



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL  
CONTROL DE NIVEL EN TANQUES DE LUBRICANTES,  
GASOLINA Y DIESEL DE UNA ENSAMBLADORA DE AUTOS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**DIEGO ANDRÉS PÉREZ VIDAL**

**DIRECTOR: ING. VLADIMIR BONILLA**

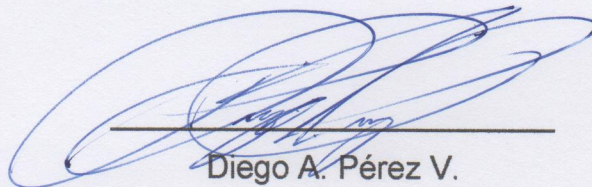
**Quito, Junio del 2016**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo **DIEGO ANDRÉS PÉREZ VIDAL**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

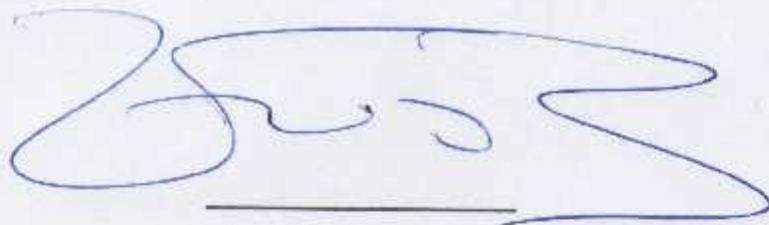


Diego A. Pérez V.

C.I. 1719144097

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título "**Diseño y desarrollo de un sistema SCADA para el control de nivel en tanques de lubricantes, gasolina y diésel de una ensambladora de autos**", que, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Diego Andrés Pérez Vidal**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 25.



Ing. Vladimir Bonilla

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 17103000415

# CARTA DE LA INSTITUCIÓN



Quito, 31 de marzo del 2016

Señores  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL  
Presente

De mi consideración

Mediante el presente certifico que el Sr. Diego Andrés Pérez Vidal con CI. 1719144097 desarrolló su proyecto de tesis "DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE NIVELES EN LOS TANQUES DE DIESEL, GASOLINA Y LUBRICANTES", el cual quedará como un proyecto para su posterior implementación en nuestra Empresa.

Aprovecho la oportunidad para agradecerle al Sr Pérez por su proyecto realizado y a la Universidad por la calidad de profesionales que están formando.

Atentamente

Ing. Patricio Sanchez Ch.  
GERENTE DE ABASTECIMIENTOS

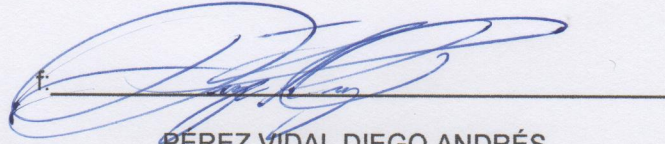
**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719144097
APELLIDO Y NOMBRES:	PÉREZ VIDAL DIEGO ANDRÉS
DIRECCIÓN:	SABANILLA Y GUALAQUIZA
EMAIL:	perezv.diego@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	022593138
TELÉFONO MOVIL:	0995656302

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño y desarrollo de un sistema SCADA para el control de nivel en tanques de lubricantes, gasolina y diesel de una ensambladora de autos
AUTOR O AUTORES:	PEREZ VIDAL DIEGO ANDRES
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Quito, Junio 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Vladimir Bonilla
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRONICA
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	El presente documento muestra los pasos para el diseño, desarrollo y futura implementación de un sistema SCADA en una ensambladora de autos el cual permita el monitoreo, control de niveles y datos de consumos en tiempo real de los combustibles y lubricantes almacenados en tanques y que alimentan directamente a la línea de producción. El sistema se compone del hardware que está distribuido por 6 sensores de nivel que emiten una señal análoga de 4 a 20 mA hacia los dos PLCs encargados de escalar la señal con la cual se obtendrán los datos de altura en centímetros y de volumen en galones para cada uno de los tanques además de emitir señales de alarma cuando los niveles sobrepasan los límites configurados de acuerdo al tamaño del tanque de almacenamiento, estos dispositivos se comunican mediante una red Profinet hacia la estación central que contiene el software usado para la programación y desarrollo de

	<p>las interfaces humano- maquina (HMI). Los datos obtenidos por los sensores serán almacenados en una base de datos la cual indica la fecha, hora, y los consumos de niveles en centímetros de los tanques de almacenamiento, para que con la ayuda de un cuadro de control desarrollado en una hoja de cálculo, se puedan obtener los datos con los que se analizarán los consumos diarios de la planta de producción, y stocks físicos que en conjunto dan la información para poder planificar los reabastecimientos de combustibles y lubricantes tanto para la planta de producción como para la ensambladora en general.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>SCADA, PLC, HMI, Nivel de Tanques, Programación, Tia Portal</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>This document shows the steps for the design, development and future implementation of a SCADA system in an assembly of cars which allows monitoring, control levels and consumption data in real time of the fuel and stored lubricants in tanks that feeding directly to the production line. The system consists of hardware that is distributed in 6 level sensors that emit an analog signal 4 to 20 mA to the two PLCs responsible for scaling the signal with which height data in centimeters and volume data will be obtained in gallons for each of tanks in addition to issuing alarm signals when levels exceed the limits set according to the size of the storage tank, these devices communicate via a Profinet network to the central station containing the software used for programming and development the human-machine interfaces (HMI). The data obtained by the sensors will be stored in a database which indicates the date, time, and consumption levels in centimeters of the storage tanks so that with the help of a control panel developed in a spreadsheet will can obtain the data of the daily consumption of the production plant, and physical stocks which together give the information to plan replenishments of fuel and lubricants for both the production plant and the all the assembly plant.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p>SCADA, PLC, HMI, Tank Level, Programming, Tia Portal</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



PÉREZ VIDAL DIEGO ANDRÉS

1719144097



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PÉREZ VIDAL DIEGO ANDRÉS**, CI. 1719144097 autor del proyecto titulado: **Diseño y desarrollo de un sistema SCADA para el control de nivel en tanques de lubricantes, gasolina y diesel de una ensambladora de autos**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, Junio 2016.

f:



**PÉREZ VIDAL DIEGO ANDRÉS**

1719144097

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	3
2.1.1 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	3
2.1.2 DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	3
2.2 SISTEMAS SCADA .....	3
2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL .....	5
2.4 SISTEMAS PARA MEDICIÓN DE NIVEL EN TANQUES .....	8
2.4.1 MEDICIÓN MANUAL.....	8
2.4.2 MEDICIÓN AUTOMÁTICA .....	9
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	3
3.1 METODOLOGIA EN “V” PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE .....	10
3.1.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS .....	11
3.1.2 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	11
3.1.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	12
3.2 MODELADO DEL SISTEMA EN UML .....	15
3.2.1 MODELO DE CASO DE USO .....	16
3.2.2 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES .....	17
3.2.3 DIAGRAMA DE COMPONENTES .....	19
3.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	21
<b>4. DISEÑO</b> .....	11
4.1 CAMPO DE APLICACIÓN .....	23
4.2 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS .....	24
4.3 PARAMETROS DEL SISTEMA .....	25
4.4 ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	26
4.5 GESTIÓN DE INFORMACIÓN .....	26
4.6 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE .....	28
4.6.1 CREACIÓN DE UN PROYECTO.....	28

4.6.2	CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE .....	30
4.6.3	CONEXIÓN EN RED DE LOS DISPOSITIVOS.....	33
4.6.4	PROGRAMACIÓN DE LOS AUTOMATAS.....	36
4.6.5	CONFIGURACIÓN DE LA VISUALIZACIÓN.....	46
4.6.6	CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	53
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
5.1	PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA.....	59
5.2	ANÁLISIS DE TIEMPOS.....	62
5.2.1	ANÁLISIS DE TIEMPOS OPERATIVOS.....	62
5.2.2	ANÁLISIS DE TIEMPOS DE CONTROL.....	63
5.3	ANÁLISIS DE COSTOS.....	63
5.3.1	COSTOS DE INVERSIÓN .....	63
5.3.2	COSTOS OPERATIVOS.....	64
5.4	ANÁLISIS DE TIEMPOS DE PARADA .....	64
5.5	CALCULO DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO .....	65
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>TABLA 1.</b> REQUISITOS DEL SISTEMA SCADA .....	11
<b>TABLA 2.</b> CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SISTEMA SCADA...	12
<b>TABLA 3.</b> COMPONENTES HARDWARE PARA EL SISTEMA SCADA.....	13
<b>TABLA 4.</b> COMPONENTES SOFTWARE PARA EL SISTEMA SCADA .....	14
<b>TABLA 5.</b> ELEMENTOS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA SCADA .....	15
<b>TABLA 6.</b> PARÁMETROS PARA ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN.....	21
<b>TABLA 7.</b> PRUEBAS DE SOFTWARE.....	21
<b>TABLA 8.</b> DISTANCIAS DE LOS TANQUES .....	24
<b>TABLA 9.</b> PARÁMETROS DE SENSORES .....	25
<b>TABLA 10.</b> PARÁMETROS DE LA HOJA ELECTRÓNICA .....	27
<b>TABLA 11.</b> VARIABLES PLC1 .....	36
<b>TABLA 12.</b> VARIABLES PLC2 .....	42
<b>TABLA 13.</b> PRUEBA DE CONEXIÓN EN RED.....	59
<b>TABLA 14.</b> PRUEBA DE CONEXIÓN ONLINE .....	60
<b>TABLA 15.</b> RESULTADOS DE COMPONENTES DEL SISTEMA.....	61
<b>TABLA 16.</b> TIEMPO DEL PROCESO OPERATIVO.....	62
<b>TABLA 17.</b> TIEMPO DEL PROCESO DE CONTROL .....	63
<b>TABLA 18.</b> COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	64
<b>TABLA 19.</b> ANÁLISIS DE COSTO EN FUNCIÓN DE TIEMPO A SER AHORRADO .....	64
<b>TABLA 20.</b> INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	66

# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>FIGURA 1.</b> ESQUEMA DEL SISTEMA SCADA.....	4
<b>FIGURA 2.</b> MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (MDF).....	5
<b>FIGURA 3.</b> COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS.....	6
<b>FIGURA 4.</b> COMUNICACIÓN FIELDBUS FOUNDATION .....	6
<b>FIGURA 5.</b> COMUNICACIÓN PROFINET .....	7
<b>FIGURA 6.</b> CINTA DE MEDICIÓN A FONDO.....	8
<b>FIGURA 7.</b> FAMILIA SITRANS L DE SIEMENS .....	9
<b>FIGURA 8.</b> ESQUEMA DEL MODELO-V .....	10
<b>FIGURA 9.</b> CASO DE USO MONITOREO DE TANQUES DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES .....	17
<b>FIGURA 10.</b> FLUJO GRAMA DE ACTIVIDADES DEL SISTEMA SCADA...	18
<b>FIGURA 11.</b> DIAGRAMA DE COMPONENTES DEL SISTEMA SCADA .....	20
<b>FIGURA 12.</b> CAMPO DE APLICACIÓN.....	23
<b>FIGURA 13.</b> ESQUEMA DE ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA .....	26
<b>FIGURA 14.</b> PANTALLA DE INICIO TIA PORTAL V13 .....	29
<b>FIGURA 15.</b> VENTANA PARA NUEVO PROYECTO .....	29
<b>FIGURA 16.</b> VENTANA PRIMEROS PASOS .....	30
<b>FIGURA 17.</b> VENTANA PARA AGREGAR DISPOSITIVOS ESTACIÓN PC .....	30
<b>FIGURA 18.</b> PESTAÑA CATÁLOGO DE HARDWARE SIMATIC HMI APPLICATION.....	31
<b>FIGURA 19.</b> PESTAÑA CATÁLOGO DE HARDWARE MÓDULOS DE COMUNICACIÓN .....	31
<b>FIGURA 20.</b> VENTANA PARA AGREGAR DISPOSITIVOS SIMATIC S7- 1200 .....	32
<b>FIGURA 21.</b> VENTANA VISTA DE DISPOSITIVOS SIMATIC S7-1200.....	32
<b>FIGURA 22.</b> VENTANA DE AJUSTES DE INTERFACE PG/PC.....	33

<b>FIGURA 23.</b> VENTANA DE PROPIEDADES DE CONEXIÓN ÁREA LOCAL .....	34
<b>FIGURA 24.</b> VENTANA DE PROPIEDADES DE PROTOCOLO DE INTERNET .....	34
<b>FIGURA 25.</b> VENTANA DIRECCIONES DE ETHERNET S7-1200 .....	35
<b>FIGURA 26.</b> VENTANA AGREGAR NUEVO BLOQUE S7-1200 .....	37
<b>FIGURA 27.</b> FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN NORM_X.....	38
<b>FIGURA 28.</b> FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN SCALE_X.....	38
<b>FIGURA 29.</b> SEGMENTO 1 DE LA FUNCIÓN FB1 DEL S7-1200.....	39
<b>FIGURA 30.</b> FLUJO GRAMA PARA ALERTAS DE DIÉSEL Y GASOLINA .	40
<b>FIGURA 31.</b> SEGMENTO 2 DE LA FUNCIÓN OB1 DEL S7-1200 .....	41
<b>FIGURA 32.</b> FUNCIONAMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN SCALE .....	43
<b>FIGURA 33.</b> SEGMENTO 1 DE LA FUNCIÓN FB1 .....	44
<b>FIGURA 34.</b> FLUJO GRAMA PARA ALERTAS DE LUBRICANTES .....	45
<b>FIGURA 35.</b> AGREGAR IMAGEN WINCC RT ADVANCED.....	46
<b>FIGURA 36.</b> NUEVA IMAGEN WINCC RT ADVANCED.....	47
<b>FIGURA 37.</b> BARRA DE HERRAMIENTAS WINCC RT ADVANCED .....	47
<b>FIGURA 38.</b> PANTALLA HMI DE MENÚ PRINCIPAL .....	48
<b>FIGURA 39.</b> PANTALLA HMI DE MONITOREO DIÉSEL OÍL .....	49
<b>FIGURA 40.</b> PANTALLA HMI DE MONITOREO GASOLINA SÚPER .....	50
<b>FIGURA 41.</b> PANTALLA HMI DE MONITOREO CENTRAL DE FLUIDOS ..	51
<b>FIGURA 42.</b> PANTALLA HMI DE MONITOREO GENERAL.....	52
<b>FIGURA 43.</b> INICIO DE MS SQL SERVER 2014 .....	54
<b>FIGURA 44.</b> CREAR NUEVA BASE DE DATOS EN SQL SERVER .....	54
<b>FIGURA 45.</b> CREAR UN NUEVO ORIGEN DE DATOS ODBC.....	55
<b>FIGURA 46.</b> CREAR UN NUEVO ORIGEN DE DATOS PARA SQL SERVER .....	56
<b>FIGURA 47.</b> CREAR FICHERO EN TIA PORTAL .....	57
<b>FIGURA 48.</b> CONFIGURAR VARIABLES DE FICHERO EN TIA PORTAL .	57
<b>FIGURA 49.</b> ASISTENTE PARA LA CREACIÓN DE DATOS EN MS EXCEL .....	58

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	
LIMITES PARA LAS ALARMAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	73
<b>ANEXO II</b>	
ENCABEZADOS DE LAS VARIABLES PARA EL CUADRO DE CONTROL EN EXCEL .....	74
<b>ANEXO III</b>	
ANÁLISIS DE TIEMPOS EN EL PROCESO OPERATIVO.....	75
<b>ANEXO IV</b>	
ANÁLISIS DE TIEMPOS EN EL PROCESO DE CONTROL.....	76
<b>ANEXO V</b>	
COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	77
<b>ANEXO V</b>	
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO EN UN PERIODO DE 5 AÑOS.....	78

## RESUMEN

El presente documento muestra los pasos para el diseño, desarrollo y futura implementación de un sistema SCADA en una ensambladora de autos el cual permita el monitoreo, control de niveles y datos de consumos en tiempo real de los combustibles y lubricantes almacenados en tanques y que alimentan directamente a la línea de producción. El sistema se compone del hardware que está distribuido por 6 sensores de nivel que emiten una señal análoga de 4 a 20 mA hacia los dos PLCs encargados de escalar la señal con la cual se obtendrán los datos de altura en centímetros y de volumen en galones para cada uno de los tanques además de emitir señales de alarma cuando los niveles sobrepasan los límites configurados de acuerdo al tamaño del tanque de almacenamiento, estos dispositivos se comunican mediante una red Profinet hacia la estación central que contiene el software usado para la programación y desarrollo de las interfaces humano- maquina (HMI).

Los datos obtenidos por los sensores serán almacenados en una base de datos la cual indica la fecha, hora, y los consumos de niveles en centímetros de los tanques de almacenamiento, para que con la ayuda de un cuadro de control desarrollado en una hoja de cálculo, se puedan obtener los datos con los que se analizarán los consumos diarios de la planta de producción, y stocks físicos que en conjunto dan la información para poder planificar los reabastecimientos de combustibles y lubricantes tanto para la planta de producción como para la ensambladora en general.



## **ABSTRACT**

This document shows the steps for the design, development and future implementation of a SCADA system in an assembly of cars which allows monitoring, control levels and consumption data in real time of the fuel and stored lubricants in tanks that feeding directly to the production line. The system consists of hardware that is distributed in 6 level sensors that emit an analog signal 4 to 20 mA to the two PLCs responsible for scaling the signal with which height data in centimeters and volume data will be obtained in gallons for each of tanks in addition to issuing alarm signals when levels exceed the limits set according to the size of the storage tank, these devices communicate via a Profinet network to the central station containing the software used for programming and development the human-machine interfaces (HMI).

The data obtained by the sensors will be stored in a database which indicates the date, time, and consumption levels in centimeters of the storage tanks so that with the help of a control panel developed in a spreadsheet will can obtain the data of the daily consumption of the production plant, and physical stocks which together give the information to plan replenishments of fuel and lubricants for both the production plant and the all the assembly plant.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente las industrias a nivel mundial utilizan sistemas automatizados capaces de controlar procesos desde los más simples hasta los más complejos, uno de ellos son los sistemas usados para la medición y control de tanques en los que se almacenan diferentes líquidos en su gran mayoría los derivados del petróleo (diésel, gasolina, GLP, entre otros), que requieren un control de nivel de alta precisión especialmente cuando son utilizados dentro del proceso de producción de una empresa. Para la automatización de los procesos industriales se han implementado los sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) con el propósito de controlar, monitorear y procesar la información de los datos adquiridos en tiempo real y con un mínimo porcentaje de error ya que estos influyen en varios aspectos trascendentales en las empresas como pueden ser en el área de abastecimientos, área de producción, área de compras y área contable.

Durante la formación académica se destacó la importancia de la automatización de procesos inteligentes integrando de forma congruente la mecánica, electrónica, informática y control, que permitan dar un valor agregado a ciertos procedimientos que requiera de un control a detalle optimizando tiempo y recursos.

Con el presente proyecto se propone un sistema de monitoreo y adquisición de datos (SCADA) durante la jornada laboral y extra laboral para llevar un control minucioso de los niveles en los diferentes tanques de lubricantes y combustibles que alimentan a la línea de producción, evitando que estos puedan quedar vacíos y se produzcan inconvenientes en el desarrollo normal de actividades dentro de la planta, además de eliminar el proceso operativo manual al momento de la toma de medidas para el control diario.

El objetivo principal es diseñar y desarrollar un sistema SCADA para el control en tiempo real de niveles en los tanques de la central de fluidos y combustibles para su posterior implementación en la ensambladora de autos. Para lo cual se deben cumplir con los objetivos específicos planteados a continuación:

- o Analizar los procesos de operación y control para el monitoreo de niveles y consumos en los tanques de combustibles y lubricantes.
- o Automatizar los procesos de recolección de información, control de consumos y planificaciones de reabastecimientos de combustibles y lubricantes.
- o Diseñar la base de datos para el almacenamiento de la información adquirida de los sensores de campo.
- o Diseñar y desarrollar la interfaz HMI del sistema SCADA de control de niveles de tanques y datos de consumo de combustible.

Para el desarrollo del presente proyecto se va a realizar el análisis de consumos diarios de diésel, gasolina, lubricantes y refrigerante almacenados en distintos tanques de la ensambladora con el fin de obtener estadísticas para determinar los rangos que se usaran en la calibración de los sensores al momento de realizar el diseño del sistema SCADA.

El sistema diseñado permitirá mantener un control, monitoreo y adquisición de datos en tiempo real de los seis tanques en los cuales se usarían sensores que serán controlados desde una estación y que darán señales de alarma cuando los niveles sobrepasen los rangos establecidos todo esto se realizara una simulación para validar el funcionamiento del sistema y proponer su implementación total en una ensambladora de autos con los objetivos de reducir tiempo operativo, llevar un control exacto de consumo, prevenir desabastecimientos y optimizar planificaciones de reabastecimientos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

La automatización industrial es un elemento fundamental que las empresas cuentan en la actualidad para sus líneas de manufactura la cual se basa en facilitar y reducir el trabajo del hombre a través de sistemas creados e implementados con software y hardware de diferentes tecnologías para controlar, monitorear y adquirir datos esenciales de los procesos que en su mayoría cumplen tareas repetitivas con la finalidad de generar mayor rendimiento, calidad, optimización de recursos, costos y tiempo.

Los sistemas de automatización orientadas al sector industrial tienen grandes ventajas así también como desventajas, entre las más notables se pueden describir las siguientes:

### **2.1.1 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

- Reducción de costos en mano de obra
- Otorga niveles óptimos de calidad
- Reducción de tiempo en los procesos
- Producción de 24 horas al día

### **2.1.2 DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

- Costos elevados de desarrollo e implementación
- Inflexibilidad ante cambios en los procesos
- Incremento de costos para mantenimiento y reparación

## **2.2 SISTEMAS SCADA**

SCADA por sus siglas en Ingles de “Supervisory Control And Data Acquisition”. Es un software diseñado para el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla de un ordenador como se muestra en la Figura 1 (ELECTRIC, 2004).



**Figura 1.** Esquema del sistema SCADA  
(Electric, 2004)

Los sistemas SCADA están compuestos por los módulos detallados a continuación (MANDADO, ACEVEDO, SILVA, & QUIROGA, 2009).

- **Módulo de configuración.** Mediante el presente modulo el usuario podrá definir el entorno de trabajo adaptándolo a la aplicación que se quiere desarrollar.
- **Módulo de interfaz gráfica de usuario.** Proporciona al usuario del sistema las funciones de control y supervisión del proceso.
- **Módulo de proceso.** Ejecuta las acciones de mando programadas de acuerdo a las señales de las variables adquiridas.
- **Módulo de gestión y archivo de datos.** Encargada de almacenar ordenadamente los datos para que una tercera aplicación pueda tener acceso a ellos.
- **Módulo de comunicaciones.** Encargada de transferir en tiempo real los datos desde campo hacia la estación PC.

## 2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

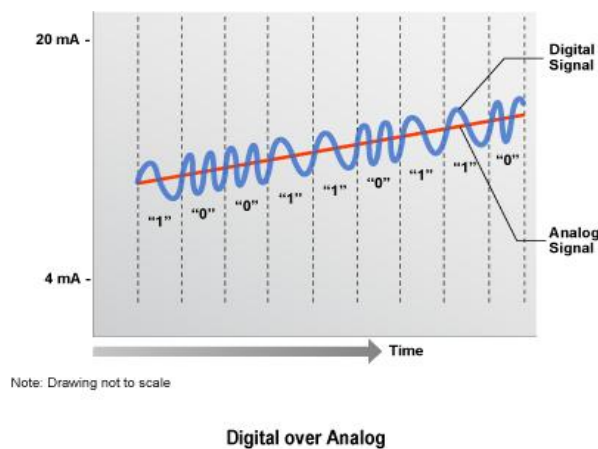
Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red (INDUSTRIA, 2006).

Para los protocolos de comunicación se utilizan buses de campo los cuales son tecnologías usadas exclusivamente para procesos de automatización y control. Se dividen en dos grupos:

- o **Propietarios.-** Son de propiedad de una determinada empresa y está restringido al uso de solo un marca de equipos.
- o **Abiertos.-** Son dispositivos de diferentes fabricantes que pueden ser conectados, operados e intercambiados con dispositivos funcionalmente equivalentes de otras firmas (CATEDRA, 2001).

Los buses de campo más usados en la industria son:

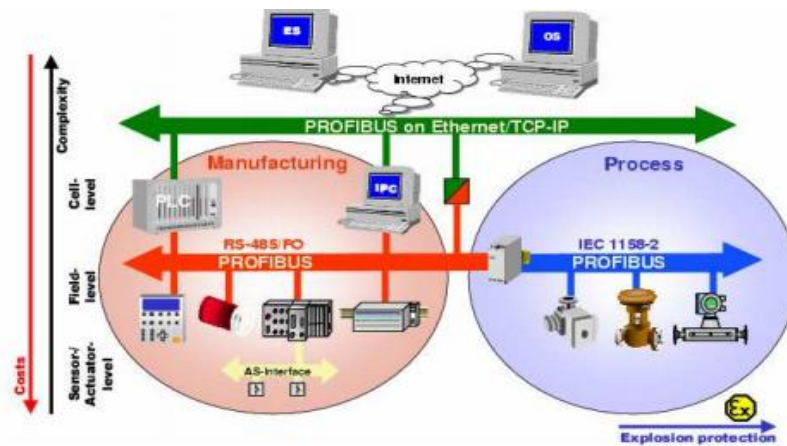
- o **HART.-** Acrónimo en inglés para Transductor Remoto Direccional en Red. Este protocolo usa la norma Bell 202 de modulación por desplazamiento de frecuencia (Figura 2) para empalmar señales digitales de comunicación a bajo nivel sobre 4 a 20 mA (FIELDCOMM, 2014).



**Figura 2.** Modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF)  
(HARTCOMM, 2014)

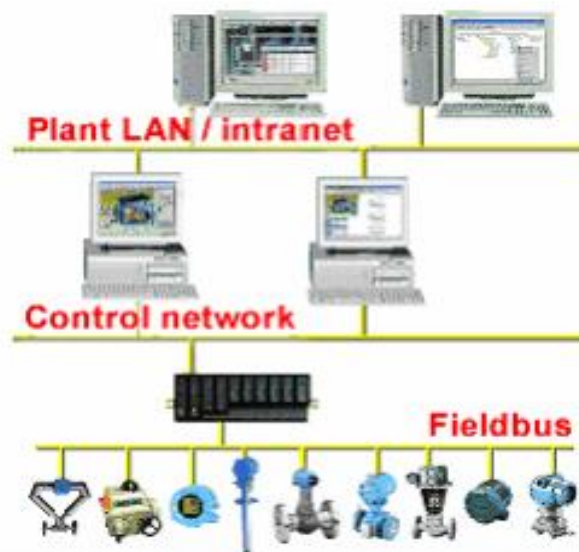


- o **PROFIBUS.-** Es un estándar de red de campo abierto , donde la interfaz permite amplia aplicación en procesos industriales, su uso habitual (Figura 3) es a la hora de interconectar distintos dispositivos de distintos fabricantes, pudiendo ser utilizado para aplicaciones donde el tiempo del bus sea crítico y con complejos objetivos de comunicación (BARRERO, 2014).



**Figura 3.** Comunicación Industrial Profibus (BARRERO, 2014)

- o **FIELDBUS.-** Es un sistema de comunicación serial de dos vías completamente digital (Figura 4) que sirve como la red de nivel base en el ambiente de automatización de un proceso (EMERSON, 2002).

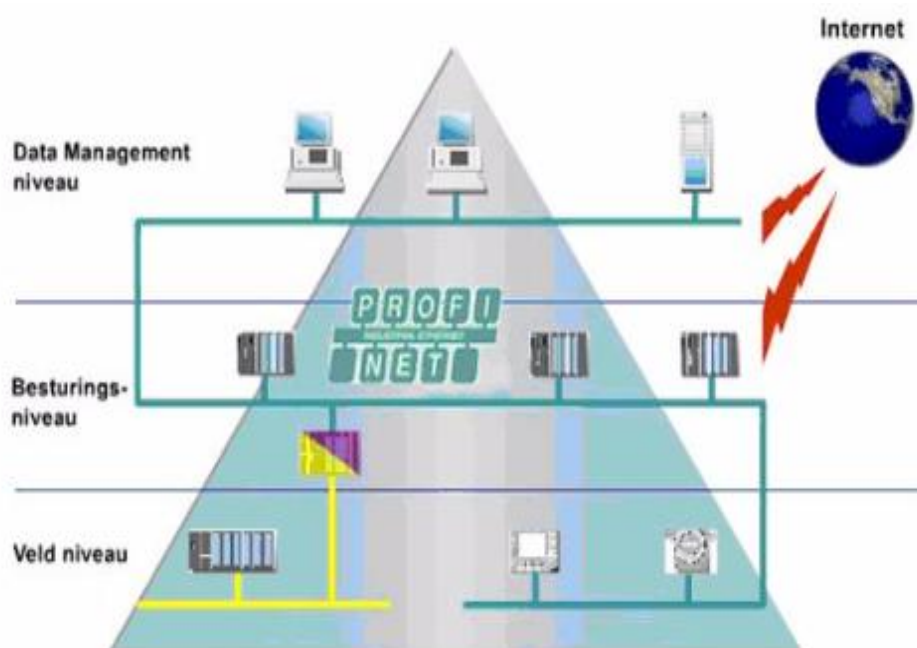


**Figura 4.** Comunicación Fieldbus Foundation (EMERSON, 2002)

- o **PROFINET.**- Es el estándar de comunicación para redes industriales de automatización. En él se puede conectar dispositivos, sistemas y células (Figura 5), lo que facilita la fabricación disminuyendo tiempo y costo además de aumentar la seguridad y calidad (Profinet, 2016).

Entre las principales características de Profinet se pueden mencionar las siguientes:

- Se pueden utilizar los cables y switches estándar de Ethernet
- Sistema Maestro – Esclavo, como en Profibus
- Se configura como una red de campo
- Los dispositivos se direccionan mediante un nombre
- Comunicación fácil, rápida, flexible y abierta
- Alta velocidad, tiempo de ciclo por dispositivo
- Utiliza conectores industriales apantallados RJ45
- PROFINET I/O ofrece funcionamiento en “tiempo real” para datos de E/S cíclicos
- Protocolo abierto, estándar industrial



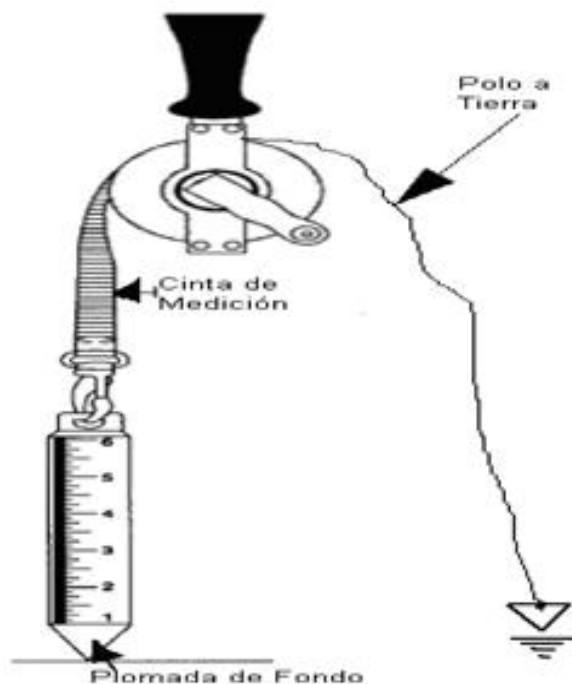
**Figura 5.** Comunicación Profinet  
(HURTADO J. , 2015)

## 2.4 SISTEMAS PARA MEDICIÓN DE NIVEL EN TANQUES

Existen dos tipos de formas para medir los tanques de almacenamiento que son manual y automática.

### 2.4.1 MEDICIÓN MANUAL

Para realizar este tipo de medición es necesario la intervención física de un operador o fiscalizador el cual utiliza equipos específicos como la cinta de medición a fondo (Figura 6) para poder realizar la medición de los niveles según el tanque así también de la temperatura del líquido. Uno de los elementos más usados para este procedimiento son las varillas fabricadas específicamente bajo los requerimientos de altura del tanque y que dan un valor específico de medida la cual se compara con una tabla de aforo previamente calculada. Cuando la estructura de los tanques es demasiado extensa como por ejemplo los tanques de crudo en las refinerías, los operadores usan la cinta de medición que es otro instrumento muy conocido y usado para realizar estas funciones.



**Figura 6.** Cinta de medición a fondo  
(ECOPETROL, 2008)

## 2.4.2 MEDICIÓN AUTOMÁTICA

Para que la medición sea automática se utilizan dispositivos que pueden ser mecánicos o electrónicos. En los años 90 los sistemas de medición automática de nivel eran gobernados por los dispositivos mecánicos como son los mecanismos con flotador o con desplazador. En la actualidad los dispositivos más usados para este fin son los de radar y ultrasónicos (Figura 7), los cuales son de mayor precisión y utilizados especialmente en hidrocarburos donde se busca que la exactitud de la medición sea alta.

Por medio de estos sensores es donde el sistema SCADA captara las señales análogas y las procesara para que sean leídas en los formatos que el usuario requiera. Para lograr lo expuesto es necesario conocer el estándar de envío de señal con el que trabaja el sensor como puede ser de tensión o de corriente así también como el del PLC con el que se va a trabajar. Para el presente proyecto se trabajara con el S7-1200 por lo que en la hoja de datos del autómatas se podrá investigar que viene con dos entradas analógicas (2 AI) de tensión es decir de 0-10V y rango total de palabra de datos de 0 a 27648.



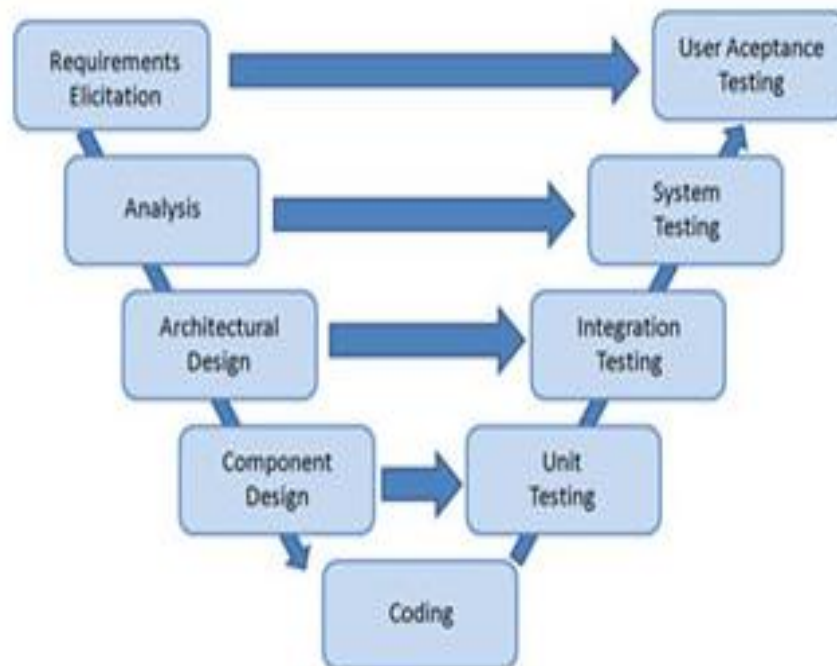
**Figura 7.** Familia Sitrans L de Siemens  
(AG, Siemens, 2016)

### **3. METODOLOGÍA**

### 3.1 METODOLOGIA EN “V” PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE

El modelo-V fue desarrollado en Alemania por el Ministerio de Defensa, el cual deriva directamente del modelo en cascada, y se lo usa como base de procesos en el ciclo de vida de un determinado software. El modelo-V considera el testing o prueba como una actividad paralela al SDLC por sus siglas en ingles de “Software Development Life Cycle” y no como una actividad que recién se la realiza al final del desarrollo. (PELLO, 2009)

En la figura mostrada a continuación se muestra como cada fase de desarrollo (izquierda) se alinean con las fases de prueba (derecha).



**Figura 8.** Esquema del Modelo-V  
(PELLO, 2009)

Las etapas del Modelo-V son las siguientes:

- Análisis.- En esta etapa se recopila la información y se formulan los requisitos del cliente.
- Diseño.- En esta etapa se diseña los requisitos generales de la arquitectura de la aplicación.

- Depuración.- Es el proceso para identificar cualquier error y poder corregirlo.
- Mantenimiento.- Es la última actividad del ciclo de vida el cual consiste en la modificación del software posterior a la entrega al usuario final para poder corregir defectos, mejorar el rendimiento o adaptar algún cambio.

El desarrollo del hardware y software para el sistema SCADA está basado bajo el modelo en V. A continuación se detallan las diferentes fases:

### 3.1.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS

El presente proyecto nació tras ciertos eventos e ideas presentadas en las jornadas laborales y que en conjunto con los clientes internos, se definió los requisitos principales junto con la prioridad que tienen los mismos dentro del proceso de producción. Se los detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Requisitos del sistema SCADA

N.	REQUISITO	PRIORIDAD
1	Exactitud en la medición diaria de combustibles y lubricantes	Alta
2	Optimizar el tiempo de los operadores en la tarea de recolección de datos de niveles	Alta
3	Optimizar el proceso de control de consumos diarios y mensuales	Media
4	Prevenir desabastecimientos durante la jornada de producción	Alta

### 3.1.2 ANÁLISIS FUNCIONAL

Las principales características funcionales del sistema SCADA se basan en los requerimientos de la empresa y se dividen por tres parámetros como son:

- o La adquisición de datos de nivel
- o El monitoreo de los niveles y,
- o El análisis de los datos.

En la tabla 2 se detallan las características:

**Tabla 2.** Características funcionales del sistema SCADA

ADQUISICIÓN	MONITOREO	GESTIÓN DE INFORMACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Los sensores utilizados serán de acuerdo al grado de inflamabilidad del líquido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o La interfaz HMI deberá ser de fácil manejo y visualización.</li> <li>o Las alarmas de niveles máximos y mínimos deberán ser visuales y sonoras.</li> <li>o El monitoreo de los niveles será responsabilidad de un operador en conjunto con la línea de supervisión directa.</li> <li>o EL sistema tendrá dos pantallas (pantalla de la PC y pantalla led de 32") con la finalidad de que pueda ser observada por todo el personal del área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o El control de datos deberá ser manejado en cuadros de control desarrollados en MS Excel.</li> <li>o Se deberá usar una base de datos para almacenar los niveles y consumos durante las jornada laboral y extra laboral</li> </ul>

### 3.1.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El hardware y el software con el que se desarrollará el sistema SCADA serán de la marca Siemens por requerimiento de la Gerencia Industrial de la ensambladora ya que se dispone de licencias originales y el 98% de equipos y componentes utilizan esta marca.



o **HARDWARE**

A continuación se detallan los elementos de hardware basados en las características principales y los requerimientos que se necesita para cada elemento.

**Tabla 3.** Componentes hardware para el sistema SCADA

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTOS
PLC SIEMENS S7-1200 ; CPU 1214C AC/DC/Rly ; Modulo AI SM1231	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuente de alimentación 120/240 VAC.</li> <li>o 14 entradas digitales a 24 VDC</li> <li>o 10 salidas digitales tipo relé</li> <li>o 2 entradas analógicas (0 – 10 VDC) y 4 entradas del módulo AI configurables para V/mA</li> <li>o Conexión Profinet RJ45 10/100 Mbps</li> <li>o Web server integrado en la CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Conexión a red de planta de 110 VAC</li> <li>o 4 entradas análogas que serán usadas para sensores de campo de los tanques de lubricantes.</li> <li>o Salidas digitales para balizas luminosas</li> <li>o Conexión Profinet para programación y comunicación PC – PLC</li> </ul>
PLC SIEMENS S7-1200 ; CPU 1212C AC/DC/Rly ; Modulo AI SM1231	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuente de alimentación 120/240 VAC.</li> <li>o 8 entradas digitales a 24 VDC</li> <li>o 6 salidas digitales tipo relé</li> <li>o 2 entradas analógicas (0 – 10 VDC) y 4 entradas del módulo AI configurables para V/mA</li> <li>o Conexión Profinet RJ45 10/100 Mbps</li> <li>o Web server integrado en la CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Conexión a red de planta de 110 VAC</li> <li>o 2 entradas análogas que serán usadas para sensores de campo de los tanques de diesel y gasolina.</li> <li>o Salidas digitales para balizas luminosas</li> <li>o Conexión Profinet para programación y comunicación PC – PLC</li> </ul>

**Tabla 3.** Componentes hardware para el sistema SCADA

SENSOR SITRANS L	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Tecnología ultrasónica</li> <li>o Rango de medida de 0 a 5 m</li> <li>o Alimentación 24 VDC</li> <li>o Señal de salida de 4 a 20 mA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Sensor ultrasónico para medida de nivel en líquidos inflamables</li> <li>o Señal análoga en rango de 4 a 20 mA</li> <li>o Medida de 0 a 3 m</li> </ul>
SENSOR SICK LFP CUBIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Tecnología TDR (time domain reflectometry)</li> <li>o Rango de medida de 20 a 2000 mm</li> <li>o Alimentación 24 VDC</li> <li>o Señal de salida de 4 a 20 mA o 0 a 10 V</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Sensor con probeta para uso en aceites</li> <li>o Señal análoga de 4 a 20 mA</li> <li>o Rango de medida de 20 a 900 mm</li> </ul>

**o SOFTWARE**

El poder trabajar con un software de ingeniería eficaz e intuitivo brinda al diseñador una gran ventaja en el desarrollo de aplicaciones para la automatización de procesos, en la tabla mostrada a continuación se detalla las características y requerimientos para el software que se utilizará en el presente proyecto.

**Tabla 4.** Componentes software para el sistema SCADA

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	REQUERIMIENTOS
TIA PORTAL V13; STEP7 PROFESIONAL SP1; WINCC PROFESSIONAL V13 SP1	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Configuración, programación y diagnóstico de controladores simatic S7-1200, S7-300, S7-400 Y S7-1500</li> <li>o Programación con editores Ladder, diagrama de bloques, lista de instrucciones, texto estructurado y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Diseño y configuración de sistemas SCADA.</li> <li>o Sistemas de visualización y control de PCs en Runtime</li> <li>o Programación en diagrama funcional de bloques (FBD)</li> <li>o Configuración, programación de los</li> </ul>

**Tabla 4.** Componentes software para el sistema SCADA

	<p>gráfico de secuencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o WinCC Basic V13 para la configuración de los paneles SIMATIC HMI Basic Panels.</li> <li>o Software para configuración de sistemas SCADA de alta funcionalidad</li> </ul>	simatic S7-1200
--	---	-----------------

o **ELEMENTOS DE CONEXIÓN.**

**Tabla 5.** Elementos de conexión del sistema SCADA

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS
Red Profinet	Cable para comunicación Profinet con conector RJ45 robusto metálico
Cableado sensores	Cable mallado 4x18 AWG para transportar señales analógicas y blindaje para eliminar interferencias estáticas del campo eléctrico y ruido.
Punto de Red	Punto de red certificado para realizar la conexión vía Ethernet con el PLC exterior y la estación PC

Para el diseño del software se lo realizará con el lenguaje unificado de modelado UML detallado a continuación:

### 3.2 MODELADO DEL SISTEMA EN UML

El Lenguaje Unificado de Modelado prescribe un conjunto de notaciones y diagramas estándar para modelar sistemas orientados a objetos además

que describe la semántica esencial de lo que los diagramas y símbolos significan (POPKIN, 2012).

Entre las características más relevantes del Lenguaje Unificado de Modelado se pueden destacar las siguientes:

- o Divide cada proyecto en un número de diagramas que representan las diferentes vistas del proyecto.
- o Los diagramas juntos son los que representan la arquitectura del proyecto.
- o Permite describir un sistema en diferentes niveles de abstracción, simplificando la complejidad sin perder información.
- o UML recomienda utilizar los procesos que otras metodologías tienen definidos (BOOCH, RUMBAUCH, & JACOBSON, 1999).

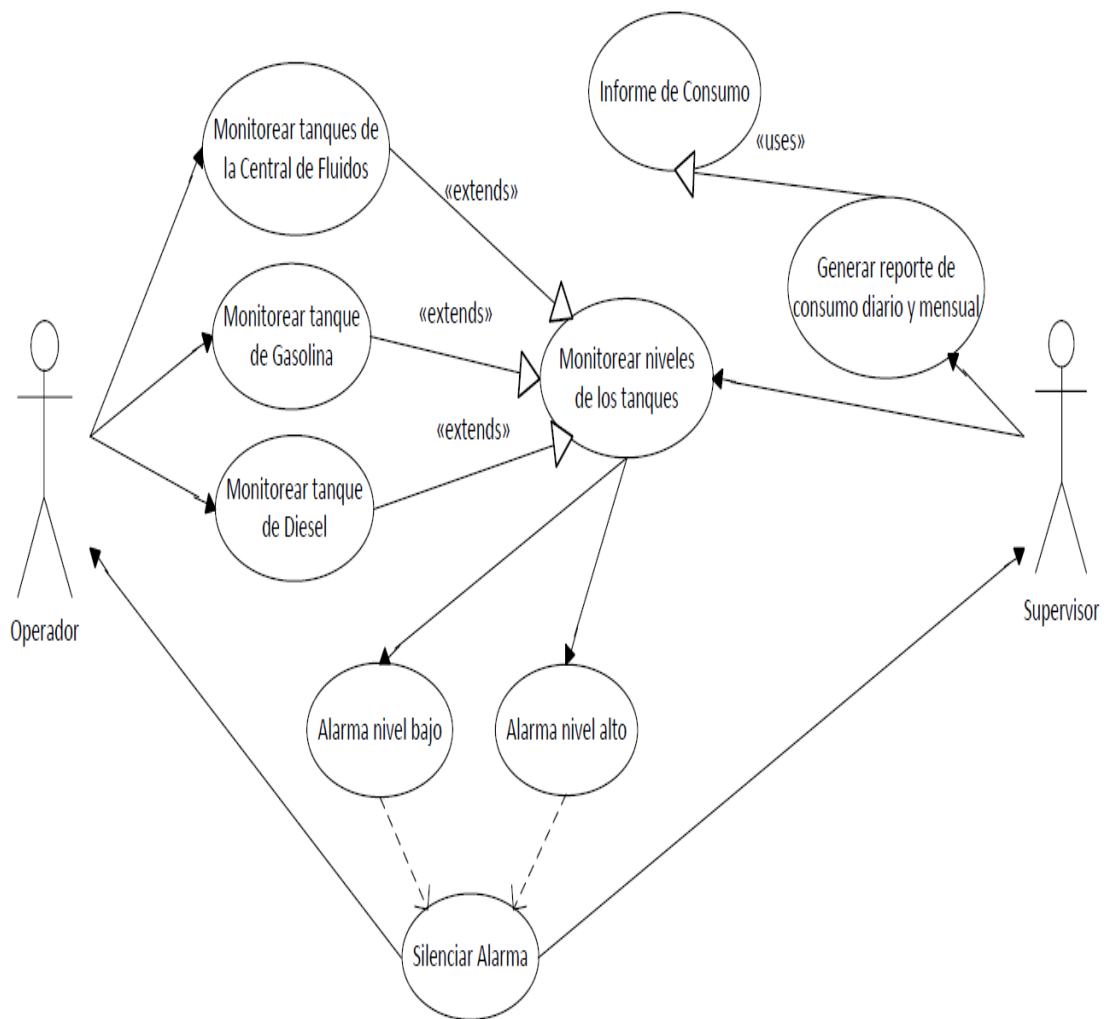
El diseño desarrollado para el sistema SCADA utiliza tres tipos de diagramas UML que son:

- o Diagrama de casos de uso
- o Diagrama de actividades
- o Diagrama de componentes

### **3.2.1 MODELO DE CASO DE USO**

El diagrama de casos de uso permite representar de manera esquemática la forma en como los actores y los elementos de un sistema interactúan entre sí.

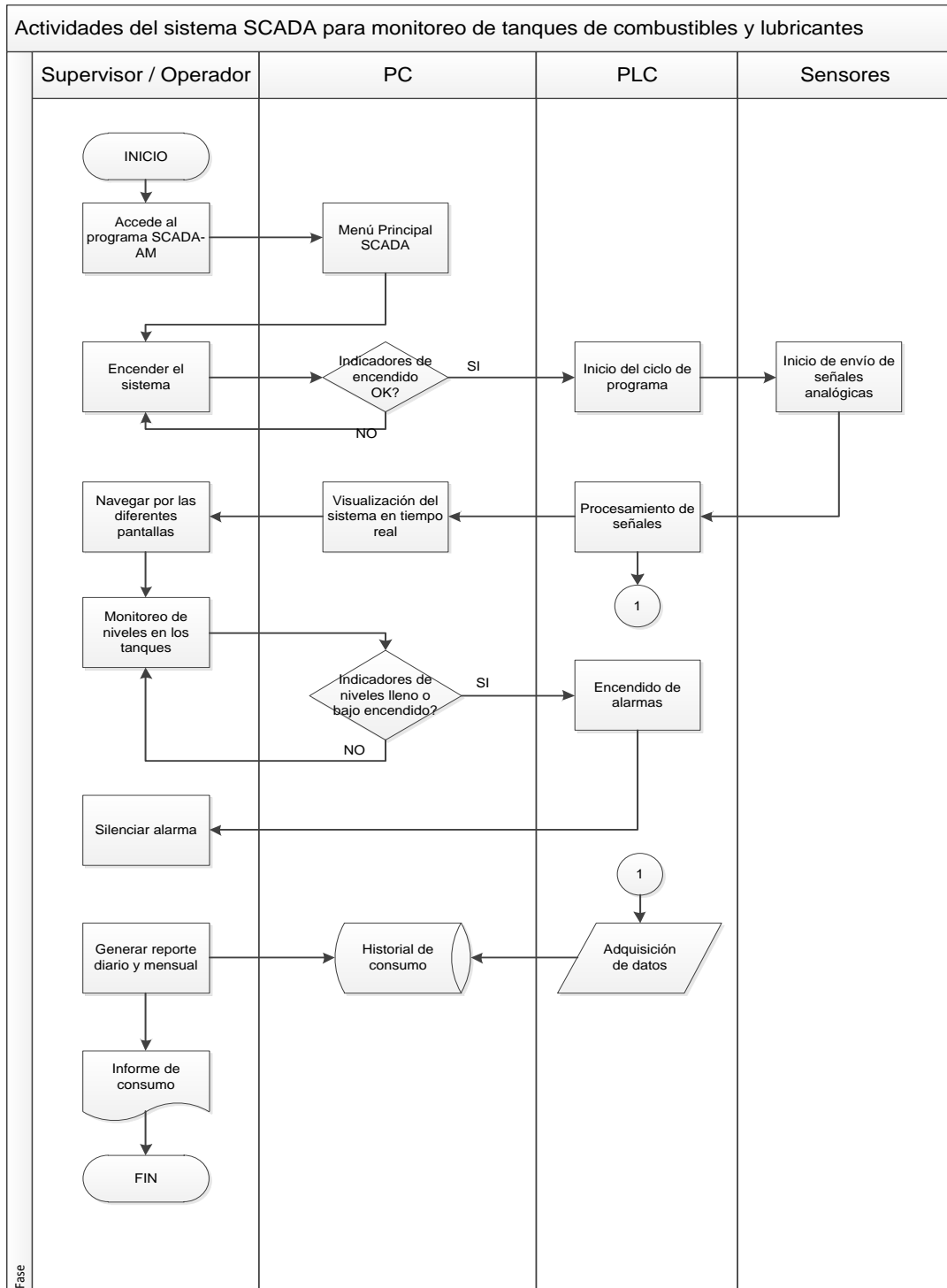
Como muestra la figura a continuación, el control de niveles en los tanques será monitoreado remotamente por un operador (actor) los diferentes tanques de almacenamiento a través de una interfaz HMI en la cual se podrá observar la cantidad de líquido existente de gasolina, diesel y lubricantes, cuando uno o varios de los tanques estén en su nivel de capacidad máximo o mínimo el sistema generará una alarma la cual será receptada por el operador y/o supervisor.



**Figura 9.** Caso de Uso Monitoreo de tanques de combustibles y lubricantes  
 Los combustibles son usados diariamente dentro del proceso de producción por lo que el supervisor tendrá la opción de generar reportes de lo consumido en los tanques a diario para con ello poder entregar un informe mensual a jefaturas (Figura 9).

### 3.2.2 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

El diagrama de actividades nos ayuda a mostrar de una manera simplificada todo el proceso que conformará el sistema SCADA a través de las acciones que realizaran las personas, el software y el hardware. A continuación se muestra el diagrama de flujo de las principales actividades que involucra el proceso de monitoreo de los tanques de combustibles y lubricantes.



**Figura 10.** Flujo grama de actividades del sistema SCADA

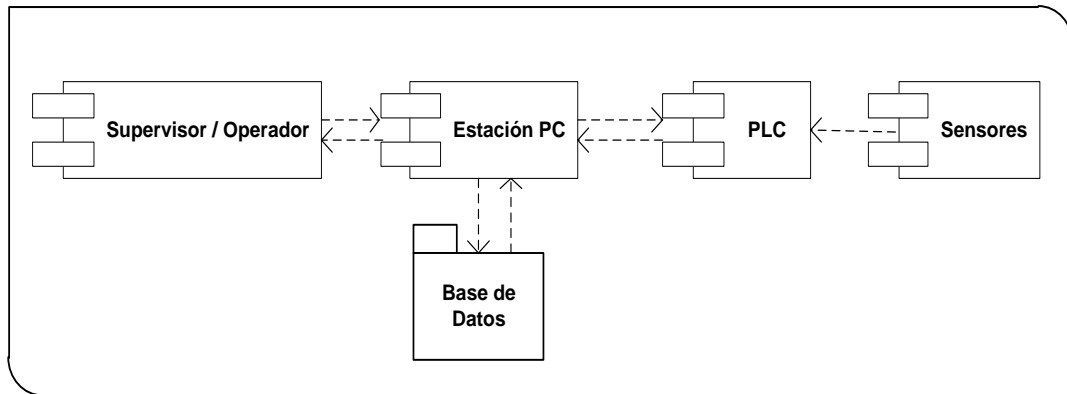
El proceso inicia a través del supervisor cuando accede a la aplicación. Una vez ejecutado la persona a cargo tendrá que acceder al runtime del sistema donde iniciara el SCADA desplegando el menú principal para poner en marcha al autómeta.

El sistema indicará al usuario que todos los sistemas están encendidos correctamente mediante gráficos en la pantalla, caso contrario se tendría que nuevamente realizar el proceso de encendido tomando en cuenta los avisos del sistema.

A continuación el autómatas entrará en conexión directa con los sensores de campo los cuales transmitirán las señales análogas de los distintos tanques de combustibles y lubricantes al PLC el cual los procesa mediante un escalado para que se visualicen en las pantallas del SCADA. Para esto el operador estaría en la facultad de monitorear en tiempo real los niveles en los tanques de diésel, gasolina y lubricantes de la central de fluidos navegando por las diferentes pantallas según sea el requerimiento. Cuando uno o más de los tanques estén en sus niveles de capacidad máximo o mínimo, el sistema lanzará alertas visuales y sonoras para que el operador tome los correctivos necesarios y una vez solucionados pueda apagar las alarmas. Durante todo el proceso el PLC estará enviando la información a la base de datos donde quedaran guardados los historiales de consumos que tenga cada tanque durante las jornadas de producción. Esto permitirá que el supervisor pueda acceder a los datos en cualquier momento y ejecutar los reportes los cuales serán analizados para las planificaciones de reabastecimiento, control o bien entregarlos a las líneas de supervisión (Figura 10).

### **3.2.3 DIAGRAMA DE COMPONENTES**

El presente diagrama muestra las dependencias y organización del conjunto de componentes que conformarían el SCADA. A continuación se indican los principales componentes que tendrá el proyecto de monitoreo y control de combustibles y lubricantes como son sus actores (Supervisor u Operador), una estación PC, los PLCs, los sensores de nivel y la base de datos, detallando la interacción que tendrá cada uno de ellos en el sistema. El principal componente será la estación PC en la cual se comandara todo el sistema por medio del SCADA y que estará conformado por 5 pantallas en las cuales los actores podrán tener el acceso a un menú principal.



**Figura 11.** Diagrama de componentes del sistema SCADA

Además de una vista general de todos los tanques y también para cada uno de ellos por separado además del control de alarmas y los accesos a los datos de consumo, todo esto en tiempo real. La estación PC estará enlazada a los autómatas por medio del protocolo de comunicación Profinet los cuales utilizarán su IP para la configuración. El PLC estará programado para recibir y procesar los datos enviados por los sensores de campo mediante un escalado de las señales análogas de 4 a 20 mA que serán representadas en datos de tipo entero y serán convertidas para que se visualicen en las pantallas como centímetros (altura) y galones (volumen) en datos de tipo real, además, el programa será configurado con los parámetros de seguridad para cada uno de los tanques según el reglamento de la agencia de regulación y control hidrocarburiífero (ARCH) para los niveles máximos y para los niveles mínimos según los requerimientos del departamento industrial de la ensambladora, así el sistema podrá lanzar las alarmas cuando dichos parámetros se cumplan. Serán seis los sensores que estarán montados en campo y conectados al PLC por medio de la red profinet hasta el tablero de control, dos de ellos irán en los tanques de diésel industrial y gasolina súper y los cuatro restantes que irán colocados en los tanques de lubricantes y refrigerante. La base de datos será desarrollada en SQL server almacenando los datos de tipo real tanto de la variación en los centímetros como en galones de cada tanque junto con los parámetros de fecha y hora, donde, el supervisor podrá acceder a dicha base ingresando a una hoja electrónica enlazada con los datos adquiridos (Figura 11).



### 3.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Las pruebas realizadas al sistema son importantes para poder encontrar y corregir errores tempranamente o a su vez modificar parámetros que lleven a un mejor funcionamiento del programa.

Para poder obtener los datos y variables con los que se desarrollara la programación y se creará las pantallas de la HMI, es necesario realizar mediciones de tiempos y recolectar la información con los que en la actualidad se lleva el control de combustibles y lubricantes. Las pruebas con las que se diseñará y validará el sistema SCADA son:

- o **Parámetros de los procesos a automatizar**

La información más relevante que se deberá adquirir se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Parámetros para adquisición de información

PARAMETRO	DESCIPCIÓN
Área	Lugar en donde se encuentran ubicados los tanques.
Tanques	Conocer el tipo de hidrocarburo que contienen
Actividades	Conocer el proceso que realiza el operador
Entregables	Información que adquiere y registra el operador
Tiempo	Minutos que lleva adquirir y procesar la información

- o **Pruebas de software**

Las pruebas con las que se validará el sistema se detallan a continuación:

**Tabla 7.** Pruebas de software

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
Conexiones de red	Se validara las conexiones que tendrán los elementos principales del sistema

**Tabla 7. Pruebas de software**

Arranque de los PLCs	Mediante simulación se realizará las conexiones online para cada PLC donde se cargara el programa y se verificara que la programación este correcta.
Pruebas de la interfaz humano-maquina (HMI)	Se pondrá en marcha la HMI y se comprobará que cada una de las pantallas esté indicando los datos correctos.
Prueba de la base de datos	Se comprobara que la base de datos creada este adquiriendo y almacenando los datos.

## **4. DISEÑO**

El diseño del sistema SCADA parte del problema actual que se tiene con la medición de los niveles y el control de los mismos, para ello se ha establecido de la siguiente manera:

- Campo de aplicación
- Distribución de equipos
- Parámetros del sistema
- Estructura del sistema
- Gestión de información
- Programación del software

#### 4.1 CAMPO DE APLICACIÓN

La ensambladora está conformada por dos grandes tanques uno de ellos de diésel oíl de 6410.6 galones de capacidad utilizado para el consumo de los generadores, calderos, cabinas de pintura, compresores, vehículos ensamblados y otro de gasolina súper con 2867.3 galones de capacidad usado exclusivamente para las unidades ensambladas, además de un espacio asignado para los lubricantes denominado “Central de Fluidos” donde están ubicados los aceites de motor, hidráulico y refrigerante cada uno de ellos de 55 galones de capacidad (Figura 12).





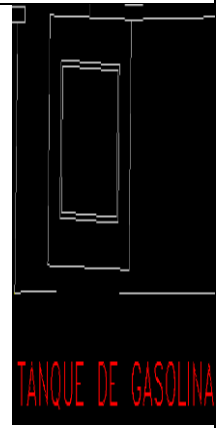
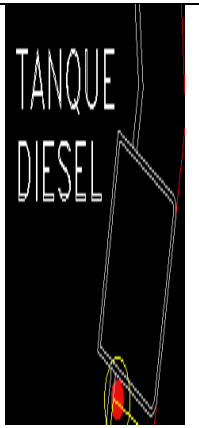
**Figura 12.** Campo de aplicación

## 4.2 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

La estación PC estará ubicada en el almacén de materiales de la ensambladora (área encargada de supervisar el abastecimiento y control de los lubricantes y combustibles). El tablero de control principal estará situado en el mismo almacén de materiales a una distancia de 3 metros de la central de fluidos el cual alojara uno de los PLCs mientras que el otro estará ubicado dentro de un tablero de control existente a una distancia de 2 metros del tanque de Diésel oíl. Las balizas estarán colocadas en fila con su respectiva señalización en una de las vigas del almacén de materiales con la finalidad de que tengan una buena visibilidad para que el personal que labora en el área pueda observar cuando emitan señales de alerta además de una pantalla 32" que de igual manera será visible para todo el personal. Los tanques que se dispone para el sistema a automatizar son seis, cada uno con su medidor de nivel de acuerdo al líquido contenido.

En la siguiente tabla se detalla las distancias que tienen cada uno de los tanques en referencia con la estación central:

**Tabla 8.** Distancias de los tanques

	Estación central	Central de fluidos	Tanque de gasolina	Tanque de diesel
<b>DESCRIPCIÓN</b>				
<b>DISTANCIA</b>	0 m	9 m	83 m	260 m

### 4.3 PARAMETROS DEL SISTEMA

Durante el desarrollo del sistema se establecieron nuevos límites tanto para los niveles altos como para los niveles bajos de cada uno de los tanques de almacenamiento que conforman el sistema.

Los límites superiores se basaron según disposición de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) la cual indica que los tanques de combustibles pueden ser abastecidos como máximo hasta el 90% de su capacidad total. Los límites inferiores se establecieron en conjunto con el departamento de Industrial, esto en función para el óptimo desempeño de la maquinaria y producción de la ensambladora. Los niveles en detalle se los puede observar en el Anexo I.

Los parámetros a considerar para la programación de cada uno de los sensores se los detalla en la siguiente tabla. Se debe tomar en cuenta que varían de acuerdo a la medida y forma de cada tanque de almacenamiento.

**Tabla 9.** Parámetros de sensores

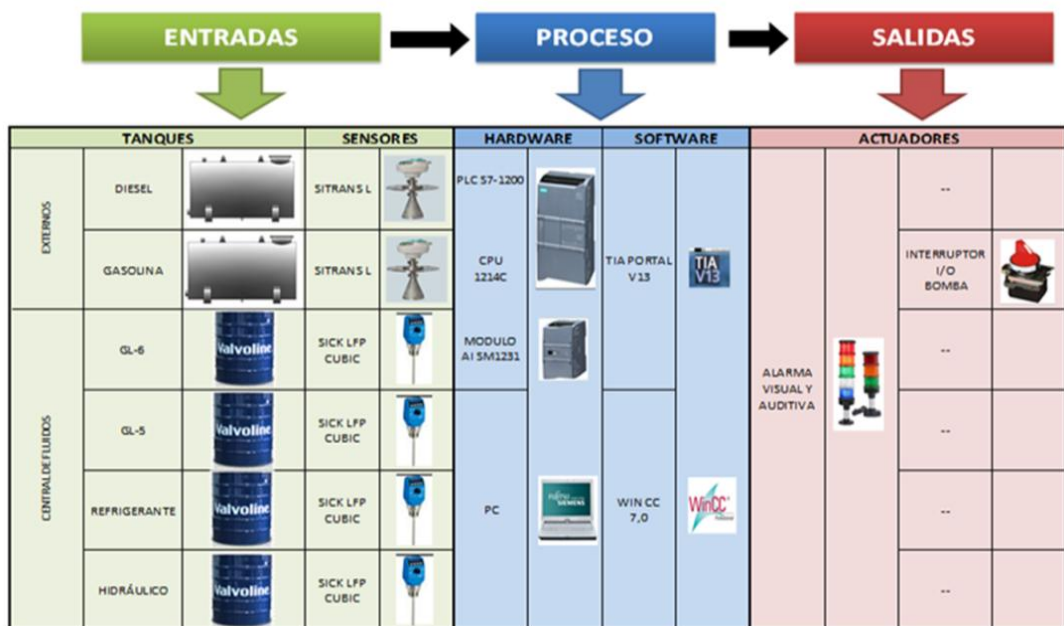
SENSOR	PARAMETRO	VALOR
Sitrans (tanque de gasolina)	Nivel máximo a medir	191 cm
	Lectura de salida para 4 mA	1 cm
	Lectura de salida para 20 mA	189 cm
Sitrans (tanque de diesel)	Nivel máximo a medir	241 cm
	Lectura de salida para 4 mA	1 cm
	Lectura de salida para 20 mA	239 cm
Sick LFP ( tanque de lubricantes)	Longitud de sonda	840 mm

**Tabla 9.** Parámetros de sensores

	Señal de salida	4 ... 20 mA
--	-----------------	-------------

#### 4.4 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

En la figura mostrada a continuación se indica un esquema general de los elementos que conformarían el SCADA, como son las entradas en las que se encuentran los sensores de nivel instalados en cada uno de los tanques y que envían una señal de 4 a 20 mA hacia los PLC's los cuales se encargan de codificar la señal y comunicar a la estación PC donde se podrá observar los niveles en la pantalla y monitorear si existen señales de alarma visuales a través de la pantalla y señales luminosas y sonoras a través de las balizas, por ultimo almacenar los consumos en la base de datos.



**Figura 13.** Esquema de elementos del sistema SCADA

#### 4.5 GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Para el control de los niveles y consumos diarios se ha realizado un cuadro en Microsoft Excel ya que permite que el personal que no esté familiarizado con el sistema pueda interactuar con los datos. La hoja electrónica tendrá

los parámetros importantes que permite que la información del sistema sea de gran aporte al área de abastecimientos. A continuación se detallan los parámetros que deberán constar en los cuadros para su correcto análisis.

**Tabla 10.** Parámetros de la hoja electrónica

REFERENCIA	PARAMETROS
Control de diesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fecha</li> <li>○ Medida del tanque en centímetros y galones</li> <li>○ Dato de reserva</li> <li>○ Ingresos por reabastecimiento</li> <li>○ Dato numerador planta</li> <li>○ Stock en sistema</li> <li>○ Egresos por consumos</li> <li>○ Stock total físico</li> <li>○ Consumo de planta</li> <li>○ Consumo de mantenimiento diario y acumulado</li> <li>○ Consumo de sistema</li> <li>○ Consumo total físico</li> </ul>
Control de gasolina	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fecha</li> <li>○ Medida del tanque en centímetros y galones</li> <li>○ Ingresos por reabastecimiento</li> <li>○ Stock en sistema</li> <li>○ Dato del numerador planta</li> <li>○ Unidades diarias a producir</li> <li>○ Consumo de planta</li> <li>○ Consumo de sistema</li> <li>○ Consumo total físico</li> </ul>
Control de lubricantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fecha</li> <li>○ Código de parte y descripción</li> <li>○ Stock físico de tanques</li> <li>○ Stock sistema</li> <li>○ Reserva en central de fluidos</li> </ul>



**Tabla 10.** Parámetros de la hoja electrónica

	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Dato del numerador planta</li><li>○ Consumo total físico</li><li>○ Consumo de planta</li></ul>
--	--

El cuadro se divide por hojas y en cada una de ellas se encuentran los análisis de diesel, gasolina, y lubricantes, que se actualizarán con los datos almacenados en la base de datos del sistema SCADA. El cuadro con sus parámetros se detallan el Anexo II.

## **4.6 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE**

Para la programación del PLC y creación de las pantallas de visualización y control del SCADA se utilizará el software TIA Portal V13 de SIEMENS, en el cual se podrá monitorear los diferentes tanques en tiempo real y se podrá acceder a los datos almacenados de consumo de los combustibles y lubricantes durante la jornada de producción. El proceso a seguir para desarrollar una solución de automatización en TIA Portal es:

- Creación de un proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del autómeta
- Configuración de la visualización

### **4.6.1 CREACIÓN DE UN PROYECTO**

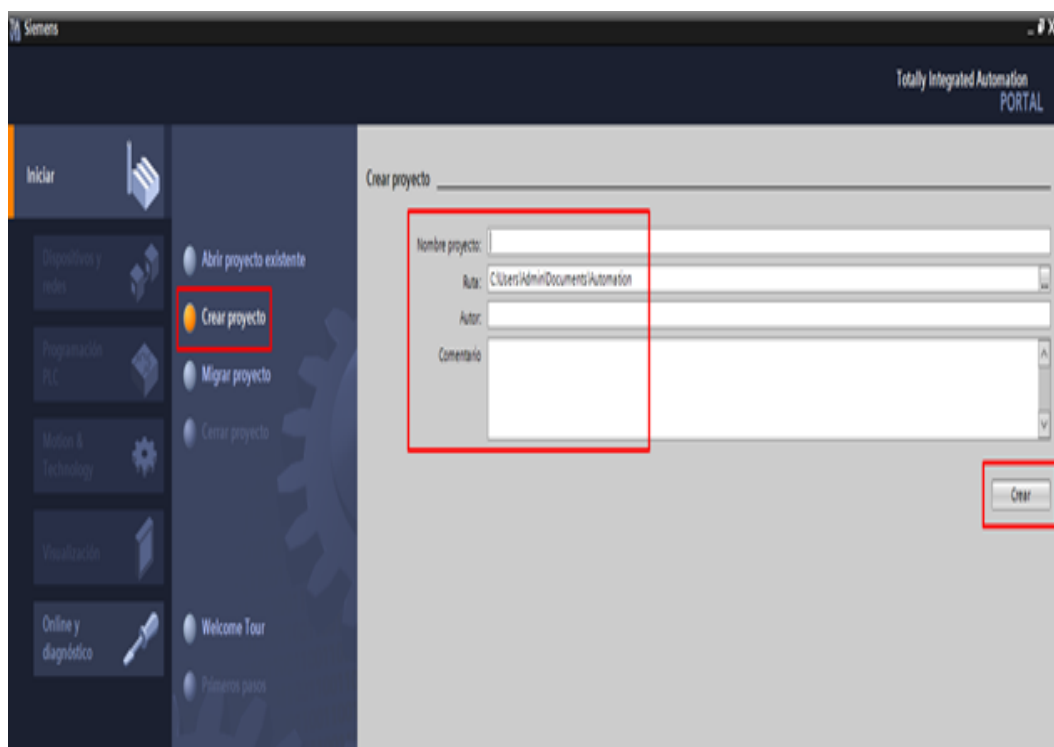
Para crear un nuevo proyecto seguimos los siguientes pasos:

- Ejecutar el programa TIA Portal V13 (Figura 14).



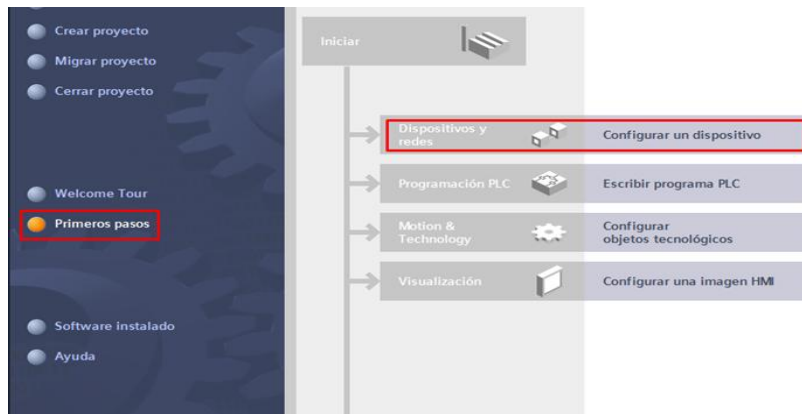
**Figura 14.** Pantalla de inicio TIA Portal V13

- o Dar clic en “Crear proyecto” e ingresar los datos principales como son el nombre que va a tener el proyecto, la ruta donde se guardaran todos los archivos, el autor y un comentario de lo que realiza el programa. A continuación dar clic en “Crear” (Figura 15).



**Figura 15.** Ventana para nuevo proyecto

- o Se despliega la ventana de “Primeros pasos”. en la cual se muestran cuatro opciones y se escogerá la de “Configurar un dispositivo” (Figura 16).



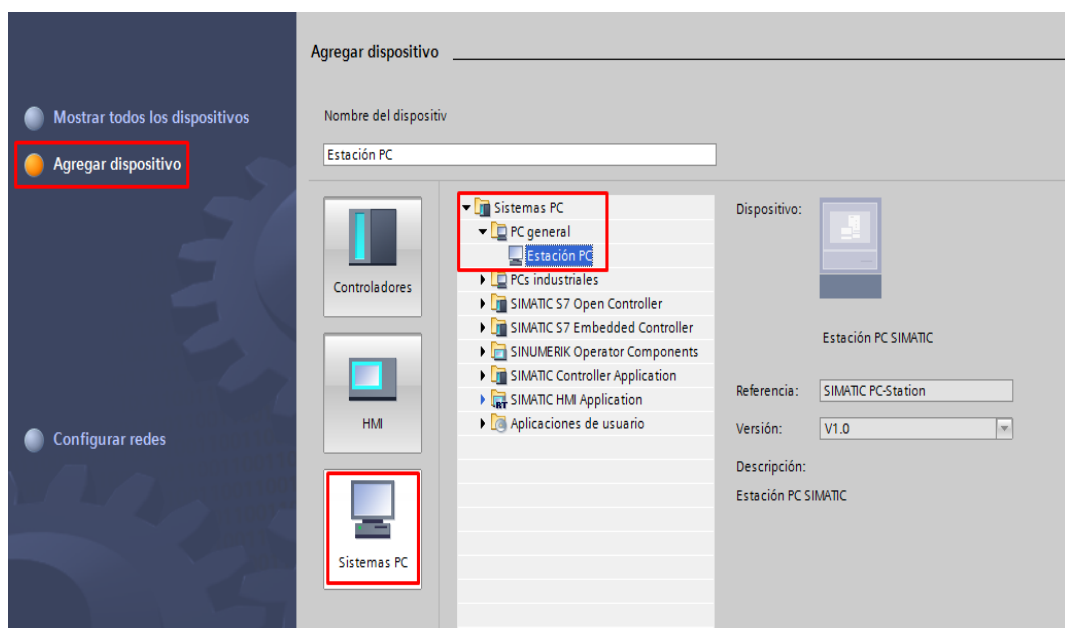
**Figura 16.** Ventana primeros pasos

## 4.6.2 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

A continuación se muestra como configurar los diferentes dispositivos que van a ser usados en el presente proyecto los cuales son la Estación PC y los dos autómatas S7-1200

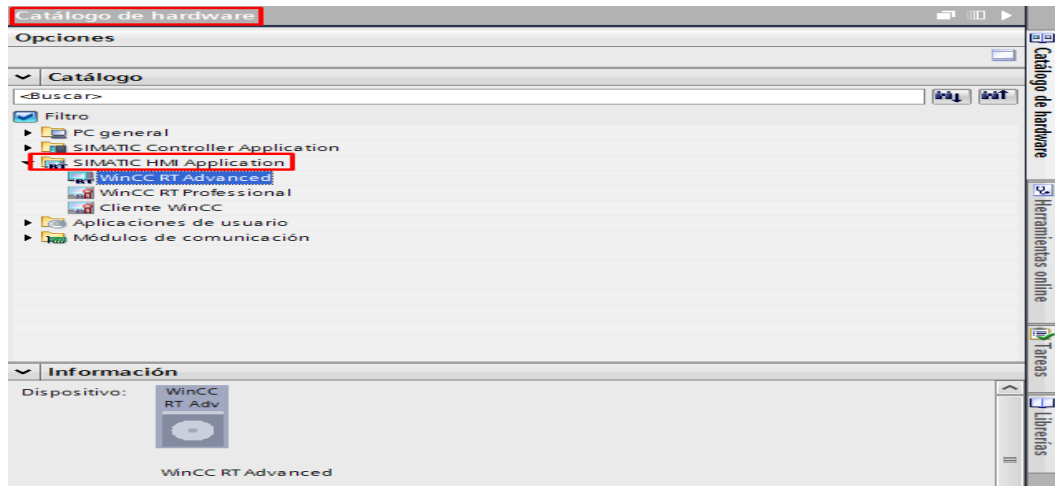
### 4.6.2.1 Configuración de la Estación PC

- o Para configurar la estación PC se regresa a la vista del portal donde se escogerá “Agregar dispositivo” → “Sistemas PC” → “PC general” (Figura 17).



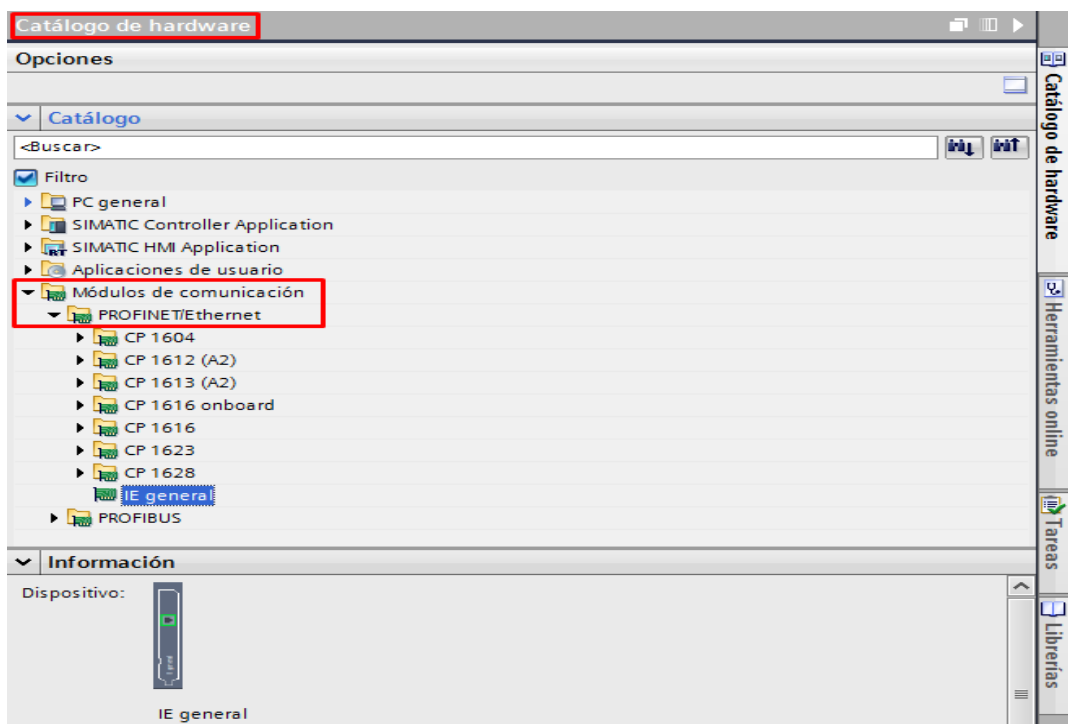
**Figura 17.** Ventana para agregar dispositivos Estación PC

- o A continuación se agrega el software runtime para visualización en la parte izquierda de la pantalla en “Catálogo de hardware” → “SIMATIC HMI Application” (Figura 18).



**Figura 18.** Pestaña catálogo de hardware SIMATIC HMI Application

- o Por último se agregará el modulo Industrial Ethernet en la parte izquierda de la pantalla en “Catálogo de hardware” → “Módulos de comunicación” → “PROFINET/Ethernet” (Figura 19).



**Figura 19.** Pestaña catálogo de hardware Módulos de comunicación

#### 4.6.2.2 Configuración del PLC S7-1200

- o Para el PLC S7-1200 se escogerá la CPU 1214C AC/DC/RLY en la ventana de “Agregar dispositivo” → “Controladores” → “Simatic S7-1200” (Figura 20). Inmediatamente, TIA Portal despliega la ventana de vista de dispositivos donde podemos observar un modelo exacto del autómatas escogido. (Figura 21).

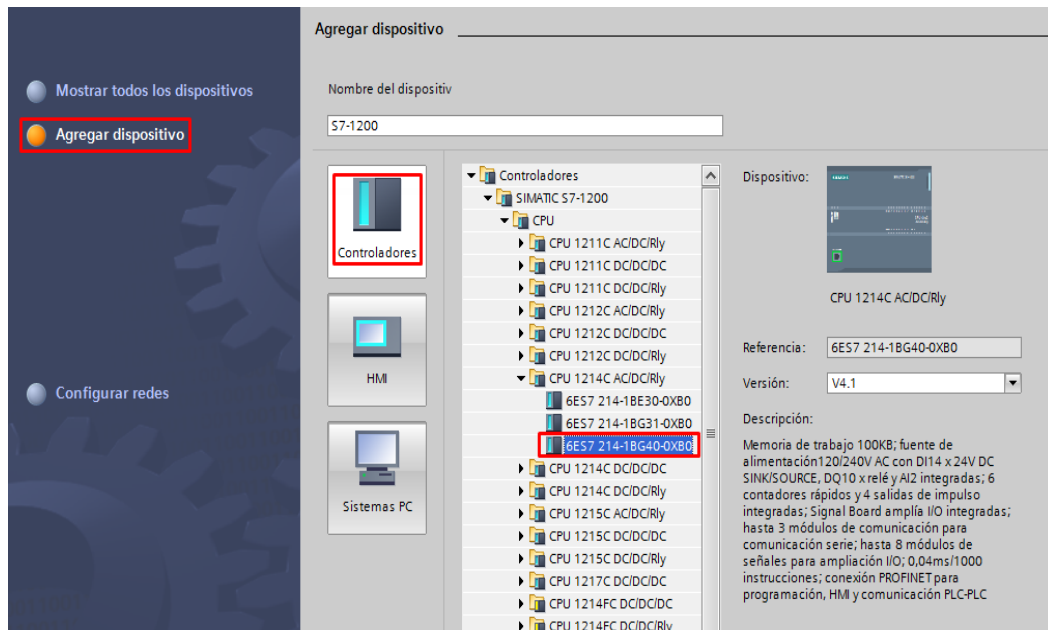


Figura 20. Ventana para agregar dispositivos SIMATIC S7-1200

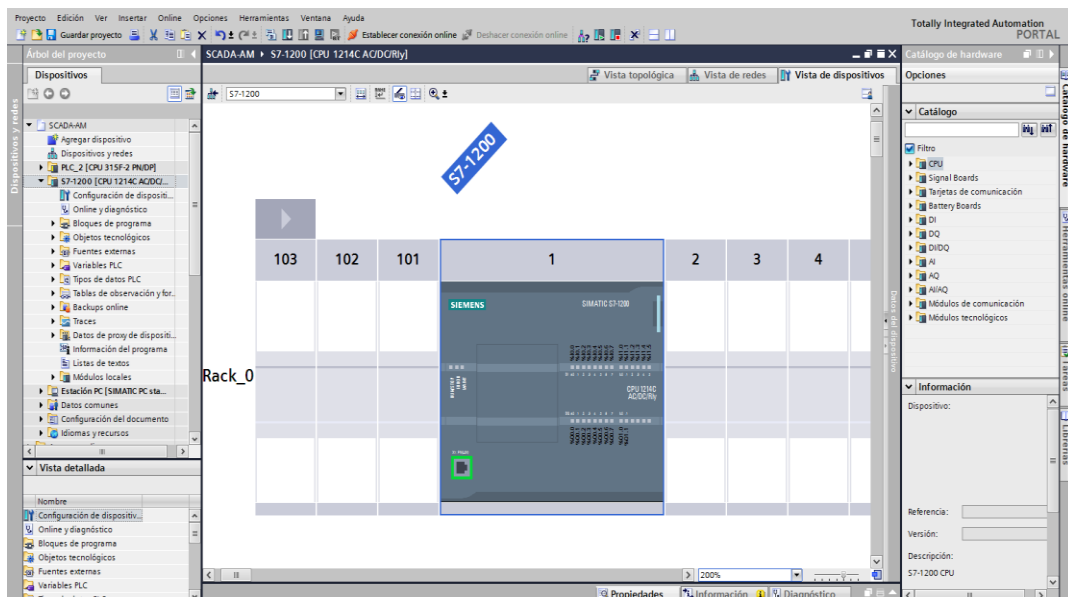


Figura 21. Ventana vista de dispositivos SIMATIC S7-1200

### 4.6.3 CONEXIÓN EN RED DE LOS DISPOSITIVOS

Los pasos para poder realizar la conexión en red se detallan a continuación:

#### 4.6.3.1 Configuración de la interface PG/PC

Para la conexión Ethernet entre la estación PC y los PLC's es necesario la configuración previa de la tarjeta de red de la computadora desde donde se va a realizar todo el monitoreo del SCADA, para ello se lo realiza de la siguiente manera:

- o En el menú inicio del computador dirigirse al “Panel de control” → “Ajustar interface PG/PC” → “Pestaña vía de acceso” → En “punto de acceso a la aplicación” se selecciona “S7ONLINE (STEP 7)” → En “parametrización utilizada” seleccionar la tarjeta de red instalada en el computador → clic en “Propiedades” (Figura 22).

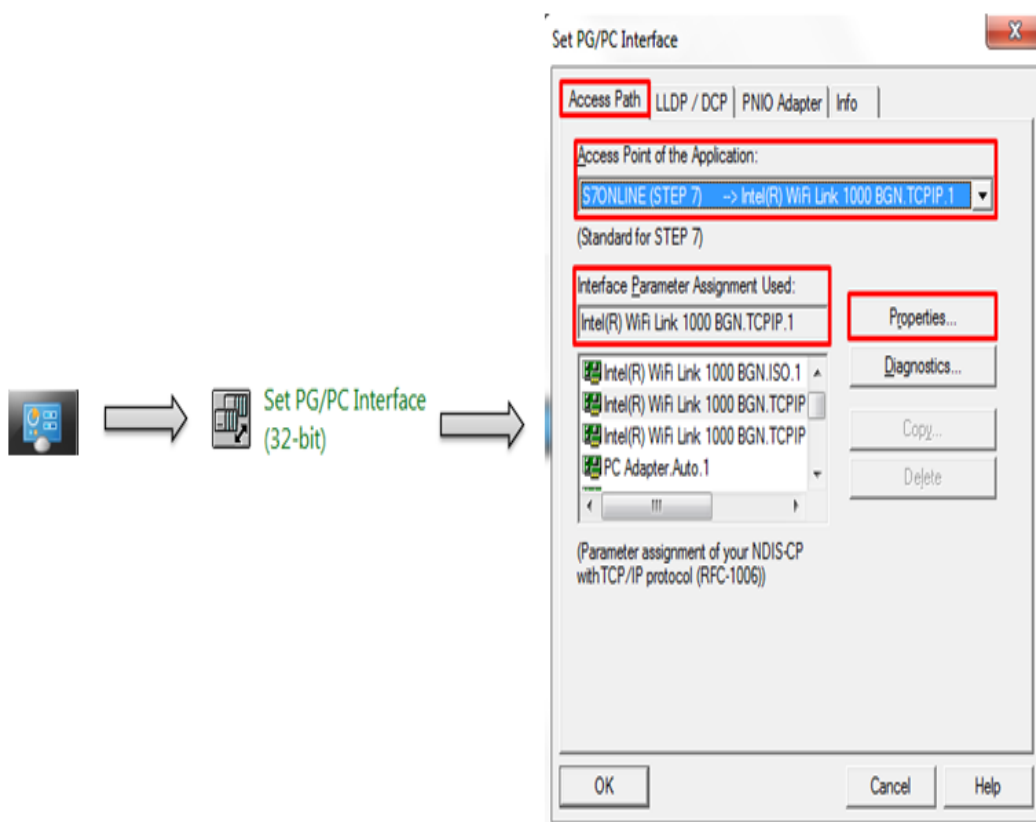
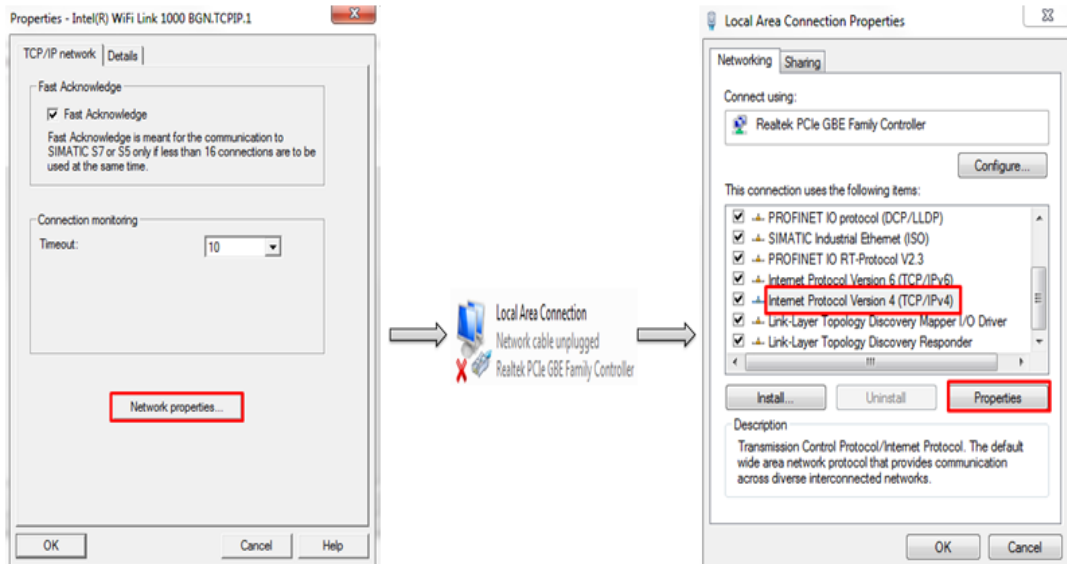


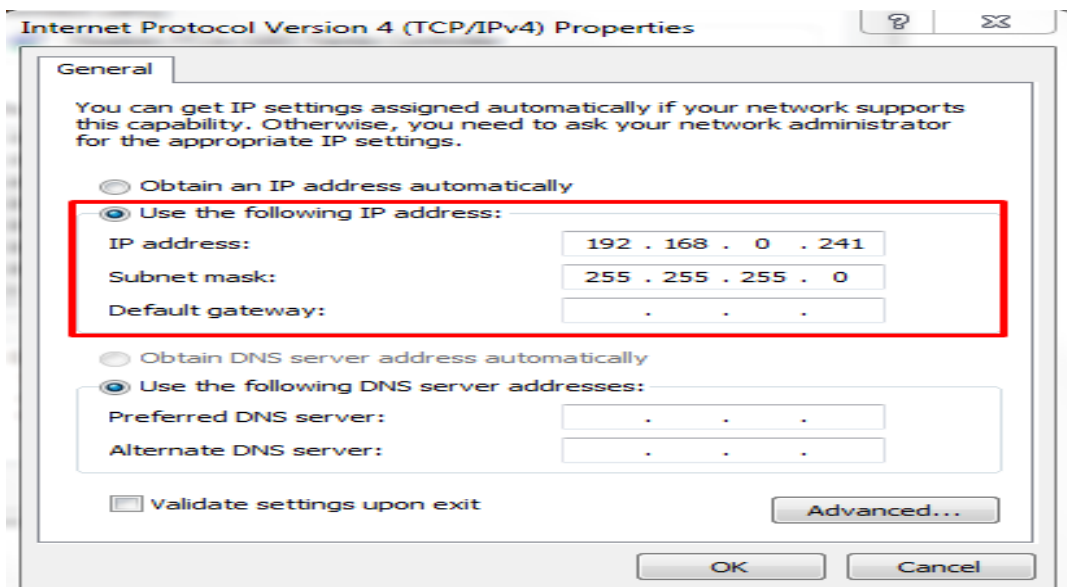
Figura 22. Ventana de ajustes de interface PG/PC

- o En la ventana que se despliega dar clic en “Propiedades de la red” → clic en “Conexión de área local” → en la ventana de propiedades de la conexión de área local dar escoger el “Protocolo de internet versión 4(TCP/IPv4) → clic en “Propiedades” (Figura 23).



**Figura 23.** Ventana de propiedades de conexión área local

- o En la ventana de propiedades del protocolo de internet versión 4(TCP/IPv4) se da la dirección IP: 192.168.0.241 y la máscara de subred: 255.255.255.0 (Figura 24).

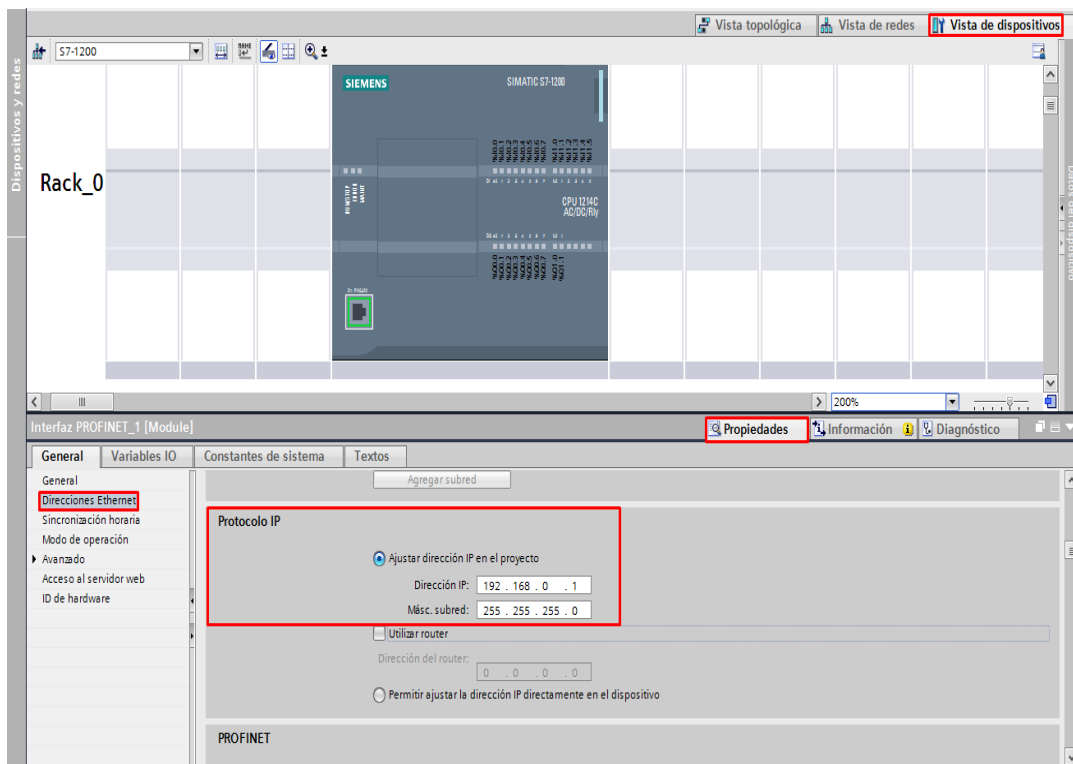


**Figura 24.** Ventana de propiedades de protocolo de internet

### 4.6.3.2 Configuración de comunicación PLC

A continuación se va a configurar la dirección IP del autómeta S7-1200 para ello se lo realiza de la siguiente manera:

- o Una vez escogidos los PLCs en configuración de dispositivos dirigirse a la pestaña de “Vista de dispositivos” → en la parte inferior de la pantalla se escogerá la pestaña de “Propiedades” → en General escoger la opción “Interfaz PROFINET” y “Direcciones Ethernet” → se busca la opción de “Protocolo IP” en la cual se va a asignar la dirección IP 192.168.0.1 y la máscara de subred debe ser igual a la que se asignó a la Estación PC por lo que será 255.255.255.0 (Figura 25).



**Figura 25.** Ventana direcciones de Ethernet S7-1200

- o Para el segundo PLC se hará el mismo paso anterior con la diferencia de que se asignará la dirección IP 192.168.0.101. La máscara de subred será la ya utilizada en los demás dispositivos 255.255.255.0.



#### 4.6.4 PROGRAMACIÓN DE LOS AUTOMATAS

Escogidos los dispositivos con los que se va a trabajar, se pasa a la fase de programación, para ello cada uno tendrá sus propias variables las cuales ayudaran a identificar los comandos usados en el desarrollo del sistema.

##### 4.6.4.1 Programación para Tanques de Diesel y Gasolina

El PLC va a ser el autómatas en el cual se procesara las señales análogas adquiridas desde los sensores Siemens Sitrans L de los tanques de Diesel Oil y Gasolina Súper. Las variables que van a ser usadas en la programación se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Variables PLC1**

NOMBRE	TIPO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
ON SISTEMA S7-1200	Bool	%M0.0	Selector en modo ON sistema
OFF SISTEMA S7-1200	Bool	%M0.1	Selector en modo OFF sistema
ENCENDIDO S7-1200	Bool	%M0.2	Marca del sistema encendido
ON_TD	Bool	%M0.3	Indica que el sensor del tanque de diesel esta encendido
ON_TG	Bool	%M0.4	Indica que el sensor del tanque de gasolina esta encendido
SENSOR TD	Int	%IW64	Sensor de nivel del tanque de diesel
SENSOR TG	Int	%IW66	Sensor de nivel del tanque tanque de gasolina
LUZ NIVEL LLENO TD	Bool	%M5.0	Indica que el tanque de diesel esta sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TD	Bool	%M5.1	Indica que el tanque de diesel está bajo nivel
LUZ NIVEL LLENO TG	Bool	%M6.0	Indica que el tanque de gasolina esta sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TG	Bool	%M6.1	Indica que el tanque de gasolina está bajo nivel

Para el programa se usará dos bloques de función (FB) en los cuales se realiza el normalizado y escalamiento de las señales análogas receptadas de los sensores, las conversiones de los datos recibidos y se determinará los niveles máximos y mínimos según corresponda. A continuación se detalla la programación:

Para la programación del bloque de función se tomara como referencia el tanque de diesel oil.

- o En árbol de proyecto se selecciona el PLC S7-1200 → en “Bloques de programa” se escoge “Agregar nuevo bloque” → se despliega una nueva ventana en la cual se escogerá el tipo de bloque que se va a agregar el cual va a ser un bloque de función (FB) llamado “TD [FB1]”, aquí se puede dar el nombre al bloque además de escoger el lenguaje en el que se va a programar, en este caso KOP → clic en “Aceptar” (Figura 26).

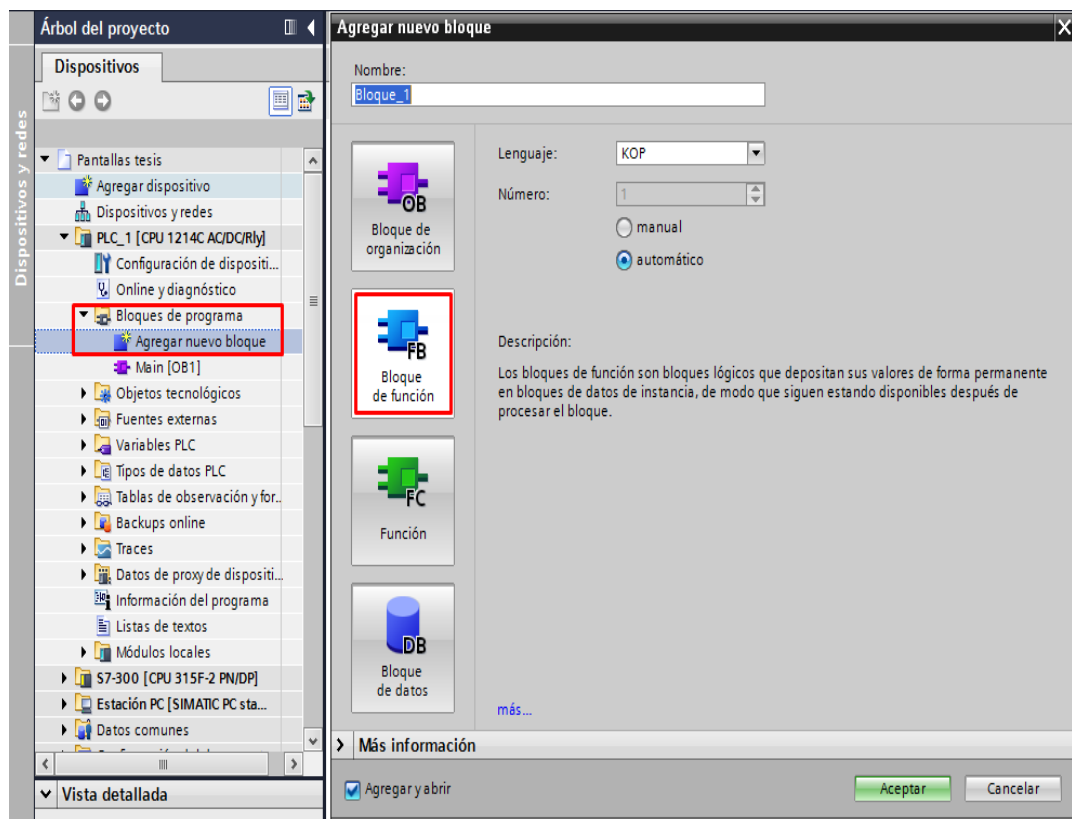
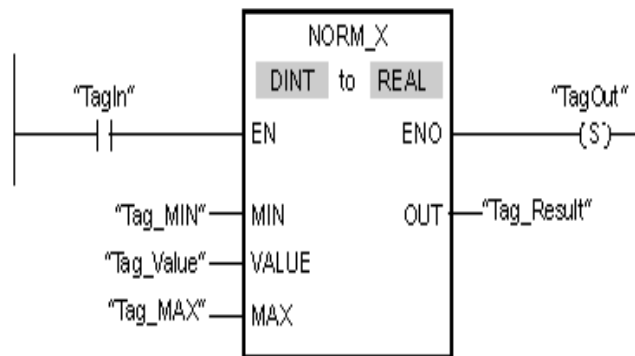


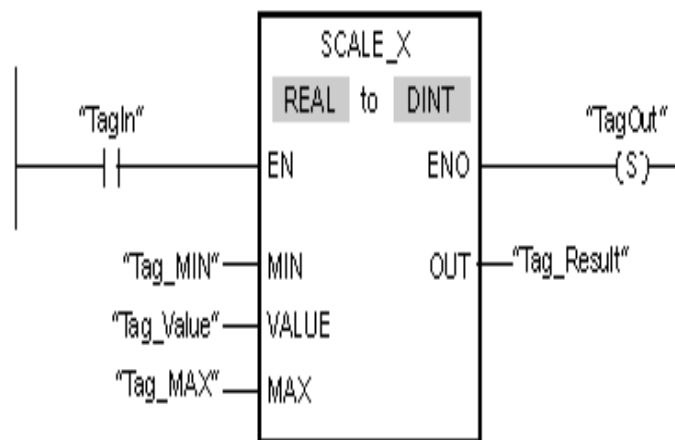
Figura 26. Ventana agregar nuevo bloque S7-1200

El bloque tendrá como título “Procesamiento de señal TD” y se dividirá en 4 segmentos. El primer segmento se realizará el normalizado y escalado de la señal analógica. TIA Portal ofrece a sus usuarios dos instrucciones para poder realizar las operaciones mencionadas las cuales son “NORM\_X” y “SCALE\_X”.

Para el normalizado se usara la instrucción “Normalizar” NORM\_X que transformara un número entero en real (Figura 27). El valor de la variable VALUE será la señal análoga receptada del sensor Sitrans L, representándola en una escala lineal. Por otro lado los parámetros MIN y MAX servirán para definir los límites del rango de valores entre 0 y 27648, el valor normalizado se deposita como numero en coma flotante en la salida OUT (Figura 29).

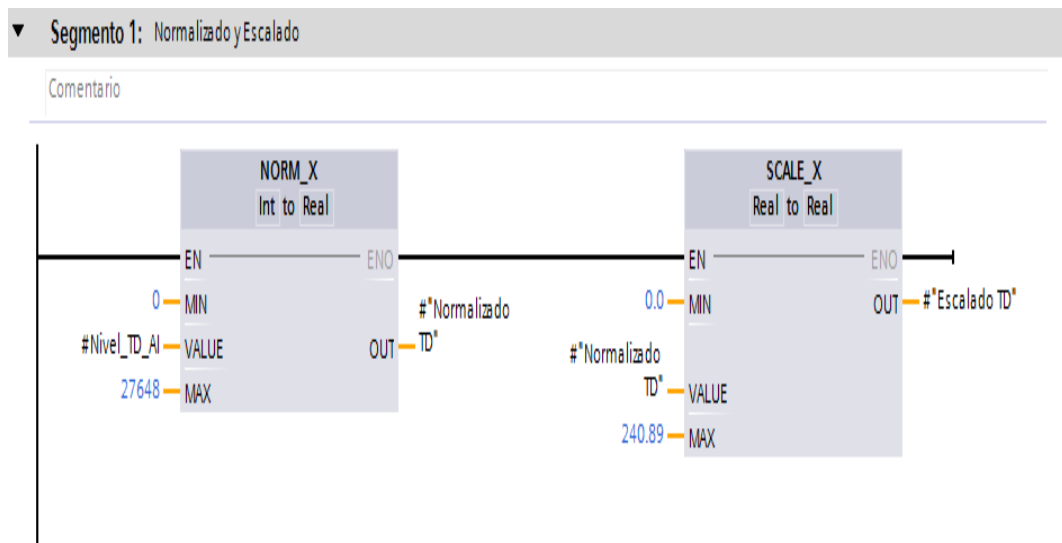


**Figura 27.** Funcionamiento de la instrucción NORM\_X (TIA Portal, 2013)



**Figura 28.** Funcionamiento de la instrucción SCALE\_X (TIA Portal, 2013)

Para el escalamiento de señal se usara la instrucción “Escalar” SCALE\_X (Figura 28). la cual escala el valor en coma flotante de la entrada VALUE en este caso la variable llamada “Normalizado TD” que es la que da la instrucción NORM\_X, mapeándola en el rango de valores de los parámetros MIN y MAX que va de 0 a 240.89 (valores en centímetros de la altura del tanque de diesel). El valor entero se deposita en la salida OUT con nombre de variable “Escalado TD” (Figura 29).



**Figura 29.** Segmento 1 de la función FB1 del S7-1200

En el segmento dos del bloque de función [FB1] se transformará la señal “Normalizado TD” para que se pueda visualizar en formato de galones con la variable “Dato Galones TD” en las pantallas del sistema SCADA, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$IN1 * IN2 = OUT \quad [4.1]$$

Dónde:

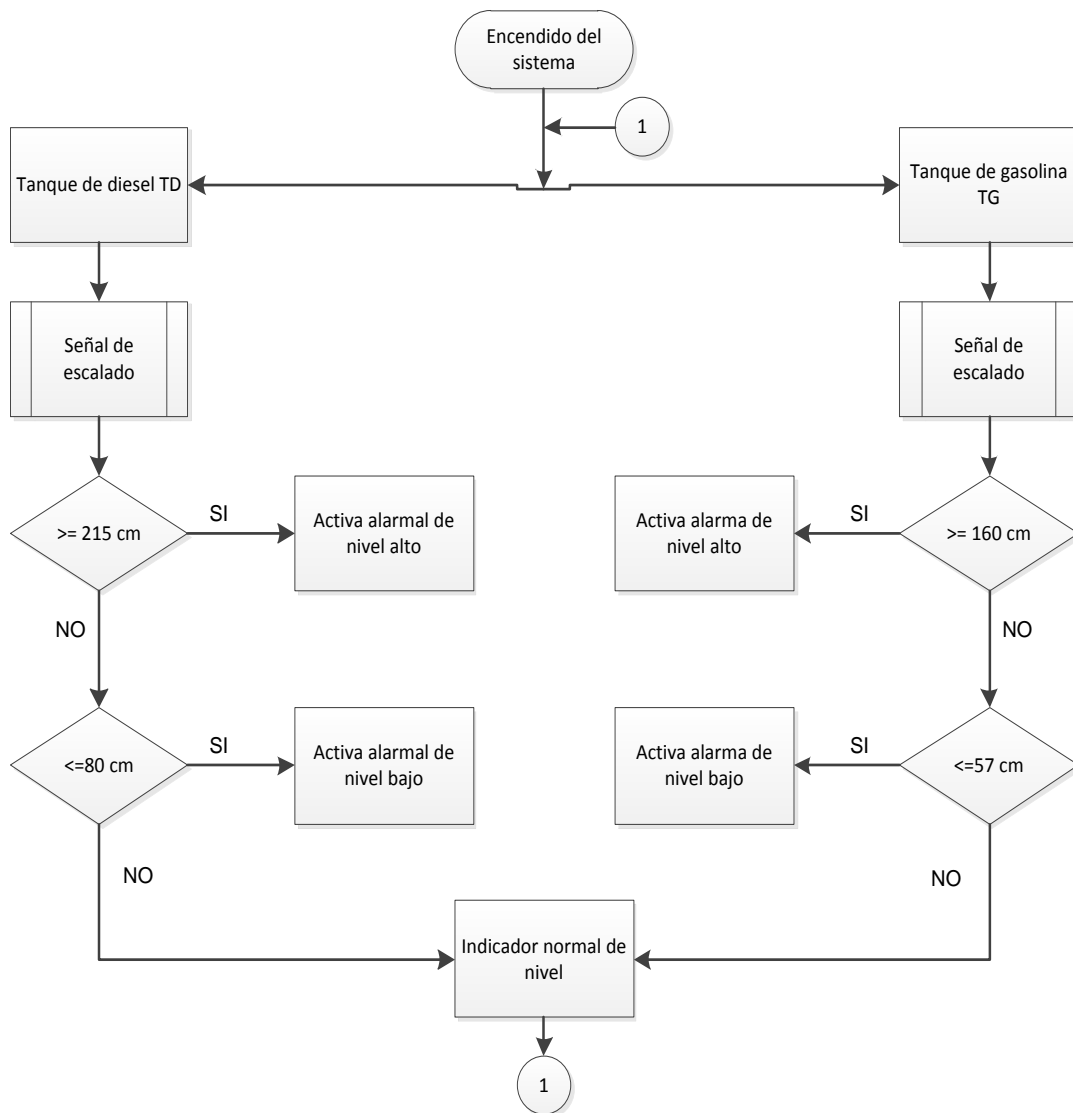
**IN1:** Variable de entrada “Normalizado TD”

**IN2:** Volumen máximo del tanque de diesel oil en galones

**OUT:** Variable de salida “Dato Galones TD”

Para los segmentos tres y cuatro se tomara la variable del segmento 1 llamada “Escalado TD” la cual se le compara con los valores establecidos

para los límites máximo y mínimo del tanque de diesel en este caso de 215 cm y 80 cm respectivamente. Se utilizará las instrucciones de comparación CMP >= “Mayor o igual” y CMP <= “Menor o igual”, las dos configuradas para valores reales. Como dato de salida se usará las variables denominadas “Max\_TD” y “Min\_TD, las cuales devuelven una señal que se utilizara en el SCADA para dar un indicador luminoso y sonoro cuando dichas instrucciones se cumplan.



**Figura 30.** Flujo grama para alertas de diésel y gasolina

El bloque de función en los segmentos 1,3 y 4 para el tanque de gasolina súper tendrá las mismas instrucciones que las del tanque de diesel oil, tomando en cuenta que varía los datos en función de las medidas del

tanque, para la función “SCALE\_X” será como mínimo 0 y como máximo 190.98 y los rangos de niveles máximo y mínimo para el tanque de gasolina será de 160 cm y 57 cm respectivamente. (Figura 30).

En el segmento dos del bloque de función se transformará la señal “Normalizado TG” para que se pueda visualizar en formato de galones con la variable “Dato Galones TG” en las pantallas del sistema SCADA, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$IN1 * IN2 = OUT \quad [4.2]$$

Dónde:

*IN1*: Variable de entrada “Normalizado TG”

*IN2*: Volumen máximo del tanque de gasolina súper en galones

*OUT*: Variable de salida “Dato Galones TG”

El bloque de organización (OB1) contendrá tres segmentos. El primer segmento será el encendido del sistema el cual dará inicio a la transmisión de datos de los dos sensores configurados en el PLC.

En los segmentos tres y cuatro se llamara a los bloques de función TD [FB1] y TG [FB2], cada uno de los bloques comenzará a funcionar con la activación de la marca de “ENCENDIDO S7-1200” en la entrada EN como se muestra en la siguiente figura:

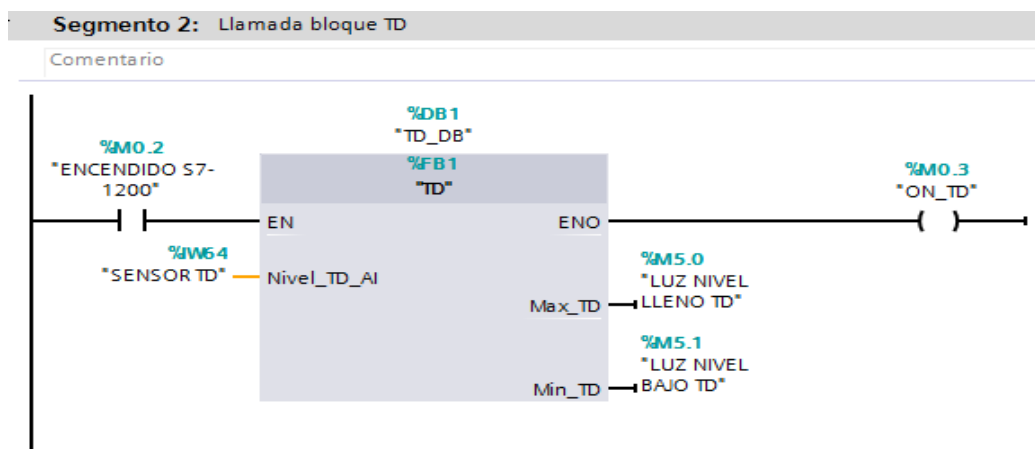


Figura 31. Segmento 2 de la función OB1 del S7-1200

Se configura la variable del sensor de nivel en la entrada “Nivel\_TD\_AI” y las marcas luminosas para las alertas de nivel lleno y nivel bajo en las salidas “Max\_TD” y “Min\_TD” respectivamente. (Figura 31).

El segmento tres tendrá las mismas características pero se configurará con las variables del tanque de gasolina súper.

#### 4.6.4.2 Programación para Tanques de Lubricantes

El PLC procesará las señales análogas adquiridas desde los sensores Sick LFP Cubic de los tanques de aceite GL6, aceite GL5, refrigerante y aceite hidráulico, todos ellos ubicados en la central de fluidos de la planta. Las variables que van a ser usadas en la programación se detallan en la siguiente tabla:

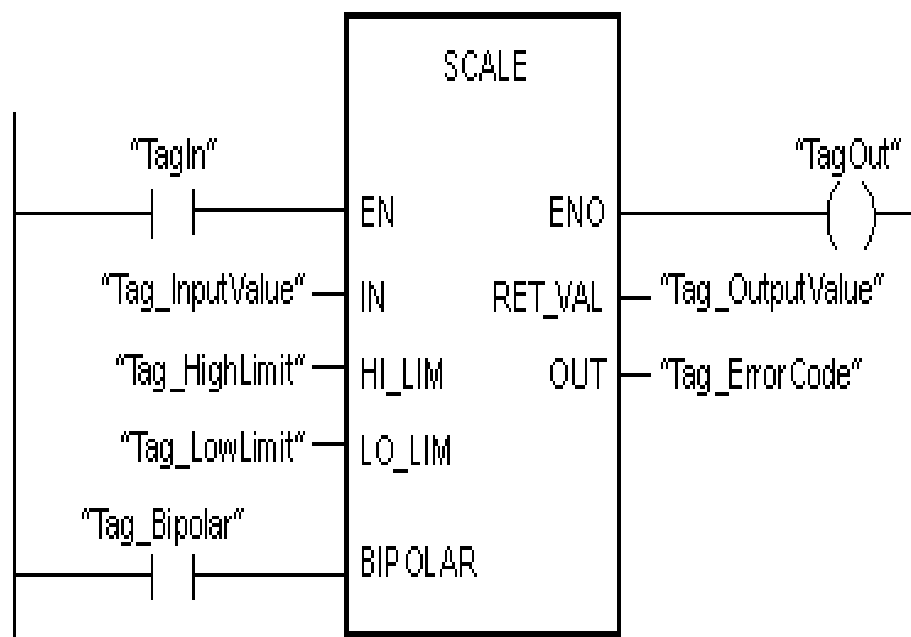
**Tabla 12. Variables PLC2**

NOMBRE	TIPO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
ON SISTEMA	Bool	%M5.0	Selector en modo ON sistema
OFF SISTEMA	Bool	%M5.1	Selector en modo OFF sistema
ENCENDIDO	Bool	%M5.2	Marca del sistema encendido
ON_TL1	Bool	%M1.2	Indica que el sensor del tanque TL1 esta encendido
ON_TL2	Bool	%M2.2	Indica que el sensor del tanque TL2 esta encendido
ON_TL3	Bool	%M3.2	Indica que el sensor del tanque TL3 esta encendido
ON_TL4	Bool	%M4.2	Indica que el sensor del tanque TL4 esta encendido
SENSOR TL1	Int	%IW256	Sensor de nivel del tanque TL1
SENSOR TL2	Int	%IW258	Sensor de nivel del tanque TL2
SENSOR TL3	Int	%IW260	Sensor de nivel del tanque TL3
SENSOR TL4	Int	%IW262	Sensor de nivel del tanque TL4
LUZ NIVEL LLENO TL1	Bool	%M1.0	Indica que el tanque TL1 está sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TL1	Bool	%M1.1	Indica que el tanque TL1 está bajo nivel

**Tabla 12.** Variables PLC2

LUZ NIVEL LLENO TL2	Bool	%M2.0	Indica que el tanque TL2 está sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TL2	Bool	%M2.1	Indica que el tanque TL2 está bajo nivel
LUZ NIVEL LLENO TL3	Bool	%M3.0	Indica que el tanque TL3 está sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TL3	Bool	%M3.1	Indica que el tanque TL3 está bajo nivel
LUZ NIVEL LLENO TL4	Boo	%M4.0	Indica que el tanque TL4 está sobre nivel
LUZ NIVEL BAJO TL4	Bool	%M4.1	Indica que el tanque TL4 está bajo nivel

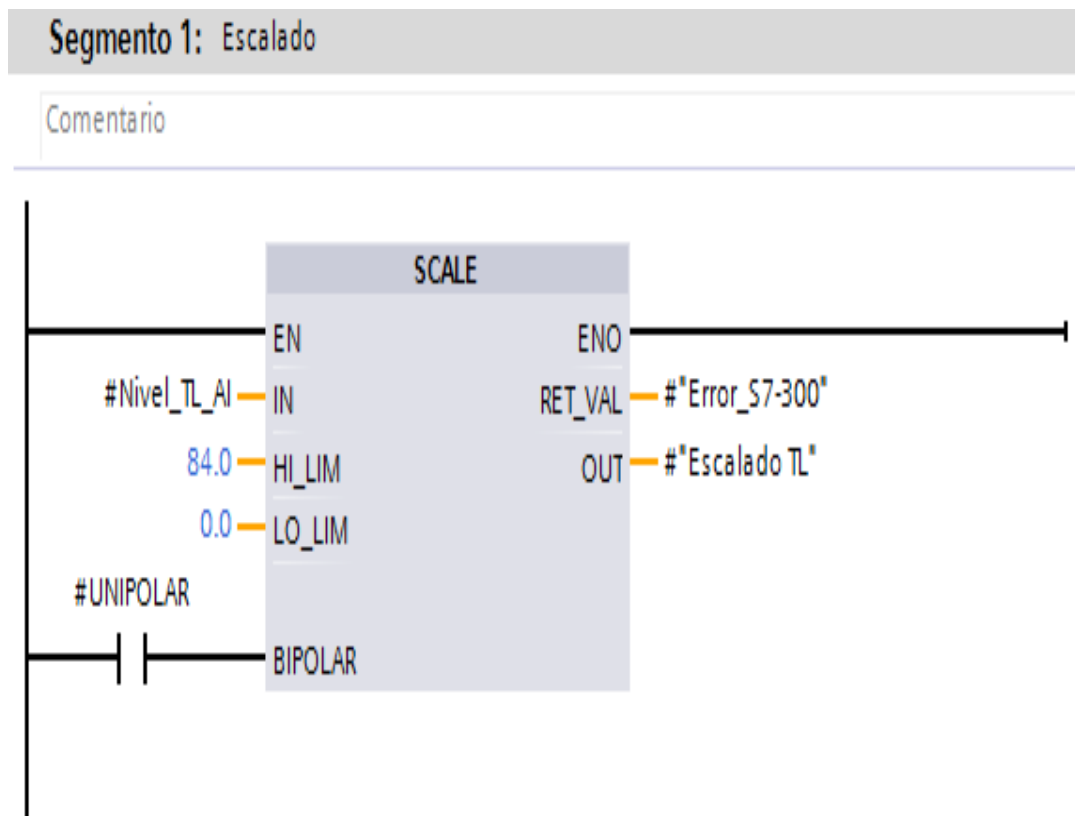
Para la programación se usara un solo bloque (FB) el cual consta de cuatro segmentos. En el primer segmento se describe el escalado de la señal analógica, en el cual se usara la función “Escalar” SCALE que permite convertir el entero de la entrada IN en un numero de coma flotante que escala en unidades físicas entre un rango de valores (Figura 32).



**Figura 32.** Funcionamiento de la instrucción SCALE  
(TIA Portal, 2013)



La entrada IN tendrá como variable “Nivel\_TL\_AI” la cual receptara la señal del sensor de campo mapeándola en el rango de 0 a 84 de los parámetros LO\_LIM y HI\_LIM respectivamente, para el parámetro de BIPOLAR se usara una variable denominada “UNIPOLAR” representando un estado lógico de “0” ya que la señal analógica estará comprendida en un rango de valores de 0 y 27648. El resultado del escalado se devuelve en el parámetro OUT con la variable “Escalado TL” (Figura 33).



**Figura 33.** Segmento 1 de la función FB1

En el segmento dos del bloque de función se transformara la señal “Escalado TL” para que se pueda visualizar en formato de galones con la variable “Dato Galones TL” en las pantallas del sistema SCADA, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$IN * \frac{2}{3} = OUT \quad [4.3]$$

Dónde:

IN: Variable de entrada “Escalado TL”

OUT: Variable de salida “Dato Galones TL”

En el segmento tres y cuatro se compara los valores de 80 cm y 15 cm para los niveles máximo y mínimo respectivamente, establecidos con la variable “Escalado TL” de segmento 1 los cuales darán las señales de alerta (Figura 34).

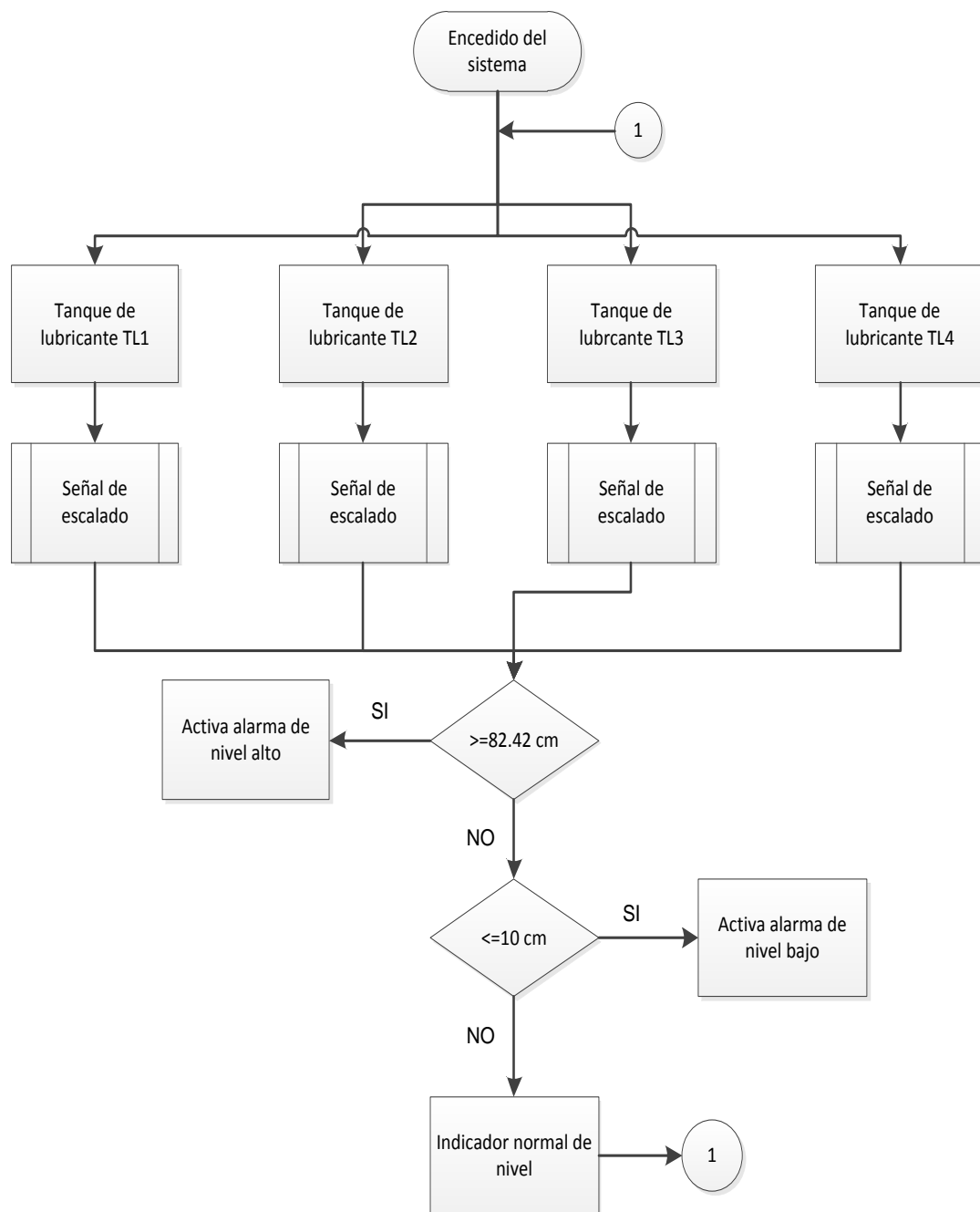


Figura 34. Flujo grama para alertas de lubricantes

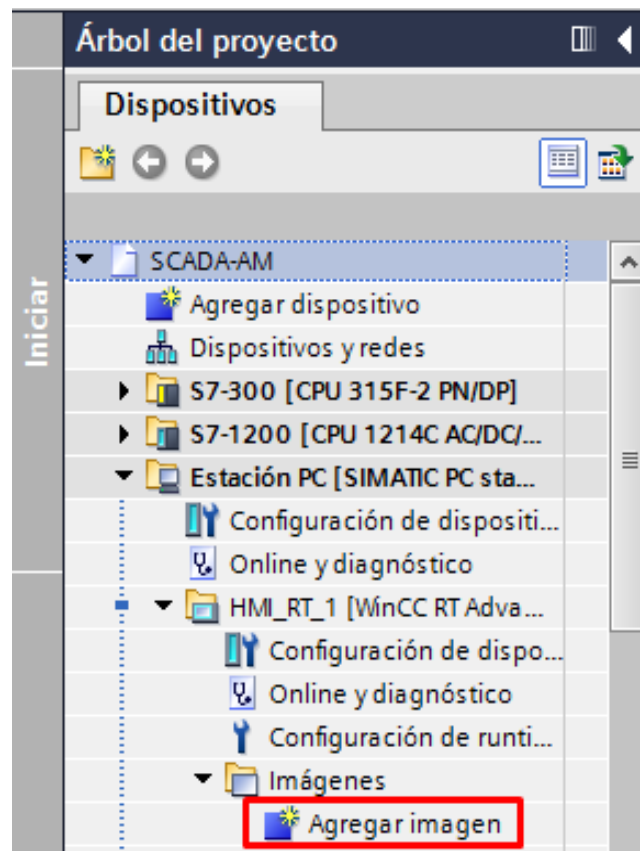
En el bloque de organización [OB1] se programará el sistema de encendido y así mismo se llamará al bloque de función “TL [FB1]” con sus respectivos bloques de datos de instancia “TL\_DB” en el que se almacenaran los datos de cada tanque por separado.

#### 4.6.5 CONFIGURACIÓN DE LA VISUALIZACIÓN

Una vez que se ha concluido con la programación de los autómatas, lo siguiente es crear las pantallas graficas con las cuales se comandará y se visualizará todo el sistema SCADA.

Para poder crear una nueva imagen se tiene que realizar lo siguiente:

- En el “Árbol del proyecto” → Escoger el dispositivo “Estación PC” → “HMI\_RT\_1” → “Imágenes” → y “Agregar imagen” (Figura 35).



**Figura 35.** Agregar imagen WinCC RT Advanced

Una vez que se agregó una imagen, esta aparece en blanco en el área de trabajo de TIA PORTAL (Figura 36). En la pestaña de “Herramientas”

ubicada al borde derecho de la pantalla se tiene los campos de objetos básicos, elementos, controles, controles propios y gráficos (Figura 37) en las cuales se tiene una serie de opciones para poder diseñar los controles y las formas de visualización que va a contener la pantalla del sistema.

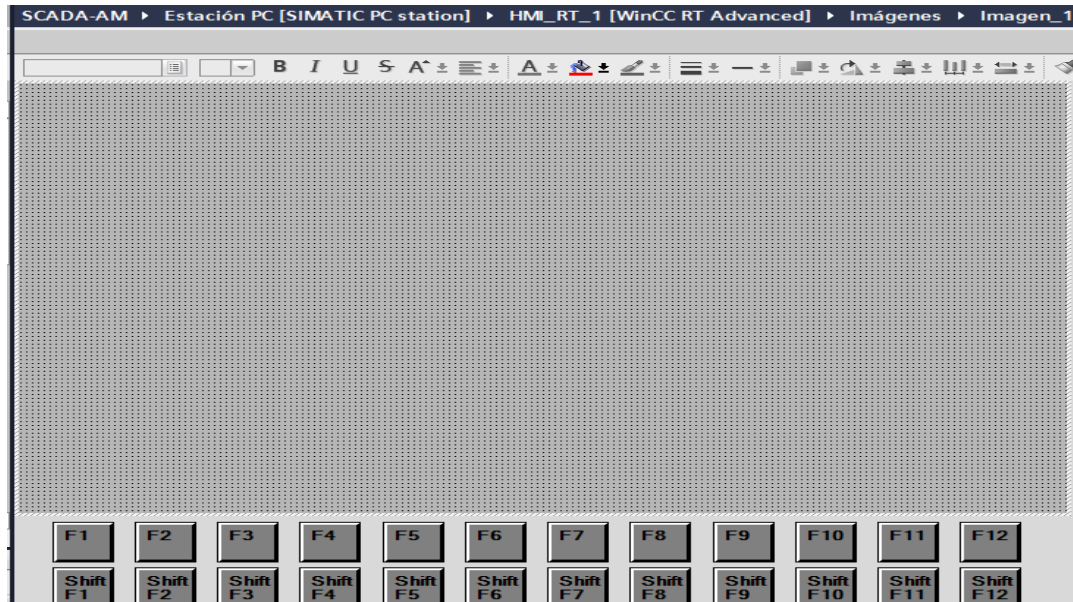


Figura 36. Nueva imagen WinCC RT Advanced

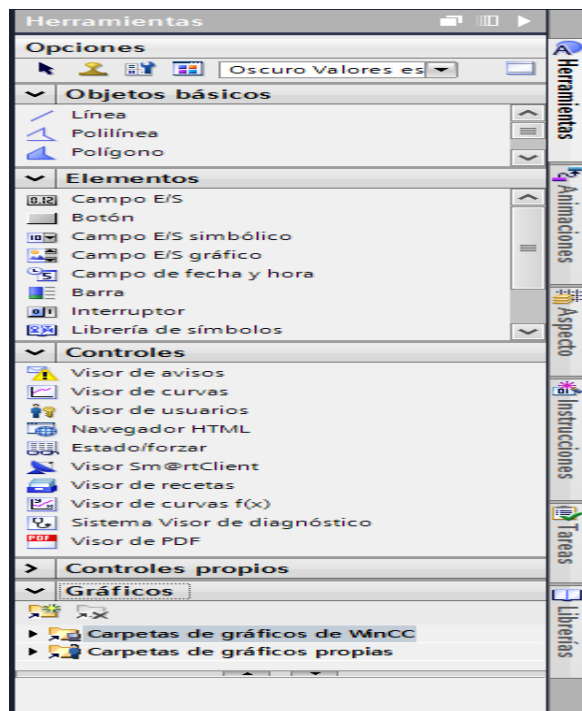
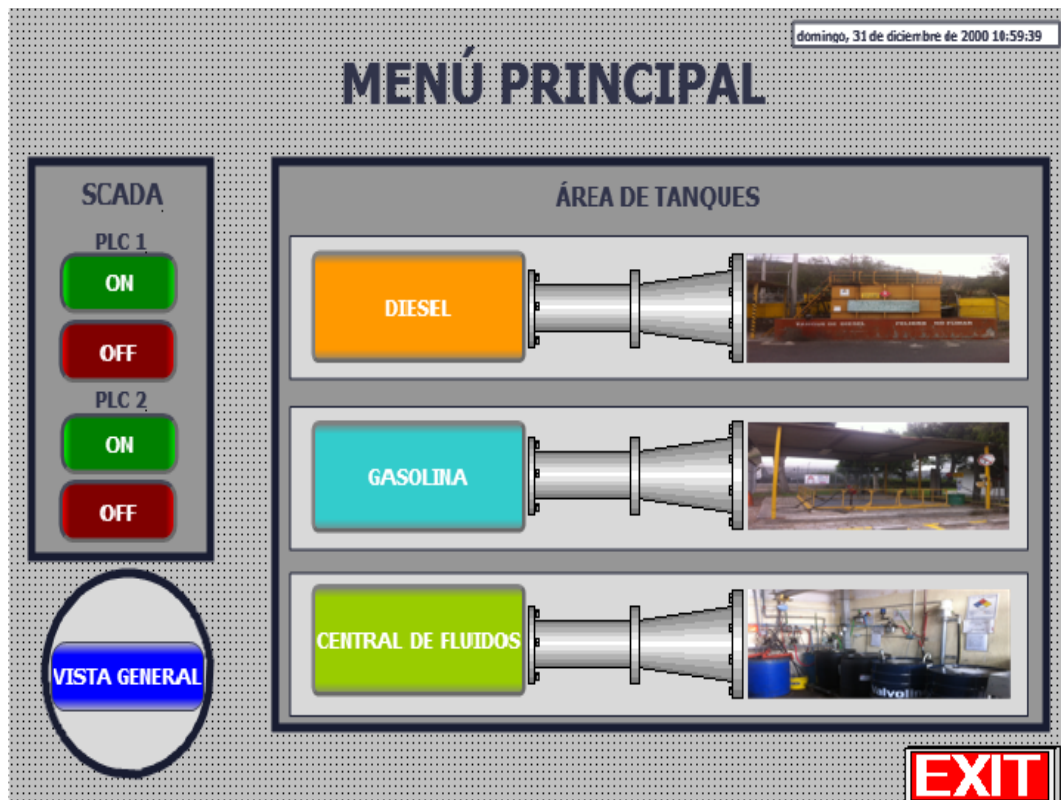


Figura 37. Barra de herramientas WinCC RT Advanced

El sistema SCADA constará de cinco pantallas en las cuales se podrá monitorear a los diferentes tanques de combustibles y lubricantes además de poder controlar las señales de alarmas y navegar según sea el requerimiento del operario. A continuación se detalla cada una de ellas:

- **PANTALLA 1 - MENÚ PRINCIPAL** (Figura 38).

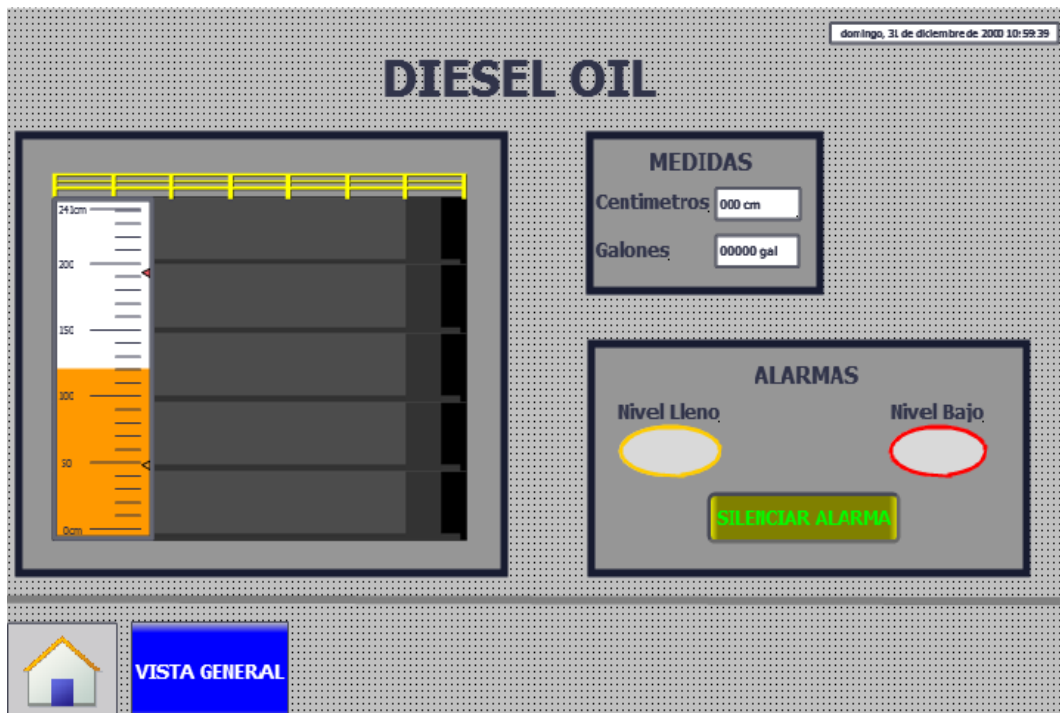


**Figura 38.** Pantalla HMI de menú principal

Esta será la pantalla de inicio del sistema y consta de los siguientes comandos:

- *ON / OFF S7-1200 y S7-300.* Inicia la transmisión de datos desde los sensores de campo Sitrans L y Sick LFP Cubic hacia el sistema SCADA. Si la transmisión se efectuó con éxito, en la pantalla se visualizará las fotos de los tanques.
- *DIESEL.* Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo para el tanque de diesel oil.
- *GASOLINA.* Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo para el tanque de gasolina.

- *CENTRAL DE FLUIDOS*. Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo de los tanques de lubricantes ubicados en la central de fluidos.
  - *VISTA GENERAL*. Despliega la pantalla en la que se podrá monitorear todos los tanques al mismo tiempo.
  - *EXIT*. Salida del sistema.
- **PANTALLA 2 – TANQUE DIESEL OIL** (Figura 39).

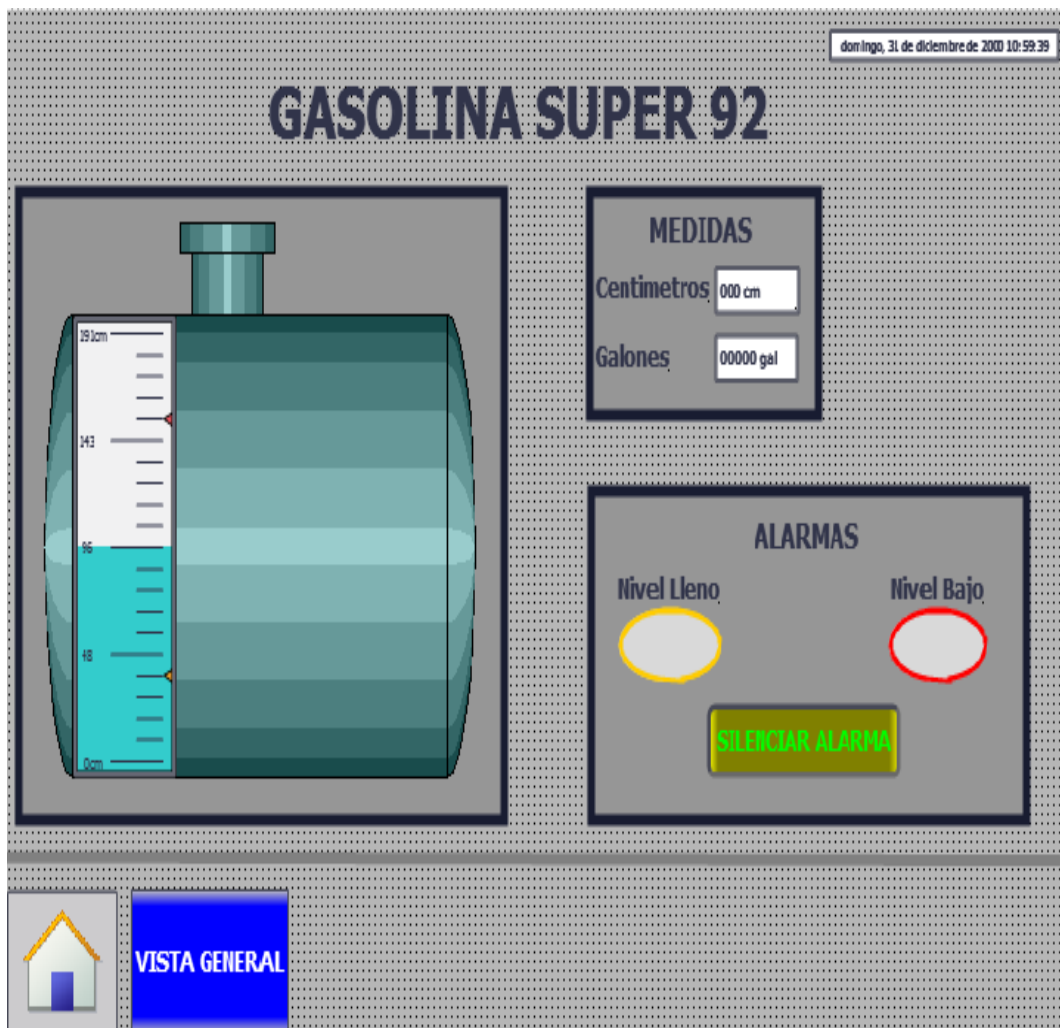


**Figura 39.** Pantalla HMI de monitoreo diésel oíl

La siguiente pantalla será para el control exclusivo del tanque de diésel oil en el que se podrá visualizar las medidas tanto en centímetros como en galones, las alertas de nivel, además de contar con los siguientes comandos:

- *SILENCIAR ALARMA*. Desactiva las alarmas generadas cuando el nivel de combustible llego a su límite máximo o mínimo.
- *HOME*. Despliega la pantalla del menú principal.
- *VISTA GENERAL*. Despliega la pantalla en la que se podrá monitorear todos los tanques al mismo tiempo.

- **PANTALLA 3 – TANQUE GASOLINA SUPER (Figura 40).**

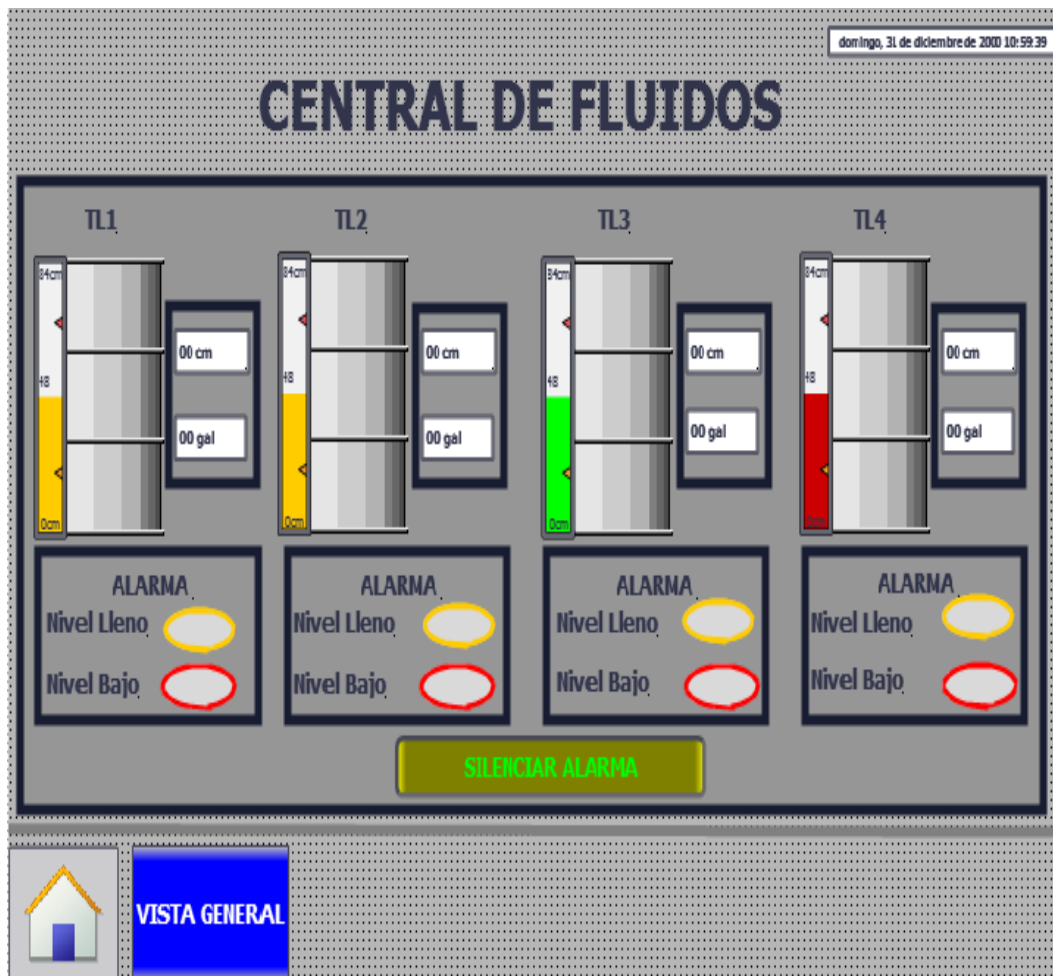


**Figura 40.** Pantalla HMI de monitoreo gasolina súper

La siguiente pantalla será para el control exclusivo del tanque de gasolina súper en el que se podrán visualizar las medidas tanto en centímetros como en galones, las alertas de nivel, además de contar con los siguientes comandos:

- *SILENCIAR ALARMA.* Desactiva las alarmas generadas cuando el nivel de combustible llego a su límite máximo o mínimo.
- *HOME.* Despliega la pantalla del menú principal.
- *VISTA GENERAL.* Despliega la pantalla en la que se podrá monitorear todos los tanques al mismo tiempo.

- **PANTALLA 4 – TANQUES CENTRAL DE FLUIDOS (Figura 41).**



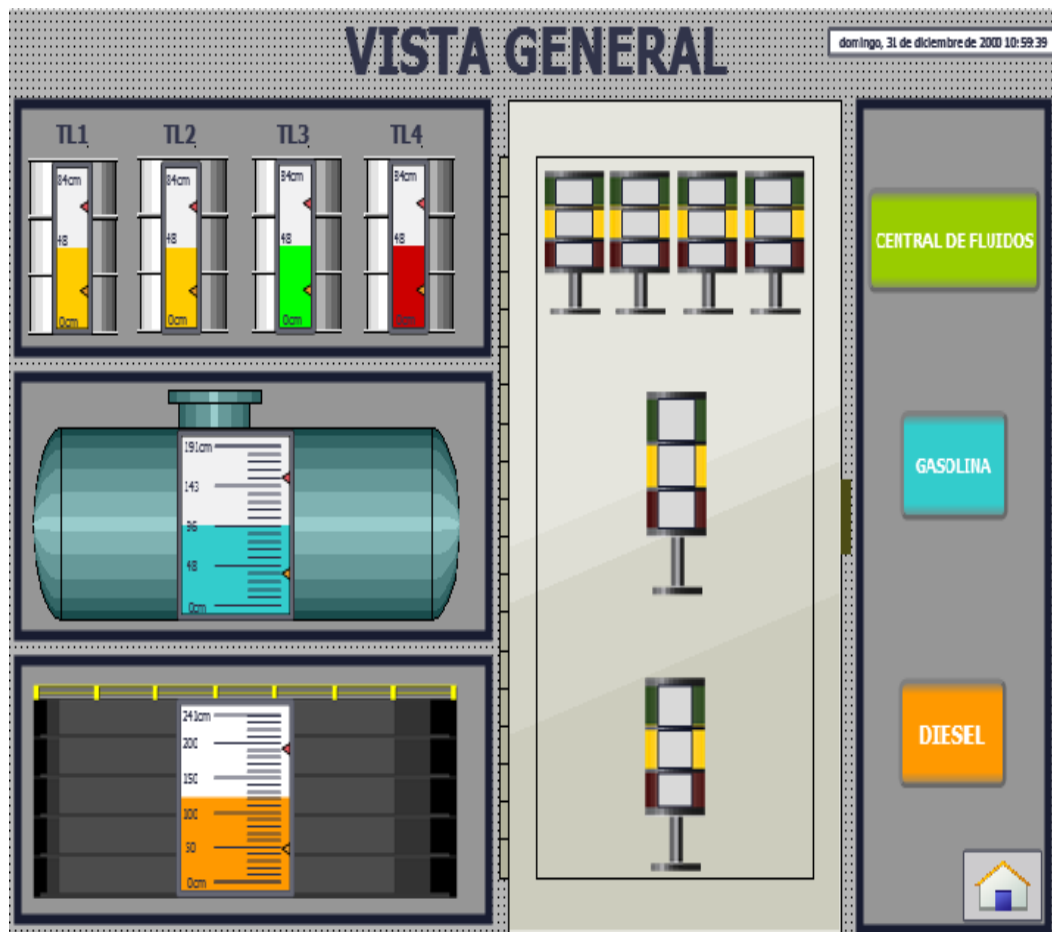
**Figura 41.** Pantalla HMI de monitoreo central de fluidos

La siguiente pantalla será para el control exclusivo de los tanques de lubricantes y refrigerante ubicados en la central de fluidos en el que se podrán visualizar las medidas tanto en centímetros como en galones, las alertas de nivel de cada uno de los tanques además de contar con los siguientes comandos:

- **SILENCIAR ALARMA.** Desactiva las alarmas generadas cuando el nivel de lubricantes o refrigerante llego a su límite máximo o mínimo.
- **HOME.** Despliega la pantalla del menú principal.
- **VISTA GENERAL.** Despliega la pantalla en la que se podrá monitorear todos los tanques al mismo tiempo.



- **PANTALLA 5 – VISTA GENERAL** (Figura 42).



**Figura 42.** Pantalla HMI de monitoreo general

La siguiente pantalla tiene como finalidad de ser la que estará visible para los operarios durante la jornada laboral con el fin de que se pueda tener una visión general de todos los tanques que conforman el sistema SCADA, cuenta con los indicadores en forma de balizas que cuando algún tanque indique señal de alarma, obligatoriamente se tendrá que acceder a la pantalla exclusiva del tanque con problemas y desactivar la alarma, para ello consta de los siguientes comandos:

- **DIESEL.** Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo para el tanque de diesel oil.
- **GASOLINA.** Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo para el tanque de gasolina.

- *CENTRAL DE FLUIDOS*. Despliega la pantalla exclusiva de monitoreo de los tanques de lubricantes ubicados en la central de fluidos.
- *HOME*. Despliega la pantalla del menú principal.

#### **4.6.6 CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS**

Una parte fundamental de los sistemas SCADA es el poder almacenar las variables de proceso, para ello se pueden utilizar diferentes gestores de bases de datos. En el presente proyecto se usará Microsoft SQL server 2014 en conjunto con Microsoft Excel para poder gestionar los datos de niveles adquiridos por los sensores y desplegarlos en tablas que llevarán el control diario de consumos y medidas de los diferentes tanques que conforman el sistema.

Para realizar lo descrito anteriormente se seguirán los siguientes pasos:

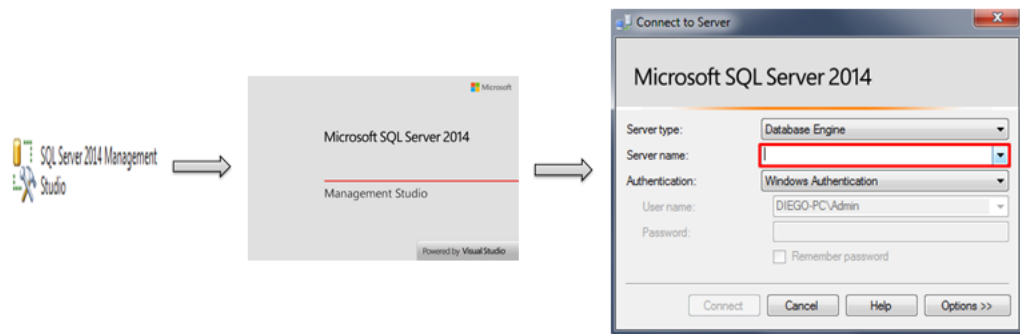
- Crear la base de datos en MS SQL server
- Configurar el estándar de comunicación ODBC
- Crear los ficheros en TIA Portal
- Exportar los datos de MS SQL server a una hoja de MS Excel.

##### **4.6.6.1 Crear una base de datos en MS SQL server 2014**

Primero se deberá verificar si se tiene instalado el programa en el computador, caso contrario en la página web de Microsoft SQL Server 2014 está disponible para su descarga gratuita.

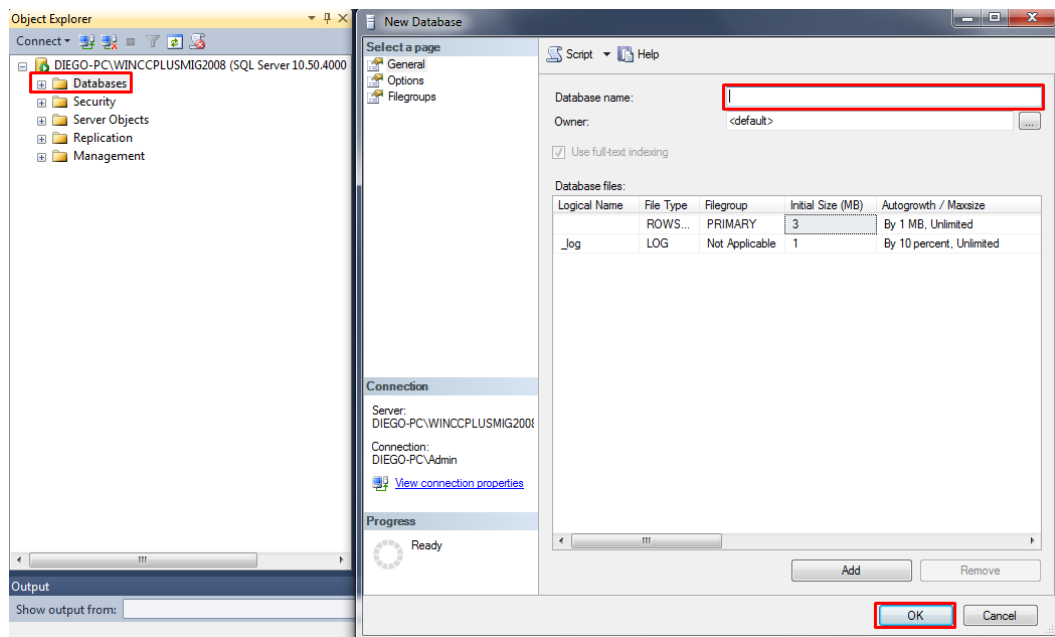
A continuación se muestra como crear una nueva base de datos:

- En programas del menú Inicio se escogerá la carpeta de Microsoft SQL server 2014 y “SQL Server 2014 Management Studio” → En la pantalla que se despliega en el campo de “Server name” es necesario escoger el servidor local, para este caso será el que nos da WinCC. → Clic en “Connect” (Figura 43).



**Figura 43.** Inicio de MS SQL server 2014

- En el “Object Explorer” clic derecho en “Databases” y clic en “New Database” → en la pantalla que se despliega se asignara un nombre a la base de datos en el campo “Database name” → Clic en “OK” (Figura 44).



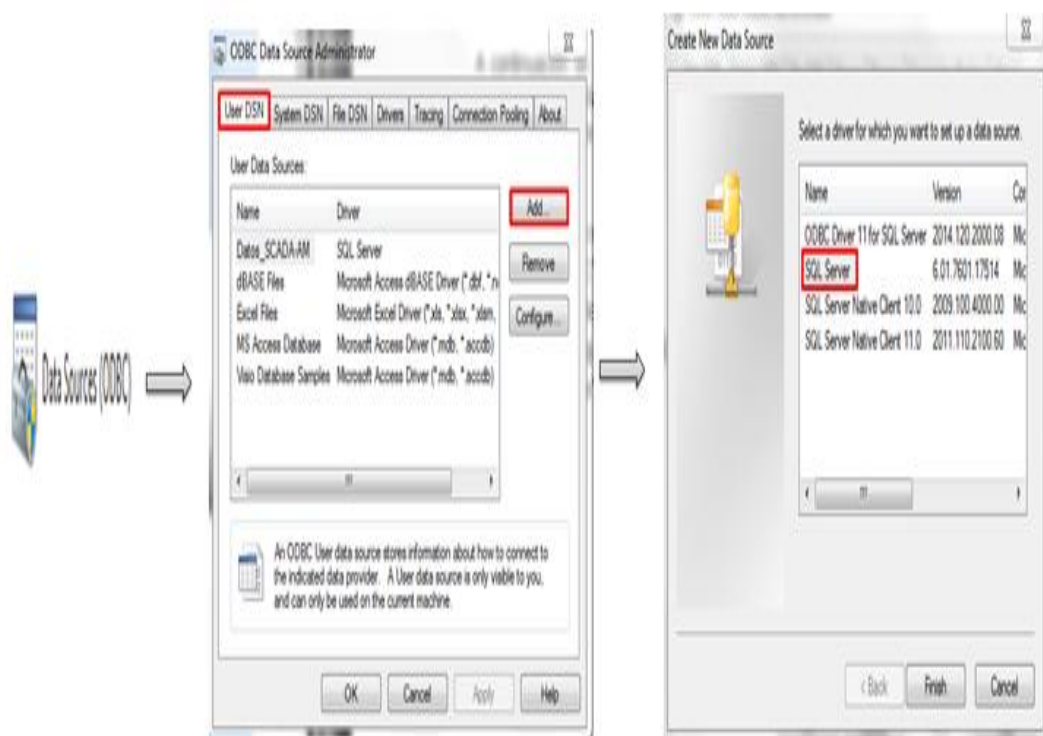
**Figura 44.** Crear nueva base de datos en SQL server

#### 4.6.6.2 Configurar el estándar de comunicación ODBC

A continuación se creará la conexión entre WinCC y la base de datos SQL utilizando el estándar de comunicación llamado ODBC por sus siglas en

ingles de (Open DataBase Connectivity). Los pasos a seguir se detallan a continuación:

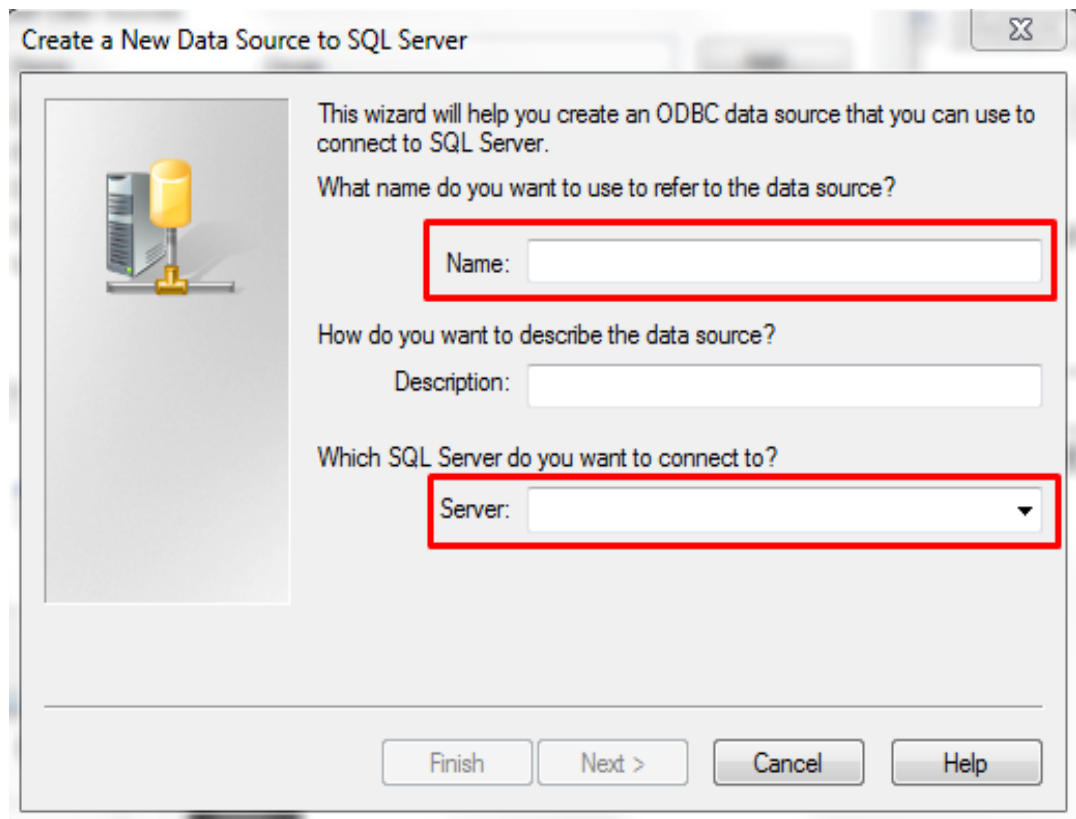
- En el menú inicio → Buscar el “Administrador de orígenes de datos ODBC” o “Data sources (ODBC)” → En la ventana que se despliega se escogerá la pestaña de “DNS de usuario” → Clic en “Agregar” en la cual se creará un nuevo origen, en este caso “SQL Server” (Figura 45).



**Figura 45.** Crear un nuevo origen de datos ODBC

- En la ventana desplegada se creará el origen de datos ODBC que se usará para conectarse a SQL Server, para ello en los campos de “Nombre” y “Servidor” (Figura 46) se deben colocar los mismos datos con las que se creó la base de datos en SQL Server (Apartado 4.6.6.1). Clic en “Siguiente” → En la nueva ventana se escogerá como se desea que SQL Server compruebe la autenticidad del Id. de inicio de sesión, una vez escogida esta opción, clic en “Siguiente” → En la

ventana desplegada se deberá seleccionar el nombre de la base de datos creada en SQL Server, clic en “Siguiente” → Establecer idioma del sistema de SQL Server, clic en “Finalizar”

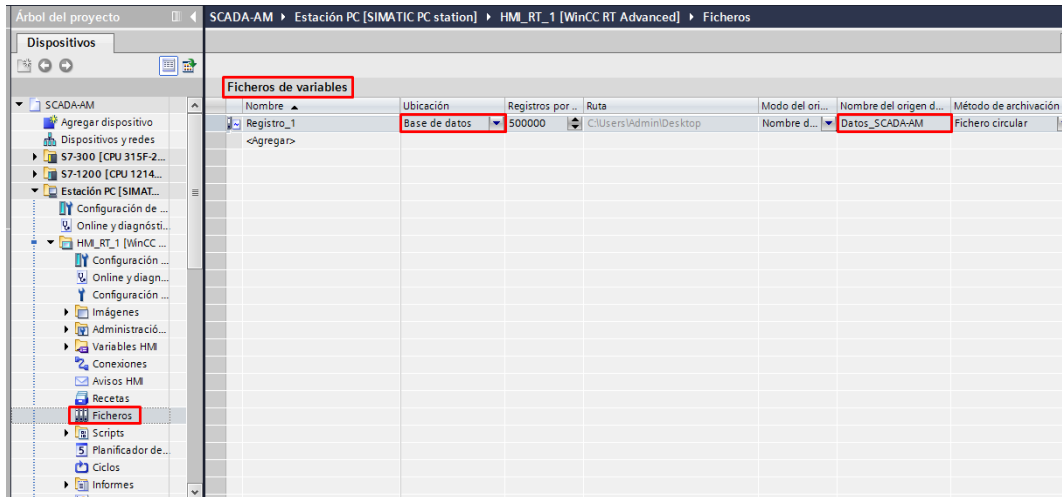


**Figura 46.** Crear un nuevo origen de datos para SQL Server

#### 4.6.6.3 Crear los ficheros en TIA Portal

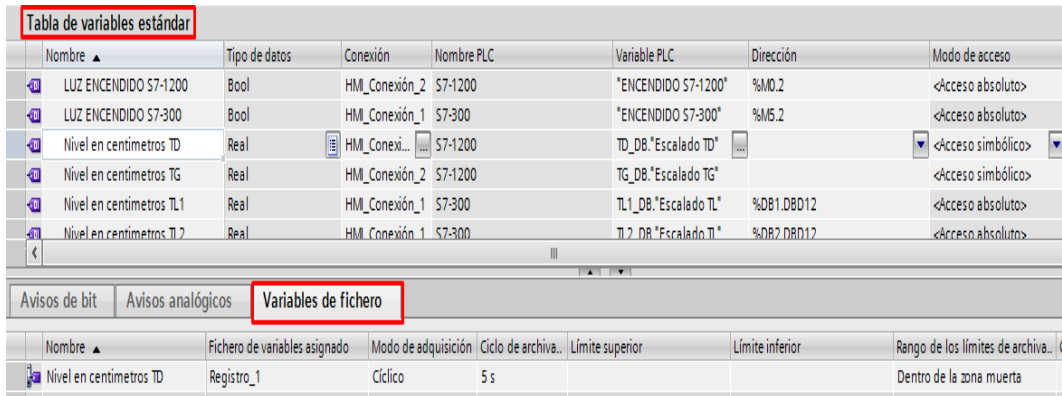
Los datos que se van a almacenar en la base de SQL Server serán enviados desde un fichero creado en TIA Portal. A continuación se detalla el procedimiento:

- En “Árbol del proyecto” → En el menú desplegable de la estación PC configurada, se escogerá “Ficheros” → Lo primero que se configura será los “Ficheros de variables” donde se asignará un nombre, la ubicación se escogerá “Base de datos”, en el nombre de origen de los datos se debe colocar el nombre con el cual se crea la base de datos en SQL Server (Figura 47).



**Figura 47.** Crear fichero en TIA Portal

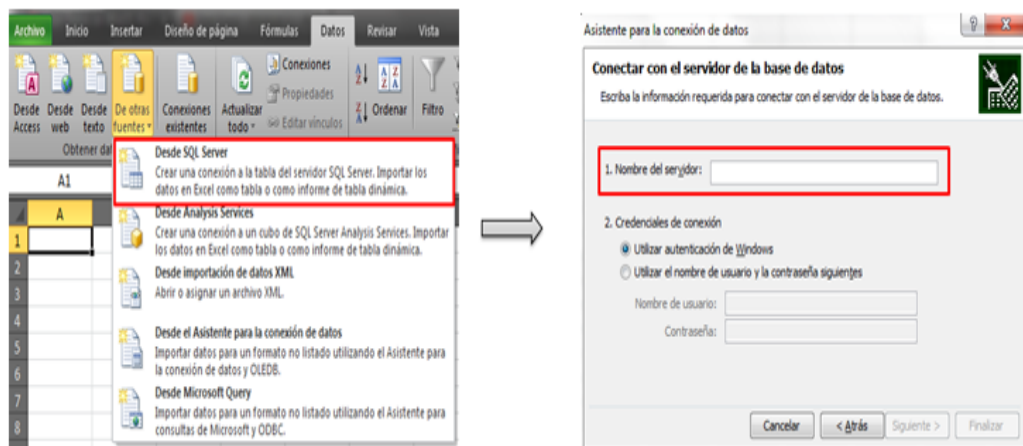
- Finalmente en la “Tabla de variables estándar” de la HMI creada, se escogerá las variables que requieran que sus datos sean almacenados en la base de datos. → De la pestaña “Variables de fichero” en el campo de “Fichero de variables asignado” se deberá colocar el nombre creado en el paso anterior (Figura 48).



**Figura 48.** Configurar variables de fichero en TIA Portal

#### 4.6.6.4 Exportar los datos de MS SQL server a una hoja de MS Excel

MS Excel ofrece la facilidad de poder importar los datos desde varias fuentes, entre ellas SQL Server. Para ello se configura mediante el asistente para conexión de datos (Figura 49) en el que se debe colocar el “Nombre del servidor” y posterior el nombre de la base de datos creada.



**Figura 49.** Asistente para la creación de datos en MS Excel

Con esto se tendrá una tabla donde se despliegan todos los datos que se ha configurado y con la facilidad de manejo de datos que ofrece MS Excel.

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**



El sistema SCADA ha sido diseñado para que cumpla con las funciones específicas de monitoreo al ser usados directamente en la producción diaria y adquisición de datos para llevar un control de consumos y reabastecimiento.

En el análisis del proyecto se detalla en los siguientes aspectos:

- Pruebas realizadas al sistema
- Análisis de tiempos
- Análisis de costos
- Análisis de tiempos de parada
- Calculo de rentabilidad del proyecto

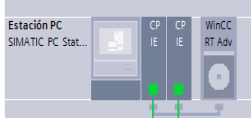
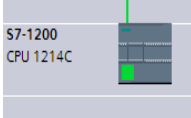
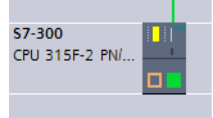
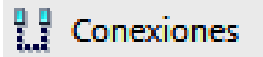
## 5.1 PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA

En el presente apartado se realizará la validación de las conexiones en red, conexiones online, programación, interfaces gráficas y adquisición de datos que en conjunto simulan en tiempo real el proceso de control y monitoreo de niveles de combustibles y lubricantes.

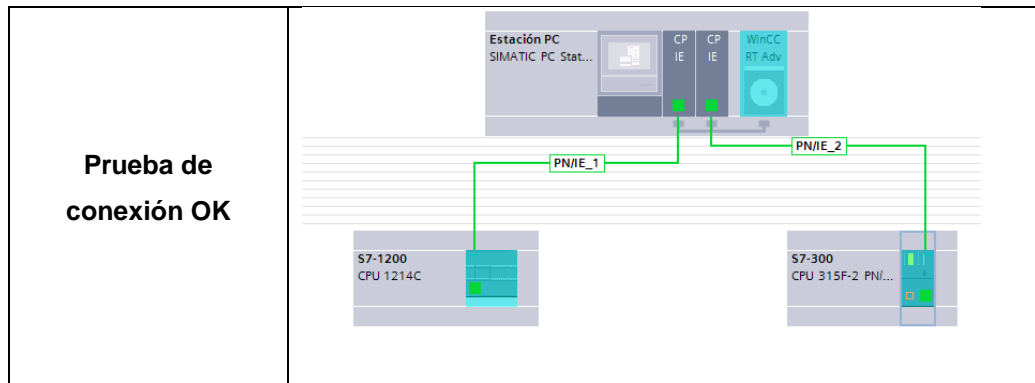
### ○ Conexión en red

Los tres componentes principales del sistema como son la estación PC, y los dos PLCs de campo deben estar perfectamente configurados en las conexiones de red. Para constatar la conexión los tres componentes deben estar en color verde como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 13.** Prueba de conexión en red

	Estación PC	PLC 1	PLC 2
COMPONENTES			
Verificación			

**Tabla 13.** Prueba de conexión en red



o **Conexiones online de los PLCs**

Para poder comenzar la simulación es necesario que los PLCs establezcan la conexión online para ello se debe cargar cada PLC en los dispositivos de PLCSIM que ofrece TIA Portal. Cuando los componentes estén con un "Check" color verde visualizado en el Árbol de Proyecto es cuando estarán en conexión online tal como se muestra en la siguiente tabla:

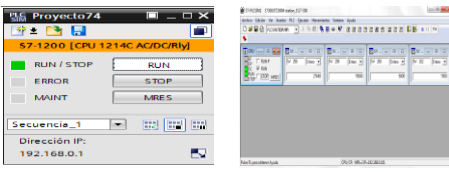
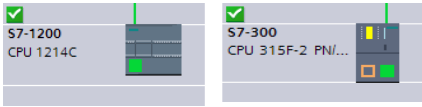
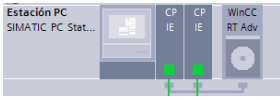
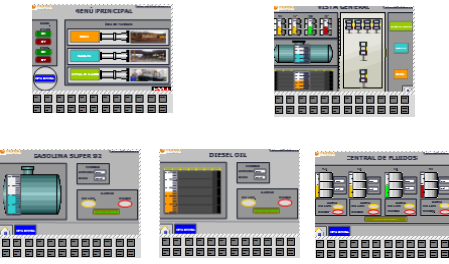
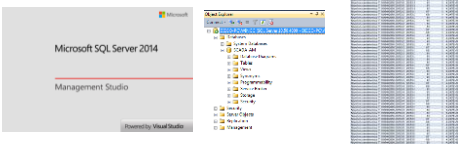
**Tabla 14.** Prueba de conexión online

	Estación PC	PLC 1	PLC 2
COMPONENTES			
Verificación			
Prueba de conexión OK	--		

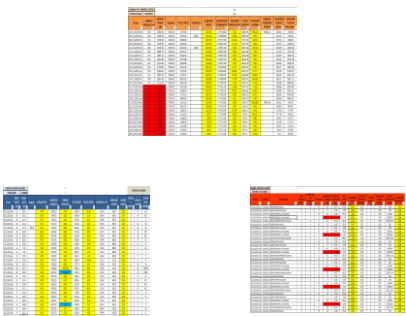
o **Interfaz gráfica y adquisición de datos**

Una vez que los componentes estén en línea se puede dar inicio a la interfaz HMI junto con la conexión con la base de datos. En la siguiente tabla se detalla los resultados de cada componente del sistema:

**Tabla 15. Resultados de componentes del sistema**

COMPONENTES	GRÁFICOS	RESULTADOS
Sensores (PLCSIM)		<p>Con los software de simulación para las entradas análogas se logró enviar las señales para cada uno de los tanques que conforman el sistema.</p>
PLCs		<p>EL software para el escalamiento de señales análogas programado para cada tanque logra adquirir y procesar los datos enviados por los "sensores" y dar como resultado las medidas en centímetros y galones además de mostrar las señales de alarma cuando los niveles sobrepasan los límites programados</p>
Estación PC		<p>Con la simulación de los sensores y puesta en marcha de los dos PLCs, la estación PC logra adquirir los datos en cada una de las imágenes diseñadas para cada tanque a través del runtime de WinCC.</p>
Interfaz HMI		<p>Con todos los componentes online, las pantallas HMI muestran al usuario los datos en tiempo real con un ciclo de adquisición de datos programado para 100 ms, con lo que el operador podrá actuar de inmediato en el caso de que el sistema despliegue algún tipo de alarma.</p>
Base de datos		<p>La conexión con la base de datos funciona correctamente con un ciclo de archivado de los ficheros de 5 seg, con ello, nos muestra en una tabla los datos de medida en centímetros adquiridos por el sistema.</p>

**Tabla 15.** Resultados de componentes del sistema

<p>Control en MS Excel</p>		<p>Los parámetros almacenados en la base de datos se despliegan en una tabla en el archivo de Excel donde se encuentran los cuadros de control para cada combustible con el que la persona a cargo podrá actualizar las veces que considere necesarias, obteniendo de inmediato los datos enviados por los "sensores".</p>
----------------------------	--	--

## 5.2 ANÁLISIS DE TIEMPOS

El ahorro de tiempo que dará la implementación del proyecto será tomado en cuenta en base al proceso operativo es decir el tiempo que toma recolectar los datos de nivel en cada uno de los tanques por los operarios y al proceso de control en el cual se procesan los datos adquiridos manualmente.

### 5.2.1 ANÁLISIS DE TIEMPOS OPERATIVOS

Representa los tiempos reales que le toma al operador realizar el varillado (toma en medidas de altura por medio de una varilla específica) de cada uno de los tanques de almacenamiento ubicados en diferentes lugares de la ensambladora, así también de la lectura de datos de los surtidores y los trasvases de tanques de lubricantes. Los datos se los representa en la Tabla 16, los datos detallados se los encuentra en el Anexo III.

**Tabla 16.** Tiempo del proceso operativo

ÁREA	TIEMPO (min)
Surtidores de planta	5
Tanques de lubricantes	20
Tanques de combustibles	9
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>

## 5.2.2 ANÁLISIS DE TIEMPOS DE CONTROL

Representa los tiempos reales en los que el encargado de controlar y procesar los datos tomados diariamente, ingresa en un cuadro de control de MS Excel para poder realizar distintas actividades como transferencias de consumo en sistema y análisis para reabastecimientos de combustibles y lubricantes a la planta de producción. Los datos se los representa en la Tabla 17 y en detalle en el Anexo IV.

**Tabla 17.** Tiempo del proceso de control

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Alimentar cuadro de control	15
Transferencias de consumos	8
Análisis de pedidos para reabastecimiento	20
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>

## 5.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos a ser analizados en este apartado serán los de inversión en los cuales constan los equipos a ser usados y también el ahorro en dinero de las operaciones de monitoreo y control. A continuación se detallan por separado.

### 5.3.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Para los costos de inversión se toma en cuenta el hardware, los sensores de nivel tanto para los tanques de combustibles como para los tanques de lubricantes y materiales varios entre ellos la CPU de la estación PC, pantallas para visualización, cables, etc. que se requieren para la implementación del sistema SCADA, en este caso el software no se considera en los costos ya que la empresa dispone de las licencias de Siemens TIA Portal V13 y WinCC. Los datos se los representa en la Tabla 18 y en detalle en el Anexo V.

**Tabla 18.** Costos de inversión del proyecto

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (US\$)</b>
PLCs	2011.00
Sensores de nivel	5480.00
Materiales varios	3884.11
<b>TOTAL</b>	<b>11375.10</b>

### 5.3.2 COSTOS OPERATIVOS

Mediante el análisis de costos de la Tabla 19. Se puede evidenciar el monto anual que se ahorraría con la implementación del proyecto tanto para el personal operativo como administrativo. Cabe recalcar que a más del monto en dinero, el sistema implementado ayudará a que el tiempo invertido para la medición y control de combustibles y lubricantes, pueden ser ocupados en otras tareas indispensables para el área de abastecimientos de la empresa.

**Tabla 19.** Análisis de costo en función de tiempo a ser ahorrado

	<b>No. Personal</b>	<b>Costo (min)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Costo mensual (US\$)</b>	<b>Costo Anual (US\$)</b>
<b>Operativo</b>	2	0.047	68	63.92	767.04
<b>Administrativo</b>	1	0.068	43	58.48	701.76
<b>TOTAL</b>					<b>1468.8</b>

### 5.4 ANÁLISIS DE TIEMPOS DE PARADA

Los tiempos de parada registrados en promedio son de 5 minutos mensuales, estos en su mayoría retrasos por un control fuera de tiempo en niveles o por tiempos de traslados de lubricantes con la implementación del proyecto se pretenden reducir en un 99% los contratiempos de falta de insumos en la línea de producción.

## 5.5 CALCULO DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para poder calcular la rentabilidad del presente proyecto es necesario conocer los flujos de caja para un periodo de 5 años (Anexo VI) con ello se calculará el valor actual neto o VAN, la tasa interna de retorno o TIR y Tiempo de recuperación de la inversión.

- o El VAN se define como la sumatoria de flujos netos anuales menos la inversión inicial el cual representara el valor actual que reportara el proyecto en el futuro, el proyecto será viable si el VAN es mayor a cero .Para el cálculo del valor actual neto VAN será asignado una tasa de interés al 10% y se utilizara la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0 \quad [4.4]$$

Dónde:

*Vt*: Flujos de caja en cada periodo t.

*I<sub>0</sub>*: Inversión inicial

*n*: Numero de periodos

*k*: Tasa de interés

- o El TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero de igual manera nos indicara si el proyecto será viable cuando el TIR sea mayor a la tasa de interés, se utiliza la siguiente formula:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+TIR)^t} \quad [4.5]$$

Dónde:

*Vt*: Flujos de caja en cada periodo t.

*I<sub>0</sub>*: Inversión inicial

*n*: Numero de periodos

Los valores del VAN y el TIR en conjunto con el tiempo de recuperación de la inversión se lo analizó en MS Excel y se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20.** Indicadores de evaluación del proyecto

<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR</b>
Valor actual neto (VAN)	\$10063.58
Tasa interna de retorno (TIR)	41%
Tiempo de recuperación de inversión	2.01 años

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que se cumplieron con los objetivos planteados en el presente proyecto dentro del alcance propuesto.



## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- o Se realizó un completo análisis de los procesos de control, monitoreo y recolección de datos con los que en la actualidad se realizan dichos procesos, con ellos se pudo conocer los tiempos reales de las operaciones y el ahorro que se obtendrá con la implementación del sistema SCADA.
- o Con el diseño del sistema SCADA se constató de que se puede disminuir el proceso operativo de recolección de datos en un 80%, además de que el monitoreo y control de datos sea más eficiente y con ello suprimir los inconvenientes de desabastecimiento de fluidos en la línea de producción y tener una óptima planificación de reabastecimientos de los combustibles y lubricantes.
- o Mediante el software con el que se desarrolló la base de datos, se conservarán los históricos de consumos de cada uno de los tanques con un ciclo de almacenamiento de 5 segundos el cual garantiza efectividad en las medidas de nivel y que además trabaja en conjunto con los cuadros de control diseñados en una hoja electrónica con los que se analizan y registran los consumos de cada día.
- o Las interfaces HMI fueron diseñadas de manera que el operador pueda monitorear de forma rápida los niveles en cada uno de los tanques además de conocer en tiempo real los datos en centímetros y galones que se tiene disponible.
- o Los equipos con los cuales se diseñó el presente proyecto garantizan que el SCADA sea un sistema eficiente, además de seguir con la línea de dispositivos con los que trabaja la empresa, es decir que el personal tendrá la experiencia necesaria para llevar a cabo los mantenimientos de los equipos sin ningún inconveniente.

- o Durante la fase de diseño del proyecto se logró establecer nuevos rangos de niveles para cada uno de los tanques con la finalidad de tener mayores reservas y mejorar los tiempos de respuesta ante situaciones adversas.

## **RECOMENDACIONES**

- o Para la realización de sistemas industriales automatizados se debe tener en cuenta los tipos de entradas y salidas que requerirá el sistema, con ello se podrá elegir de una mejor manera el tipo de PLC con el cual se va a trabajar.
- o Cuando se va a monitorear niveles de líquidos es importante conocer las características de estos para poder elegir los sensores que se van a usar para la medida automática de los tanques.
- o En la ensambladora dispone de una bombona de GLP la cual abastece a los montacargas y a los comedores las cuales para una segunda fase del proyecto se la puede incluir dentro del sistema de monitoreo y control.
- o Si bien el sistema está estructurado para suprimir el proceso manual en la recolección de datos de nivel, es recomendable realizar mediciones con varilla cada cierto tiempo con la finalidad de comprobar si los sensores están dando las medidas reales o requieren calibración.
- o El presente proyecto se desarrolló con un PLC de la familia Siemens S7-1200 por la facilidad de comunicación que ofrece a más de contar con un servidor Web para en futuro poder desarrollar el monitoreo y control del presente sistema desde la web.

## BIBLIOGRAFIA

- AG, S. (2009, 12). *Simatic TIA Portal Step 7 Basic V10.5*. Nurnberg, Alemania.
- AG, S. (2012, 04). *Simatic S7-1200 Easy Book. Manual de Producto*. Nurnberg, Alemania.
- AG, S. (2013, 07). *Simatic WinCC Basic V12.0 SP1*. Nurnberg, Alemania.
- AG, S. (2016). *Siemens*. Retrieved 4 07, 2016, from <http://w3.siemens.com>
- BARRERO, D. (2014, Marzo). *UHU*. Retrieved 4 16, 2016, from [https://uhu.es/antonio.barragan/descargas/aai/Profibus\\_Diez\\_Barrero.pdf](https://uhu.es/antonio.barragan/descargas/aai/Profibus_Diez_Barrero.pdf)
- BOOCH, G., RUMBAUCH, J., & JACOBSON, I. (1999). *El Lenguaje Unificado de Modelado*. Addison Wesley.
- CATEDRA, S. I. (2001, Agosto). *Unidad temática 5*. Retrieved Abril 6, 2016, from <http://www.frc.utn.edu>
- CORRALES, L. (2007). *Interfaces de Comunicación Industrial*. Dpto. de Automatización industrial.
- DELGADO, J. (2015). *SlideShare*. Retrieved 01 16, 2016, from *Procesado de señales analógicas*: <http://es.slideshare.net/Jmardelc/unidad-4-autmatas-programables-en-las-instalaciones-trmicas-y-de-fluidos>
- ECOPETROL. (2008). *Sec*. Retrieved 4 07, 2016, from <http://www.sec.gov>
- ELECTRIC, S. (2004). *Sistema SCADA/HMI*. Argentina.
- EMERSON. (2002). *Emerson Process*. Retrieved 4 06, 2016, from <https://www2.emersonprocess.com>

- FIELDCOMM, G. (2014, Enero). *Hartcomm*. Retrieved 04 06, 2016, from [http://sp.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol\\_how.htm](http://sp.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol_how.htm)
- HURTADO, J. (2015). Configuración de la comunicación PC - PLC. *Comuniación entre un PLC S7-1200 y WinCC Advanced*. I.E.S Himilce - Linares.
- HURTADO, J. (2015). *Doc Player*. Retrieved 06 11, 2016, from <http://docplayer.es/172639-Comunicacion-entre-dos-cpu-s-s7-1200-en-red-profinet-via-tcp.html>
- INDUSTRIA, E. (2006, Septiembre). *EMB*. Retrieved 04 06, 2016, from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562>
- LEMA, F., & PANCHI, F. (2013, 11 28). *Estudio y Diseño de un Sistema Scada para Cortes y Reconexioes del Sistema Electrico en los Laboratoris de Ingenieria Eléctrica*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- MANDADO, E., ACEVEDO, J., SILVA, C., & QUIROGA, J. (2009). *AUTOMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN*. México: Alfaomega.
- PELLO, J. (2009). *SoftqaNetwork*. Retrieved 4 20, 2016, from <http://www.softqanetwork.com/el-famosisimo-modelo-v>
- POPKIN, S. A. (2012). *Modelado de Sistemas con UML*. Retrieved 4 20, 2016, from <http://es.tldp.org/Tutoriales/doc-modelado-sistemas-UML/doc-modelado-sistemas-uml.pdf>
- Profinet, P. . (2016). *PI Noth America*. Retrieved 06 11, 2016, from <http://us.profinet.com/technology/profinet/>
- VALENCIA, C. (2013). Diseño e Implementación del sistema SCADA oara visualización de niveles de tanques de Disel para el consumo de las

turbinas de generación eléctrica de la refinería La Libertad de EP Petroecuador. *Ingeniería Eléctrica en Automatización y Control - ESPE.*

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### Límites para las alarmas de los tanques de almacenamiento

LÍMITES PARA LAS ALARMAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO					
TANQUE	LÍMITES	MEDIDA REAL		MEDIDA ALARMA	
		<i>cm</i>	<i>gal</i>	<i>cm</i>	<i>gal</i>
<i>DIESEL</i>	L.I	1	26.6	80	2129
	L.S	239	6360.4	215	5721.7
<i>GASOLINA</i>	L.I	1	4.1	57	721.7
	L.S	189	2862.5	160	2571.2
<i>TANQUES DE ACEITES</i>	L.I	1	0.67	10	6.67
	L.S	84	56	82.422	54.95
TANQUE	LÍMITES	MEDIDA REAL		MEDIDA ALARMA	
		<i>%</i>	<i>kg</i>	<i>%</i>	<i>kg</i>
<i>GLP</i>	L.I	1	9.03	10	90.29
	L.S	100	902.87	85	767.44

- o *L.I. Límite inferior*
- o *L.S. Límite superior*



## ANEXO II

### Encabezados de variables para el cuadro de control en Excel

ÁREA	ENCABEZADO														
<b>Diesel</b>	CUADRO DE CONTROL DIESEL														
	CÓDIGO BAAN	43190018													
	FECHA	MEDIDA TANQUE (cm)	MEDIDA DIARIA (gls)	RESERVA	TOTAL FÍSICO	INGRESOS	CONSUMO FÍSICO	NUMERADOR CAMIONETAS	CONSUMO PRODUCCIÓN	STOCK SISTEMA	CONSUMO SISTEMA	EGRESOS CONSUMO PLANTA	CONSUMO PLANTA (Diario)	CONSUMO PLANTA (Acumulado)	Sábados (consumo)
<b>Gasolina</b>	CUADRO DE CONTROL GASOLINA														
	CÓDIGO BAAN	43190020													
	FECHA	MEDIDA TANQUE (cm)	MEDIDA DIARIA (gls)	INGRESOS	CONSUMO FÍSICO	NUMERADOR CAMIONETAS	CONSUMO PRODUCCIÓN	STOCK SISTEMA	EGRESOS SISTEMA	DIFERENCIA FIS - SIST	NUMERADOR SURTIDOR	CONSUMO SURTIDOR			
<b>Central de fluidos</b>	CUADRO CONTROL ACEITES														
	CENTRAL DE FLUIDOS														
	FECHA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	STOCK TANQUES BODEG	CANTIDAD EN BODEGA (gls)	RESERVA	MEDIDA EN BOMBA (cm)	MEDIDA EN BOMBA (gls)	STOCK FÍSICO (gls)	CONSUMO FÍSICO	CONSUMO MENSUAL ACUMULAD	STOCK SISTEMA	DIFERENCIA FÍSICO vs SISTEMA	MEDIDA DISPENSADOR (lt)	CONSUMO PRODUCCIÓN

## ANEXO III

### Análisis de tiempos en el proceso operativo

PROCESO OPERATIVO						
AREA	TANQUE	N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	ENTREGA	TIEMPO (min)
PLANTA	<i>SURTIDOR GL-6</i>	1	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
	<i>SURTIDOR GL-5</i>	2	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
	<i>SURTIDOR GASOLINA</i>	3	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
	<i>SURTIDOR DIESEL</i>	4	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
	<i>SURTIDOR HIDRÁULICO</i>	5	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
CENTRAL DE FLUIDOS	GL-6	6	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	1
		7	Trasvase de tanque (vacío-reserva)	Operador 1	Dato de medida	5
	GL-5	8	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	1
		9	Trasvase de tanque (vacío-reserva)	Operador 1	Dato de medida	3
	REFRIGERANTE	10	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	1
		11	Trasvase de tanque (vacío-reserva)	Operador 1	Dato de medida	5
	HIDRÁULICO	12	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	1
13		Trasvase de tanque (vacío-reserva)	Operador 1	Dato de medida	3	
TANQUE 1	GASOLINA	14	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	3
		15	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
TANQUE 2	DIESEL	16	Medición por varilla	Operador 1	Dato de medida	3
TANQUE 3	GLP	17	Medición visual	Operador 1	Dato de medida	1
		18	Toma de dato del numerador	Operador 1	Dato de consumo	1
<b>TOTAL</b>						<b>34</b>

## ANEXO IV

### Análisis de tiempos en el proceso de control

PROCESO DE CONTROL					
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REFERENCIA	CAMPOS MANUALES	CAMPOS AUTOMÁTICOS	TIEMPO (min)
<b>ALIMENTAR CUADRO DE CONTROL</b>	<b>COORDINADOR</b>	<b>DIESEL</b>	Fecha	--	3
			Medida tanque (cm)	--	
			Reserva	--	
			Ingresos	--	
			Numerador producción	--	
			Stock sistema	--	
			Egresos mantenimiento	--	
			--	Medida tanque (gal)	
			--	Total físico	
			--	Consumo físico	
			--	Consumo producción	
			--	Consumo Sistema	
			--	Consumo mantenimiento (diario)	
			--	Consumo mantenimiento (acumulado)	
		<b>GASOLINA</b>	Fecha	--	3
			Medida tanque (cm)	--	
			Ingresos	--	
			Numerador producción	--	
			Stock sistema	--	
			Numerador surtidor	--	
			Unidades a producir	--	
			--	Medida tanque (gal)	
			--	Consumo físico	
			--	Consumo producción	
			--	Consumo Sistema	
			--	Consumo surtidor	
		--	Galones a consumir		
		<b>GAS</b>	Fecha	--	3
			Medida tanque (%)	--	
			Ingresos	--	
			Stock sistema	--	
			Consumo reciplast	--	
			Numerador surtidor	--	
			--	Medida tanque (kg)	
			--	Consumo físico	
			--	Egresos	
--	Consumo diario comedor (m3)				
--	Consumo comedor (kg)				
--	Consumo comedor acumulado				
<b>ACEITES</b>	Fecha	--	6		
	Código	--			
	Descripción	--			
	Stock tanques	--			
	Reserva	--			
	Medida tanque (cm)	--			
	Stock sistema	--			
	Medida surtidor (lt)	--			
	--	Stock tanques (gal)			
	--	Medida tanque (gal)			
	--	Stock físico (gal)			
	--	Consumo físico			
--	Diferencia físico vs sistema				
--	Consumo producción				
<b>TRANSFERENCIAS A BODEGAS LÓGICAS</b>	<b>COORDINADOR</b>	<b>DIESEL</b>			2
		<b>GASOLINA</b>			2
		<b>ACEITES</b>			4
<b>ANALISIS DE PEDIDOS PARA REABASTECIMIENTO</b>	<b>COORDINADOR</b>	<b>DIESEL, GASOLINA Y ACEITES</b>			20
<b>TOTAL</b>					<b>43</b>

## ANEXO V

### Costos de inversión del proyecto

No.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (US\$)	UNIDAD	#	COSTO ESTIMADO (US\$)
	<b>Sensores</b>				
1	Sitrans L	1534.00	und	2	3068.00
2	Sick LFP Cubic	603.00	und	4	2412.00
	<b>Hardware</b>				
3	CPU 1214C DC/DC/DC	655.00	und	1	655.00
4	Modulo AI SM1231	374.00	und	1	374.00
5	HMI KTP400 PN	547.00	und	1	547.00
6	CPU 1212C AC/DC/RELE	435.00	und	1	435.00
	<b>Materiales</b>				
7	Balizas LED	339.50	und	6	2037.00
8	Cable de control 4x16 AWG	1.34	m	200	268.00
9	Cable mallado 3x18 AWG	3.71	m	210	779.10
10	Punto de red certificado	300.00	und	1	300.00
11	Varios	500.00	und	1	500.00
<b>TOTAL</b>					<b>11375.10</b>

## ANEXO VI

### Flujo de caja del proyecto en un periodo de 5 años

	DESCRIPCIÓN	SALDO INICIAL	1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
		11375.1					
<b>INGRESOS</b>	Ahorro operativo		1468.8	1468.8	1468.8	1468.8	1468.8
	Ahorro en tiempos de parada		5000	5000	5000	5000	5000
	<b>TOTAL FLUJO DE INGRESOS</b>		<b>82468.8</b>	<b>82468.8</b>	<b>82468.8</b>	<b>82468.8</b>	<b>82468.8</b>
<b>EGRESOS</b>	Depreciación		663.33	663.33	663.33	663.33	663.33
	Mantenimiento sistema		150	150	150	150	150
	<b>TOTAL FLUJO DE EGRESOS</b>		<b>813.33</b>	<b>813.33</b>	<b>813.33</b>	<b>813.33</b>	<b>813.33</b>
<b>TOTAL FLUJOS DE EFECTIVO NETO</b>			<b>81655.47</b>	<b>81655.47</b>	<b>81655.47</b>	<b>81655.47</b>	<b>81655.47</b>