI

El proceso para configurar un servidor OPC en National Instruments de lo detalla a continuación.

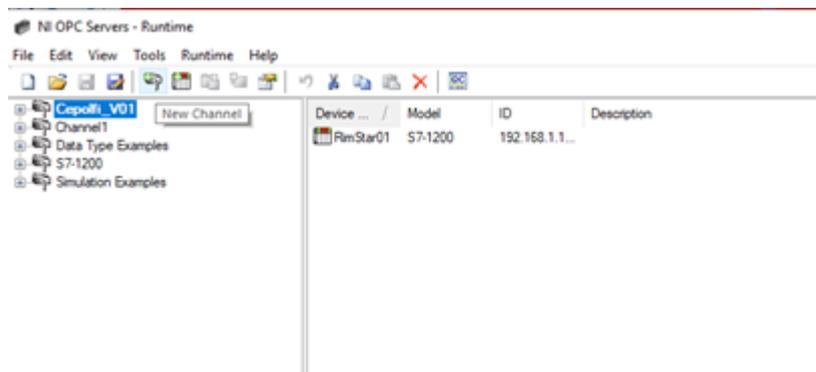
1. Verificar que se encuentre instalado el componente NI OPC Servers como lo indica la siguiente Figura



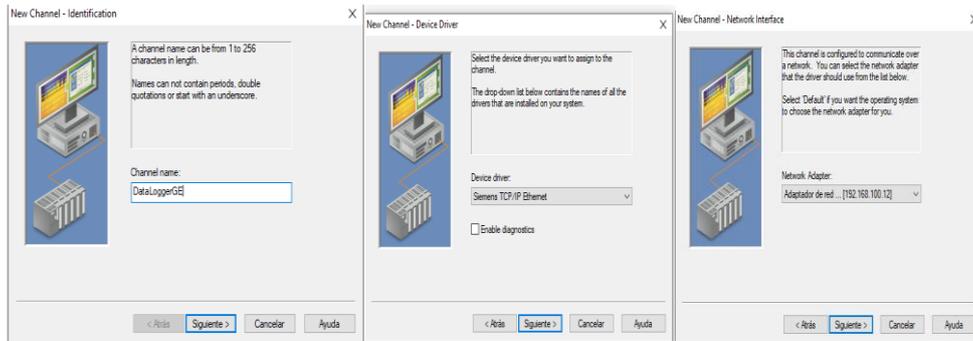
2. En la barra de tareas abrir el OPC Server de NI y Mediante el click Derecho seleccionar la opción Configurar como lo indica la siguiente Figura



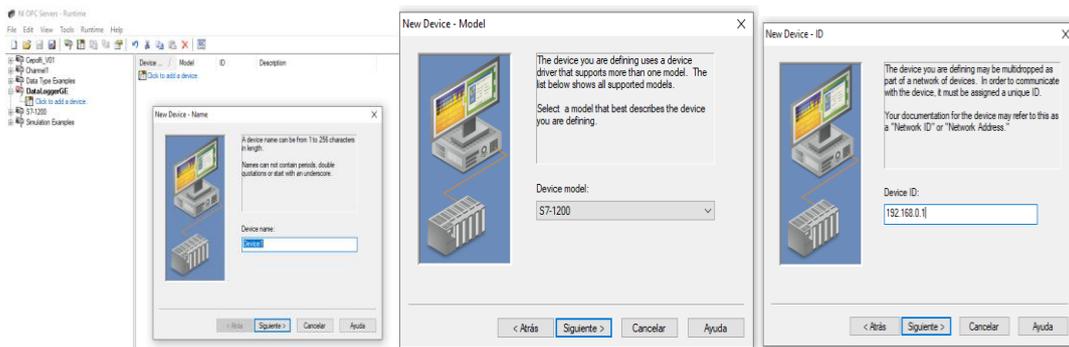
3. Dentro de la interface RunTime crear un nuevo dispositivo realizando los pasos indicados en las siguientes figuras
4. Nuevo Canal



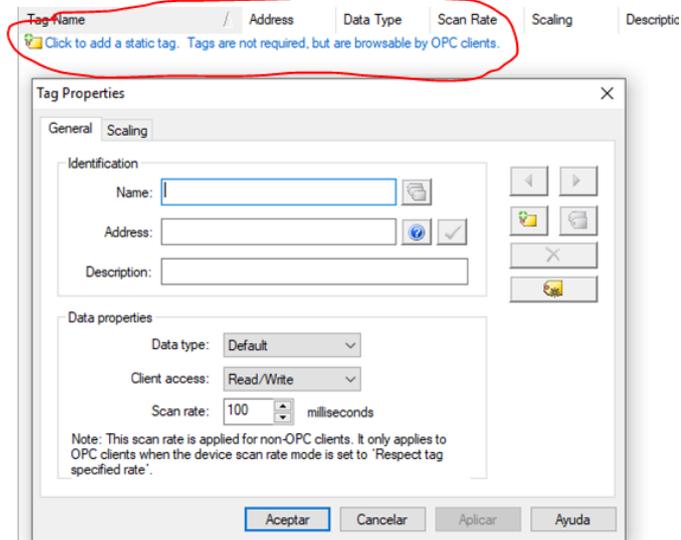
5. Asignar el nombre del canal y el driver de comunicación para el presente caso el nombre DataLoggerGE, y el driver es Siemens TCP/IP Ethernet y finalmente seleccione el adaptador de red de su computador vea las siguientes Figuras



6. Con la creación de canal ahora se debe crear un dispositivo el mismo que contiene las direcciones de memoria que se comparte el PLC y el HMI para ello primero dar click en añadir dispositivo seleccionar el dispositivo S7-1200 y asignar la ip del PLC guíese en las siguiente Figuras



7. Seguido de la creación del dispositivo configure en base a sus necesidades lo referente a tiempos de retardo velocidad de actualización.
8. Crear las variables dentro del dispositivo credo previamente para ello seleccione la opción click add a static tag como se indica en la siguiente Figura



Para el presente trabajo la variable a utilizar son las de la siguiente Figura

NI OPC Servers - Runtime

File Edit View Tools Runtime Help

CepofI\_V01  
 Channel1  
 Data Type Examples  
 DataLoggerGE  
**S71200Logger**  
 S7-1200  
 Simulation Examples

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
Frecuencia	MW100	Word	100	None	Frecuencia de RED
IC1	MD128	DWord	10	None	Comiente de carga R
IC2	MD136	DWord	10	None	Comiente Carga S
IC3	MD144	DWord	10	None	Comiente carga T
PresionBlock	MD160	DWord	100	None	Presion de Aceite
TempBlock	MD152	DWord	100	None	Temperatura del Bloque
VL1	MD104	DWord	10	None	Voltaje de Linea R
VL2	MD112	DWord	10	None	Voltaje Linea S
VL3	MD120	DWord	10	None	Voltaje Linea T

6/7/2019 17:57:49 NI OPC Servers... Configuration session started by wemp as Default User (R/...

Ready Default User Clients: 2 Active tags: 6 of 6

## Anexo 2. Diagramas de Conexión

-Diagrama de Conexión de sensores Resistivos a la DAQ y PLC S7-1200

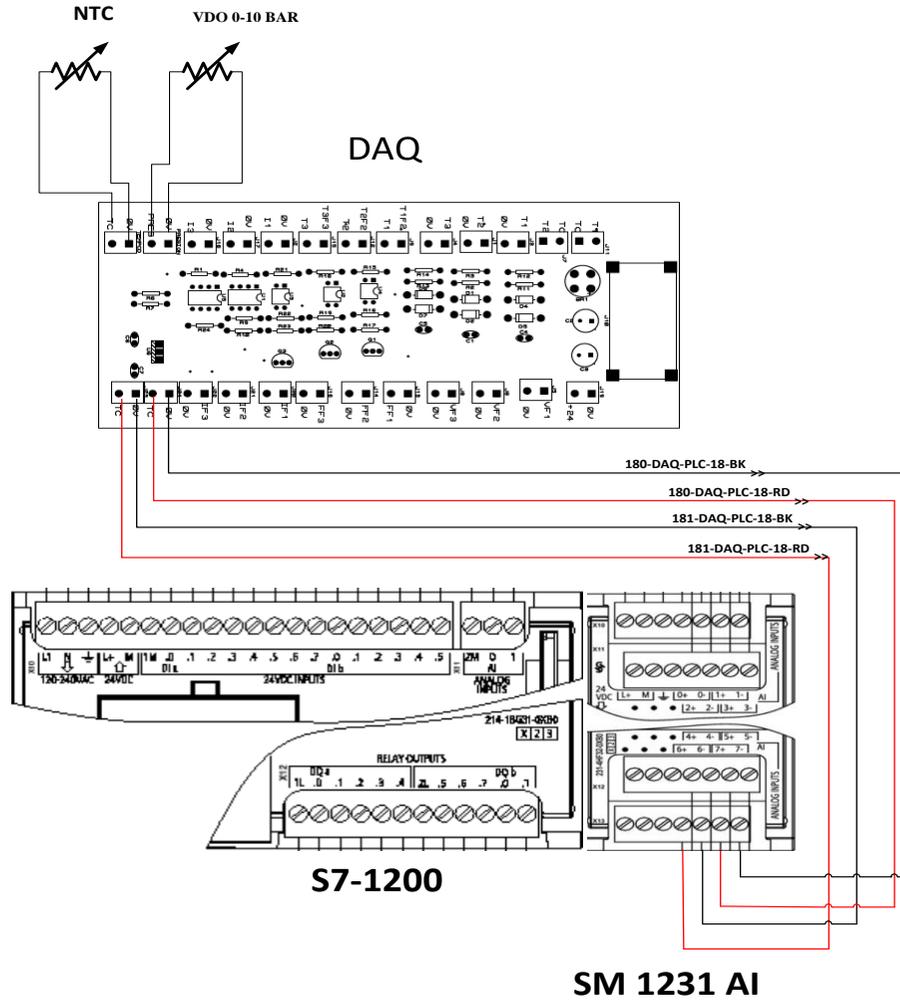


Diagrama de Conexión de sensores de Corriente a la DAQ y PLC S7-1200

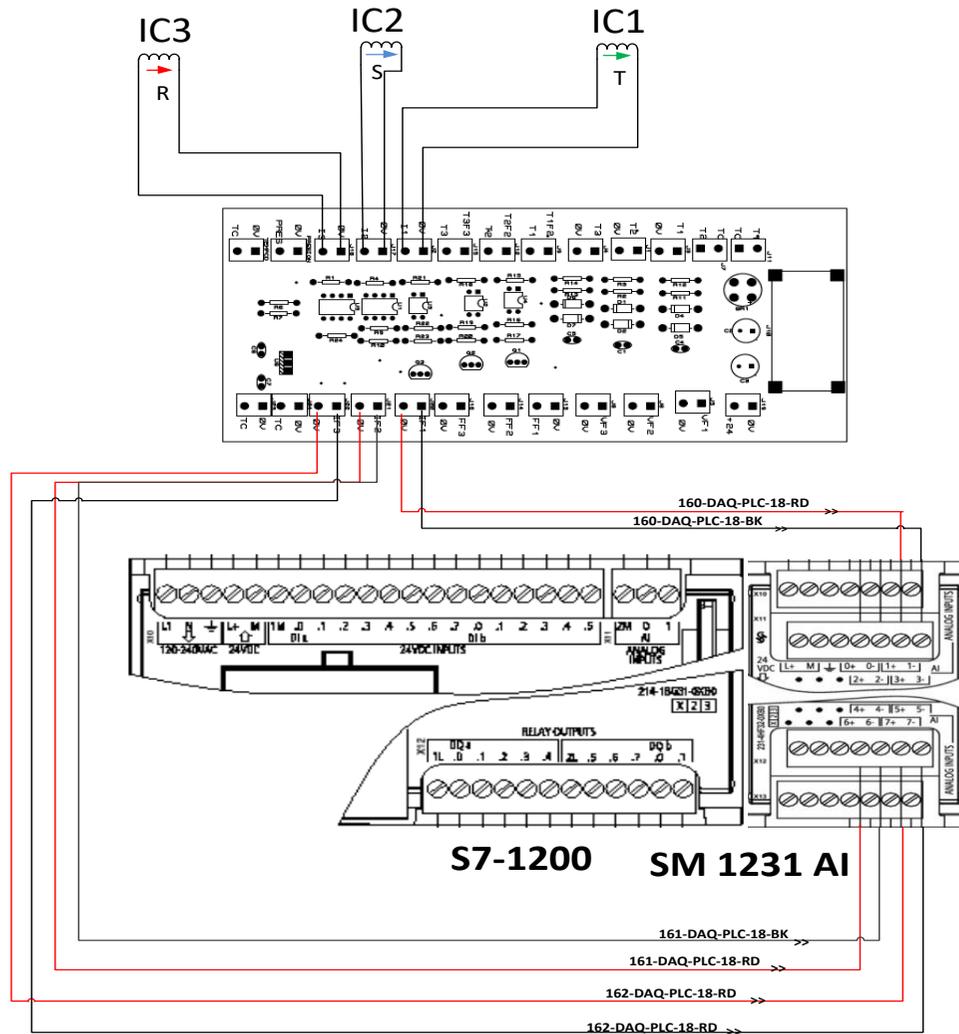


Diagrama de Conexión para determinar los niveles de voltaje en las Líneas de carga (R-S-T) a la DAQ y PLC S7-1200

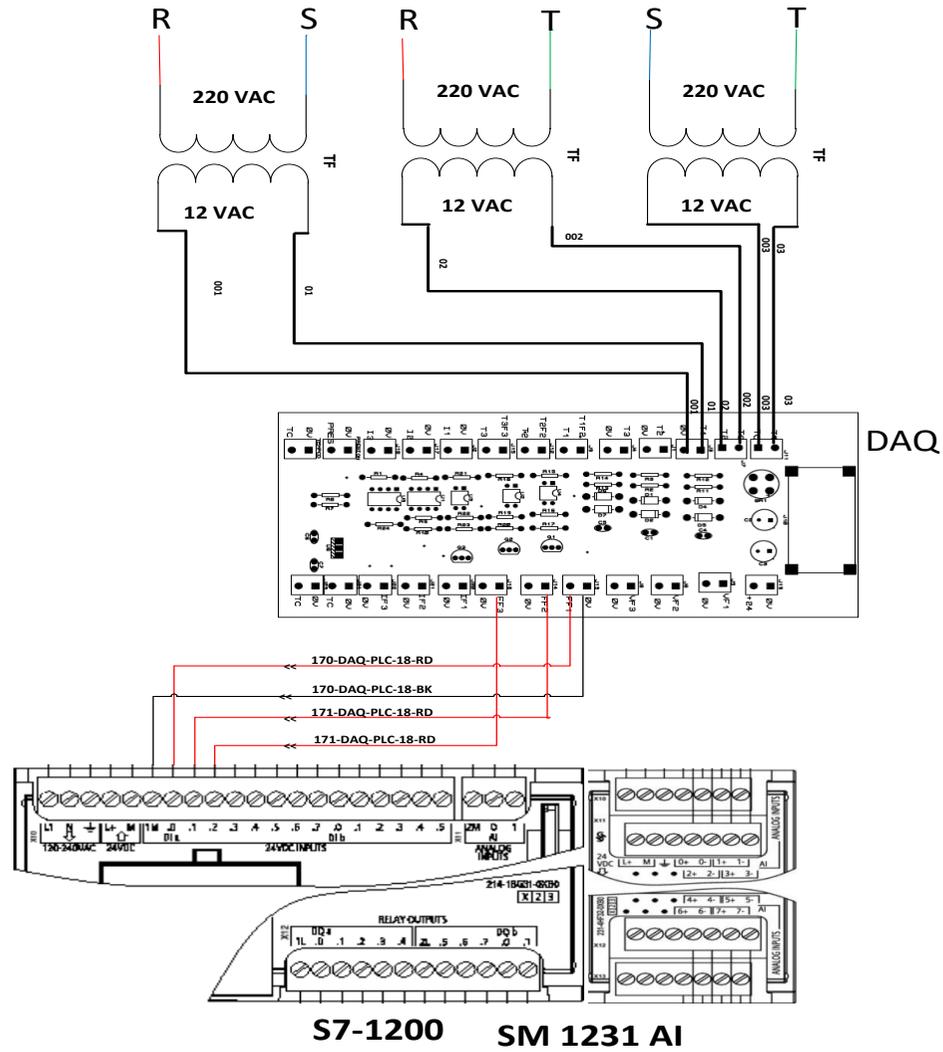
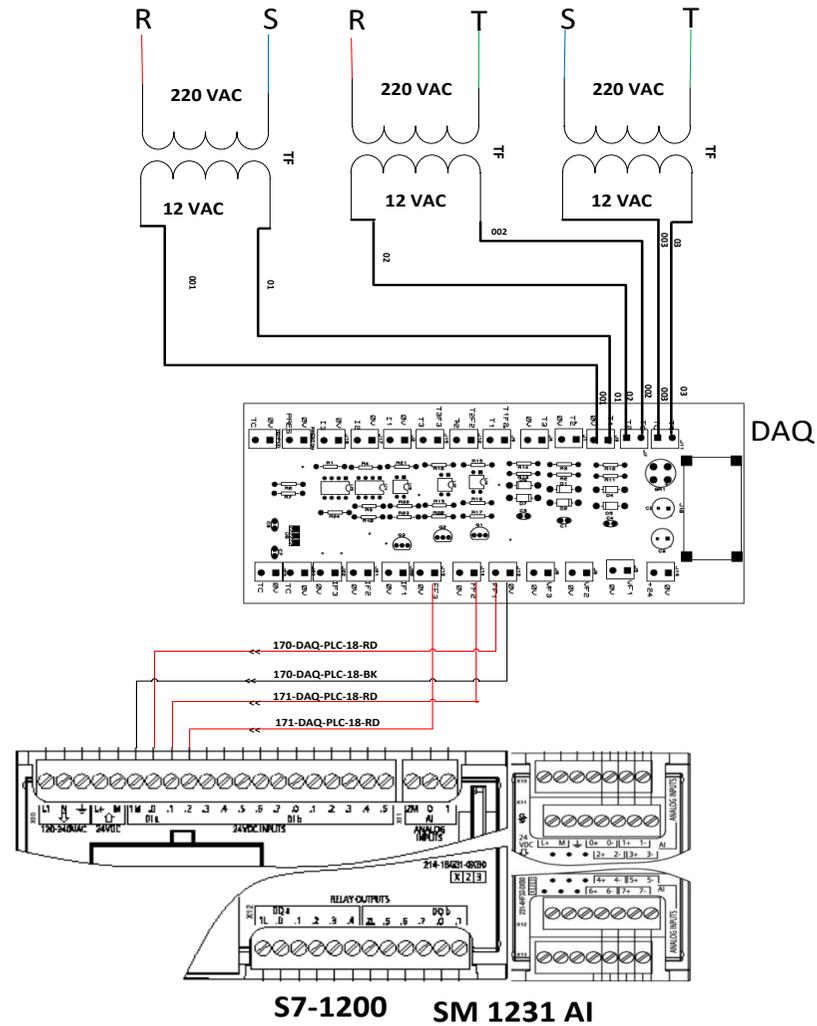
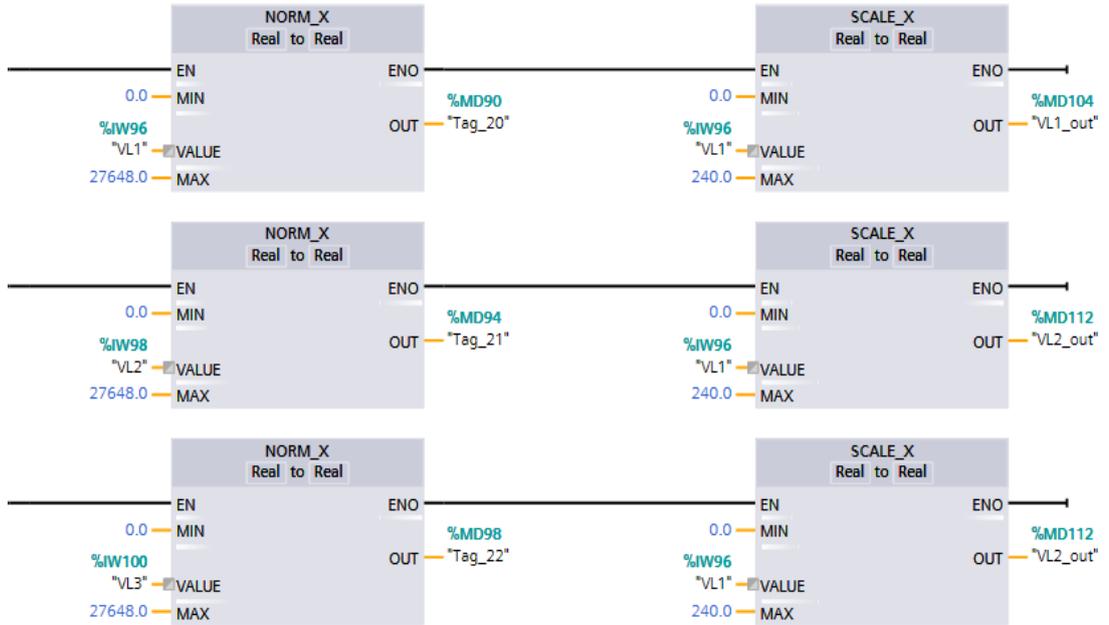


Diagrama de Conexión para adquirir la señal de pulso de la onda sinusoidal los niveles de voltaje en las Líneas de carga (R-S-T) a la DAQ y PLC S7-1200

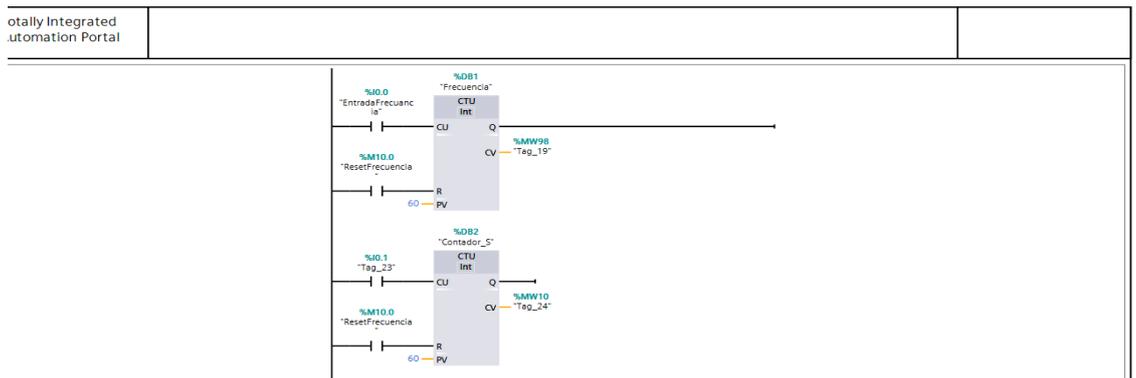
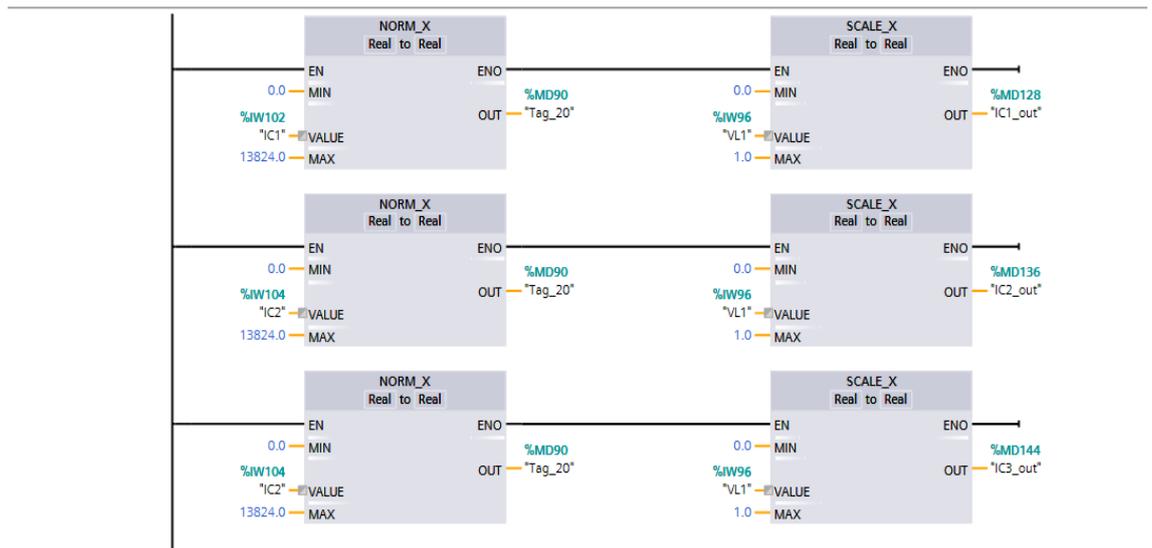


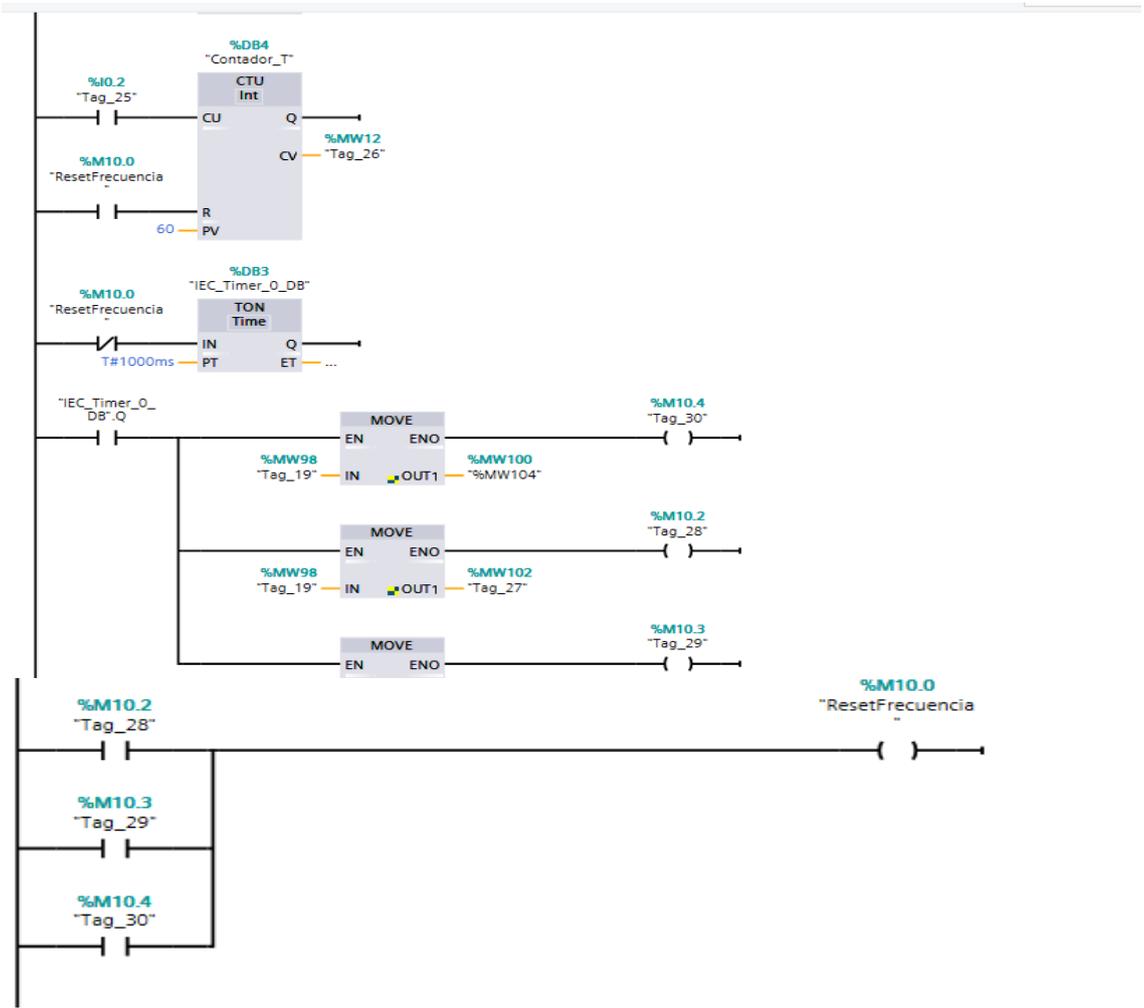
### Anexo 3. Código PLC S7-1200 Adquisición de variables Físicas



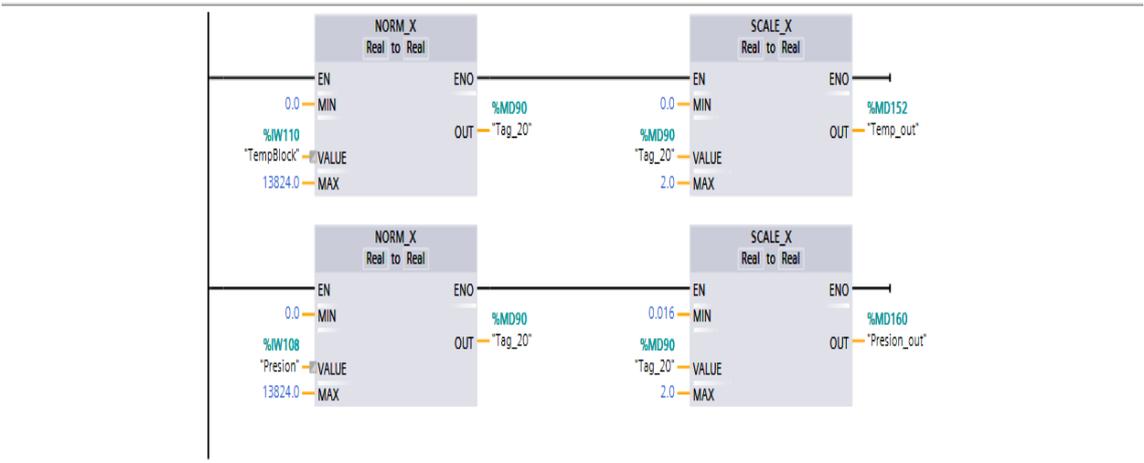
#### Lectura Corrientes

mprendio entre 0Voltio y unmaximo de 5 Voltios





Network 4: Lectura de Presion y Temperatura





## Anexo 5. Pruebas Experimentales

Los diseños y cálculos de los acondicionadores de señal presentados en el apartado Metodología Adquisición de Datos son presentados aquí. Los equipos y materiales empleados para la verificación del DAQ son:

- Pinza Amperimétrica Fluke RMS 376
- Motor Trifásico Siemens 1HP a 220VAC.
- Cámara Termografía HT-04
- Sensor de Presión Mecánico de 0-10 Bares

### Pruebas del acondicionador de señal de presión

#### Procedimiento

- Arrancar GE.
- La presión del GE es constante en 5 Bares o 70 PSI.
- Medición de presión de aceite con manómetro mecánico de 10 bares, este tipo de manómetros son propios de un motor de combustión interna.
- Se hace las comparaciones con el valor obtenido en el HMI.

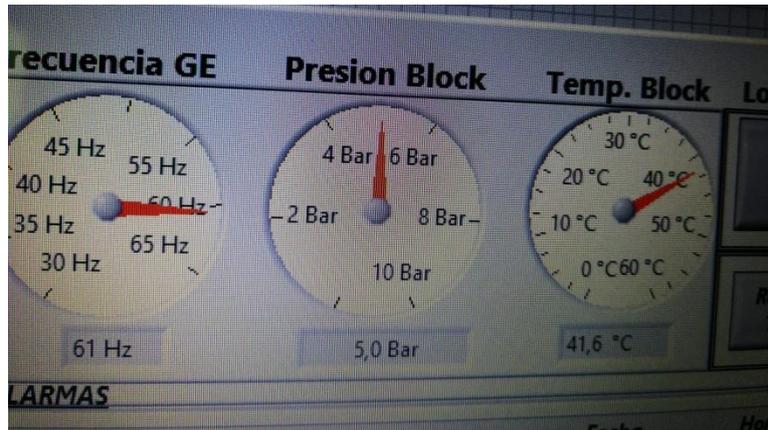


## Pruebas del acondicionador de señal de temperatura.

### Procedimiento

- Arrancar GE.
- La temperatura es de 42 grados Celsius medido con la cámara termográfica.
- Se hace las comparaciones con el valor obtenido en el HMI.





## Pruebas del acondicionador de señal de Voltajes de Línea

### Procedimiento

- Arrancar GE.
- Medición de voltaje entre R-S, S-T, R-T.
- Se hace las comparaciones con el valor obtenido en el HMI.



Voltaje R-S 218VAC



Voltaje S-T. 219VAC

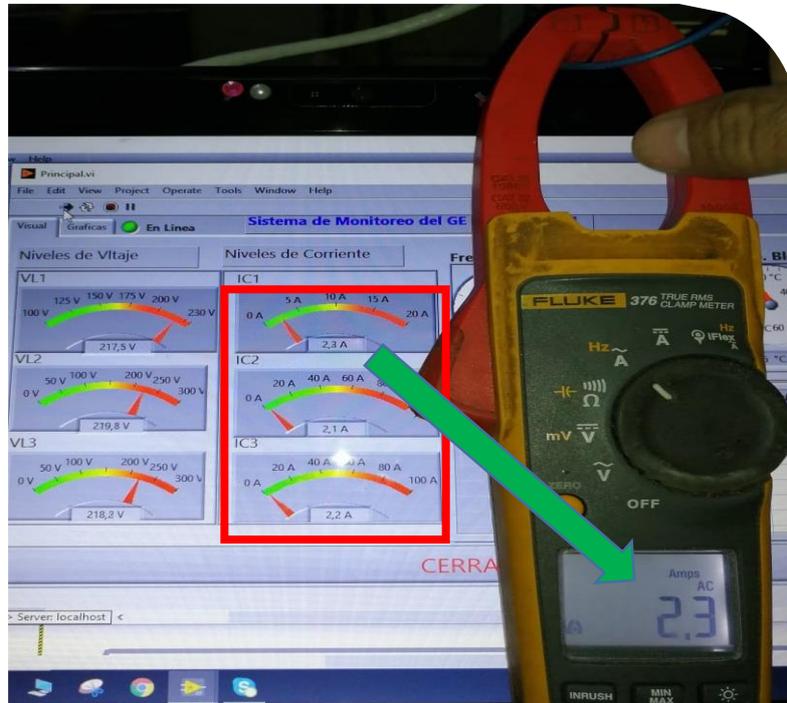


Voltaje R-T 219VAC.

## Pruebas del acondicionador de señal de Corrientes de Línea

### Procedimiento

- Arrancar el GE
- Una vez arrancado el GE se le conecta carga a la salida, la carga fue el motor Siemens de 1HP.
- Medir el valor de corriente de consumo mediante el instrumento Fluke RMS 376 y compararlo con el valor registrado por el HMI.



El sistema es balanceado el valor de la corriente en la línea R, línea S y línea T tienden a ser iguales, el instrumento marca el valor 2.3 A en RMS en el HMI mediante el sensor SCR 013 y el acondicionamiento de marca el valor de 2.3 A en la línea R,

## Pruebas del acondicionador de señal de Frecuencia de Línea

### Procedimiento

- Arrancar el GE
- Una vez arrancado el GE se observa el valor de la frecuencia en el voltímetro 376 RMS.
- Medir el valor de Frecuencia en la línea mediante el instrumento Fluke RMS 376 y compararlo con el valor registrado por el HMI.

