

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

“Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y Velocidad de un Motor Trifásico  
utilizando la red Ethernet con los PLC'S S7- 1200 para el Laboratorio de  
Instrumentación Virtual”.

**POR:**

**MASAPANTA MEDINA PAÚL VINICIO**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título  
de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**2013**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **MASAPANTA MEDINA PAÚL VINICIO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

---

**SR. ING. MARCO PILATÁSIG**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 6 de Marzo del 2013

## DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación fruto de mi esfuerzo y dedicación va dedicado especialmente a mis padres que son el pilar fundamental para superarme día a día y poder llegar al éxito ya que ellos siempre estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas durante el transcurso de mi vida estudiantil aconsejándome y guiándome para que llegue a ser un hombre de bien, también quiero dedicar este proyecto de graduación a mis sobrinos Daniel, Nicole, Alejandro y Jorgito ya que los quiero con todo mi corazón y son fuente de inspiración mía para que lograra terminar el presente proyecto.

También quiero dedicar este trabajo de graduación a una persona que es especial en mi corazón y que estuvo a mi lado durante toda mi vida estudiantil va dedicado con mucho cariño y amor a mi enamorada Jennifer que está a mi lado brindándome su apoyo a pesar de todas las adversidades que hemos pasado.

Dedico con mucho cariño el fruto de mi esfuerzo a mis hermanos Fabián y Geovanna que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional dedico también a mis abuelitos a mis amigos y a todas las personas que me brindaron su apoyo para hoy poder llegar a cumplir un sueño.

Paúl V. Masapanta M.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer con infinito amor a Dios por brindarme sus bendiciones cada día que transcurre y por hoy permitirme cumplir un sueño tan anhelado, en esta ocasión quiero agradecer de manera muy especial a mi Madre porque es la persona que más admiro en este mundo porque a pesar de todo lo que hemos pasado, y de los tropiezos que tuve en mi vida siempre estuvo a mi lado apoyándome y brindándome su confianza incondicional.

Agradecer también de todo corazón al Ing. Marco Pilatásig mi asesor de tesis que durante todo este transcurso de tiempo estuvo guiándome y compartiendo conmigo sus conocimientos de todo corazón Ing. Muchas gracias.

De manera especial quiero agradecer a mi amigo y compañero de aula incondicional Santiago S. porque me ha sabido brindarme su apoyo durante toda mi carrera y en el transcurso de la realización de mi tesis.

También quiero agradecer al Ing. Pablo Pilatásig encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual por permitirme usar su laboratorio y también usar sus equipos para que pueda culminar mi proyecto de grado, quiero agradecer también a mi querido instituto I.T.S.A por abrirme las puertas ya que en sus aulas obtuve muchos conocimientos durante mi vida estudiantil y en sus pasillos viví cosas inolvidables que llevare por siempre en mi mente y mi corazón.

Paúl V. Masapanta M.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV

## CAPÍTULO I

### TEMA

1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. GENERAL .....	3
1.3.2. ESPECÍFICOS .....	3
1.4. ALCANCE .....	4

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. PLC (Programable Logic Controller).....	5
2.2. PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY .....	6
2.2.1. Módulos de comunicación del PLC S7-1200 .....	9
2.2.2. Ethernet industrial .....	10
2.2.2.1. Cable Ethernet .....	11
2.2.2.2. Topologías de red .....	13
2.2.2.3. Topología lineal .....	14
2.2.2.4. Topología estrella .....	15
2.3. Introducción a HMI (Interfaz Humano Máquina) .....	16
2.3.1. Tipos de HMI .....	16
2.3.2. Funciones de un software HMI .....	17
2.3.2.1. Monitoreo .....	17
2.3.2.2. Supervisión .....	17
2.3.2.3. Alarmas .....	17
2.3.2.4. Control .....	17
2.3.2.5. Históricos .....	18
2.3.3. Tareas de un software de supervisión y control.....	18
2.3.4. Tipos de software de supervisión y control para PC .....	18

2.3.5. Estructura general del software HMI .....	19
2.3.5.1. Interfaz Humano Máquina .....	19
2.3.5.2. Base de datos .....	20
2.3.5.3. Driver .....	20
2.3.5.4. Bloques (Tags) .....	20
2.4. Módulo CSM 1277 .....	21
2.4.1. Asignación de conectores .....	22
2.4.2. Indicadores .....	23
2.4.3. Cables Twisted Pair .....	24
2.4.3.1. Normas de ponchado .....	25
2.5. Motor Eléctrico Trifásico .....	27
2.5.1. Principio de funcionamiento .....	27
2.6. Variador de velocidad .....	29
2.7. Estación de nivel .....	30
2.8. TIA portal .....	31
2.8.1. Introducción .....	31
2.8.2. Interface TIA portal .....	32
2.8.3. Entorno del proyecto .....	32
2.9. Protocolo TCP/IP .....	34
2.10. Control PID .....	35
2.11. Control ON-OFF con histéresis .....	40

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1. Preliminares .....	41
3.2. Componentes para los diferentes controles .....	42
3.2.1. Componentes para el Control PID .....	42
3.2.2. Componentes para el Control ON-OFF con histéresis .....	42
3.3. Conexiones para los diferentes controles PID - ON/OFF .....	43
3.3.1. Conexiones PLC 1 (esclavo), control ON/OFF .....	43
3.3.2. Conexiones PLC 2 (maestro), control PID .....	44
3.4. Software TIA portal .....	46
3.4.1. Creación de un nuevo proyecto .....	46
3.4.2. Elaboración del Escalamiento .....	46
3.4.3. Programación para el PLC 1 (esclavo) .....	50
3.4.4. Programación para el PLC 2 (maestro) .....	56
3.4.4.1. Elaboración del Escalamiento .....	58
3.5. Elaboración de un nuevo programa para un HMI .....	67

3.6. Pruebas y análisis de resultados .....	75
3.7. Gastos realizados .....	81
3.7.1. Costos primarios .....	81
3.7.2. Costos secundarios.....	81
3.7.3. Costo total.....	82

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones .....	83
4.2. Recomendaciones .....	84

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación de Diferentes CPU de los PLC S7- 1200.....	7
Tabla 2.2 Asignación de pines conector hembra RJ45.....	23
Tabla 2.3 Indicación de LED (DIAG) .....	24
Tabla 2.4 Indicaciones de los LEDS P1 a P4 .....	24
Tabla 3.1 Costos Primarios .....	81
Tabla 3.2 Costos Secundarios .....	81
Tabla 3.3 Costo Total.....	82



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 PLC S7-1200 CPU 1214C.....	6
Figura 2.2 Tipos de cable Ethernet .....	12
Figura 2.3 Topología lineal con PLC .....	14
Figura 2.4 Topología de red estrella.....	15
Figura 2.5 Esquemático de una red con HMI. ....	16
Figura 2.6 Estructura general del software HMI .....	19
Figura 2.7 Representación de Bloques .....	21
Figura 2.8 Módulo CSM 1277 .....	21
Figura 2.9 Representación electrónica de conector RJ45 .....	23
Figura 2.10 Conector RJ45 .....	26
Figura 2.11 Normas de ponchado de cables .....	26
Figura 2.12 Ventana inicial de TIA Portal .....	32
Figura 2.13 Ventana Principal de TIA Portal .....	33
Figura 2.14 Diagrama de bloques de un control PID .....	36
Figura 3.1 Esquemática de la red Ethernet .....	41
Figura 3.2 Esquemática de PLC a estación de nivel .....	43
Figura 3.3 Esquemática del Motor con PLC .....	44
Figura 3.4 Esquemática del Tacómetro al amplificador .....	45
Figura 3.5 Esquemática del PLC al amplificador .....	45
Figura 3.6 Nuevo Proyecto.....	46
Figura 3.7 Ventana para configurar dispositivo .....	47
Figura 3.8 Lista de diferentes dispositivos entre HMI y PLC .....	47
Figura 3.9 Ventana con el tipo de CPU deseado.....	48
Figura 3.10 Ventana vista del proyecto .....	48
Figura 3.11 Módulo de salidas analógicas .....	49
Figura 3.12 Ventana del editor del programa .....	49
Figura 3.13 Gráfica de la pendiente .....	50
Figura 3.14 Programación de Acciones.....	51
Figura 3.15 Interfaz de Programación .....	52
Figura 3.16 Interfaz de Programación .....	52
Figura 3.17 Bloque de comunicaciones.....	53
Figura 3.18 Bloque de comunicaciones.....	54
Figura 3.19 Interfaz de programación .....	55
Figura 3.20 Interfaz de programación .....	56
Figura 3.21 Bloque de comunicaciones.....	56
Figura 3.22 Icono CONVER .....	57
Figura 3.23 Icono TSEND .....	58
Figura 3.24 Pendiente.....	58
Figura 3.25 Interfaz de programación .....	59
Figura 3.26 Interfaz de programación .....	60
Figura 3.27 Interfaz de programación .....	60
Figura 3.28 Interfaz de programación .....	61
Figura 3.29 Interfaz de programación .....	61
Figura 3.30 Ventana para agregar bloque PID .....	62
Figura 3.31 Ventana para añadir un nuevo Cyclic interruptor .....	62
Figura 3.32 Ventana opciones de llamada .....	63
Figura 3.33 Control PID .....	63
Figura 3.34 Ventana para entrada de escalamiento .....	64

Figura 3.35 Ventana de parámetros .....	64
Figura 3.36 Ventana para la asignación del IP .....	65
Figura 3.37 Ventana cargar vista preliminar .....	66
Figura 3.38 Ventana de cargar resultados .....	66
Figura 3.39 Ventana para agregar dispositivo .....	67
Figura 3.40 Ventana para configuración de conexiones con el PLC.....	67
Figura 3.41 Diseño de la pantalla.....	68
Figura 3.42 Ventana para configuración de las alarmas.....	68
Figura 3.43 Navegación de pantalla.....	69
Figura 3.44 Ventana diseño de pantallas .....	69
Figura 3.45 Ventana diseño de pantallas .....	70
Figura 3.46 Interfaz de programación .....	70
Figura 3.47 Verificación de la red.....	71
Figura 3.48 Comprobación red con HMI.....	71
Figura 3.49 Verificación de la red.....	72
Figura 3.50 Verificación de la red.....	72
Figura 3.51 Ventana de asignación de variables en el HMI.....	73
Figura 3.52 Ventana de asignación de variables en el HMI.....	73
Figura 3.53 Ventana para la asignación del IP .....	74
Figura 3.54 Ventana para la transferencia en el HMI .....	74
Figura 3.55 Ventana de asignación de variables en el HMI.....	75
Figura 3.56 Señal oscilatoria con el Set Point de 40 .....	75
Figura 3.57 Señal oscilatoria con el Set Point de 40 .....	76
Figura 3.58 Señal oscilatoria con el Set Point de 50 .....	76
Figura 3.59 Señal oscilatoria con el Set Point de 60 .....	76

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1 PLC S7-1200 .....	1
Fotografía 2.1 Diferentes tipos de PLC'S .....	5
Fotografía 2.2 Módulos de comunicación para el PLC S7 -1200 .....	10
Fotografía 2.3 Puerto Ethernet en el PLC S7-1200 .....	10
Fotografía 2.4 Conectores hembra RJ45 del Switch CSM 1277 .....	22
Fotografía 2.5 Cable UTP .....	25
Fotografía 2.6 Motor Trifásico .....	27
Fotografía 2.7 Variador de Velocidad .....	29
Fotografía 2.8 Estación de nivel .....	30
Fotografía 3.1 HMI Interfaz para datos de estación de nivel.....	77
Fotografía 3.2 HMI Interfaz para datos de estación de nivel.....	77
Fotografía 3.3 HMI Interfaz para datos de estación de nivel.....	78
Fotografía 3.4 HMI Interfaz para datos de estación de nivel.....	78
Fotografía 3.5 HMI Interfaz para datos del motor trifásico .....	79
Fotografía 3.6 HMI Interfaz para datos del motor trifásico .....	79
Fotografía 3.7 HMI Interfaz para datos del motor trifásico .....	80
Fotografía 3.8 HMI Interfaz para datos del motor trifásico .....	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo “A”</b>	Datos para la calibración del variador de velocidad
<b>Anexo “B”</b>	Manual de Usuario
<b>Anexo “C”</b>	Programación estación de nivel/motor trifásico
<b>Anexo “D”</b>	Anteproyecto

## RESUMEN

En la automatización de procesos se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad, la precisión, y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual por un operador.

Es por esta razón que en este proyecto por medio de dos PLC's S7 1200 CPU 1214 y el HMI Simatic Panel TOUCH KTP 600 PN mono Basic y utilizando el Switch 1277 se realiza una red Ethernet Industrial, para el Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y Velocidad de un Motor Trifásico debido que en el control de velocidad se hace una adquisición analógica se requerirá también del módulo SM 1232 AQ de siemens.

Mediante el software TIA Portal se programó las diferentes funciones las cuáles realizan los PLC's, y por medio del Simatic Touch Panel se permite tener el control en tiempo real del proceso, la comunicación del switch 1277 a la PC se realiza con cables UTP y conectores RJ45.

Todo el proceso se desarrolla en un ambiente de acceso remoto, y que se puede tener acceso al monitoreo desde la PC y desde el Simatic Touch Panel, ya que el presente proyecto es didáctico, los estudiantes podrán aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en las aulas, realizando diversos talleres prácticos de laboratorio de automatización industrial, dependiendo del uso que del tutor de cátedra.

## **ABSTRACT**

In process automation seeks primarily to increase process efficiency by increasing the speed, quality and accuracy, and reducing the risks normally would in the task if done manually by an operator.

It is for this reason that in this project through two PLC's S7 1200 CPU 1214C and HMI Sicmatic Panel TOUCH KTP 600 PN monkey Basic and using the Switch 1277 is performed Ethernet Industrial for Monitoring and Control Station Level and a three phase motor speed due to the speed control is analog acquisition module is also required Siemens SM 1232 AQ.

Using the software TIA Portal was scheduled different functions which perform the PLC's, and through Sicmatic Touch Panel allows the real-time control of the process, communication switch 1277 to the PC is done with UTP and RJ45 connectors .

The entire process takes place in a remote access environment, and which can be accessed from the PC monitor and from the Touch Panel Sicmatic because this project is teaching, students can practically apply the knowledge acquired in the classrooms, performing various laboratory workshops industrial automation, depending on the use of the academic tutor.

# CAPÍTULO I

## TEMA

### 1.1. ANTECEDENTES

El término PLC proviene de la siglas Programmable Logic Controller, que al español se entiende como “Controlador lógico Programable”, es un dispositivo electrónico que se utiliza mucho en la automatización industrial, fue diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real; un PLC controla el proceso de máquinas, plantas y procesos industriales por lo general es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales, procesa y recibe señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.



**Fotografía 1.1** PLC S7-1200  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

Estos equipos pueden ser utilizados en un sin número de aplicaciones para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica. Los proyectos relacionados y realizados en el ITSA son los siguientes:

El primero realizado en Septiembre 2007 con el tema “IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI/SCADA QUE PERMITA LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR AC TRIFÁSICO” cuyo autor es A/C. Llumigusin Yambay Cristian Vinicio estudiante de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

El segundo realizado en Junio 2006 con el tema “IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI/SCADA UTILIZANDO LA ESTACIÓN DE NIVEL EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DEL ITSA” cuyo autor es A/C Inga Toapanta Marco Vinicio estudiante de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

La utilización de los PLC'S hacen que las posibilidades sean varias en los procesos de automatización, es por eso que los estudiantes ven aquí varias aplicaciones que les permitirá fortalecer sus conocimientos.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Debido al giro que viene dando en la actualidad el control de procesos en la industria y viendo la necesidad que los estudiantes de Tecnología Electrónica, Instrumentación y Aviónica, se familiaricen con estos temas de un modo más práctico, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo realizar el control y monitoreo de la estación de nivel y un motor trifásico por medio de la red Ethernet.

Con la creación de este proyecto se pretende que los estudiantes puedan tener a su alcance herramientas para realizar determinadas prácticas como arranque de motores, control de sensores digitales y analógicos por medio de la red Ethernet, además de homogenizar el conocimiento adquirido por parte de los alumnos al manejar los dispositivos reales utilizados en la empresa o en cualquier industria,



ya que le permitiría la integración del conocimiento adquirido en las diferentes clases impartidas por los docentes.

Esta tecnología, materiales de soporte técnico, protocolos estándares de comunicación, permiten conjugar lo aprendido en las diferentes materias como Programación, Electrónica, Control de Procesos, Automatización, Instrumentación, etc.

El manejar tecnología de punta permitirá a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y complementar el aprendizaje por medio de la realización de prácticas con equipo equivalente al de uso industrial.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

- Implementar una red Ethernet, mediante los PLC'S S7-1200, la Touch Panel KTP 600 PN y el Switch CSM 1277 para el monitoreo y control de la estación de nivel y un motor trifásico.

#### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Identificar las características generales y específicas del PLC S7-1200.
- Desarrollar en el software TIA portal, la programación de las diferentes acciones de los PLC'S y la Touch Panel.
- Realizar la implementación de la red Ethernet industrial por medio de los PLC'S S7-1200 y la HMI.

#### **1.4. ALCANCE**

Hoy en día, la instrumentación virtual sigue siendo una de las opciones favoritas para construir sistemas de automatización y control de procesos. Sin lugar a duda más y más sistemas están aprovechando la tecnología del PLC para aplicaciones en las cuales el tiempo de prueba es primordial, los instrumentos basados en PLC ofrecen el rendimiento imprescindible que se requiere para los sistemas automatizados actuales.

Este proyecto se enfoca a que los estudiantes de la carrera de Electrónica con mención Instrumentación y Aviónica del ITSA tengan un conocimiento de cómo se están realizando en la actualidad los procesos industriales, el objetivo es que todo lo que se explique en clase pueda ser verificado en la práctica, así pues permite realizar prácticas de control y automatización de procesos industriales de forma sencilla rápida y segura.

Los docentes de la carrera de Electrónica con mención Instrumentación y Aviónica del ITSA pueden fortalecer las prácticas del Laboratorio ya que se dispondrá de un Switch CSM 1277 que permite la conexión de hasta cuatro equipos entre PLC y HMI lo cual permitirá que los alumnos realicen prácticas lo más parecido a la realidad y lo que se utiliza en las industrias.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. PLC (Programmable Logic Controller)

El término PLC proviene de las siglas en inglés Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.



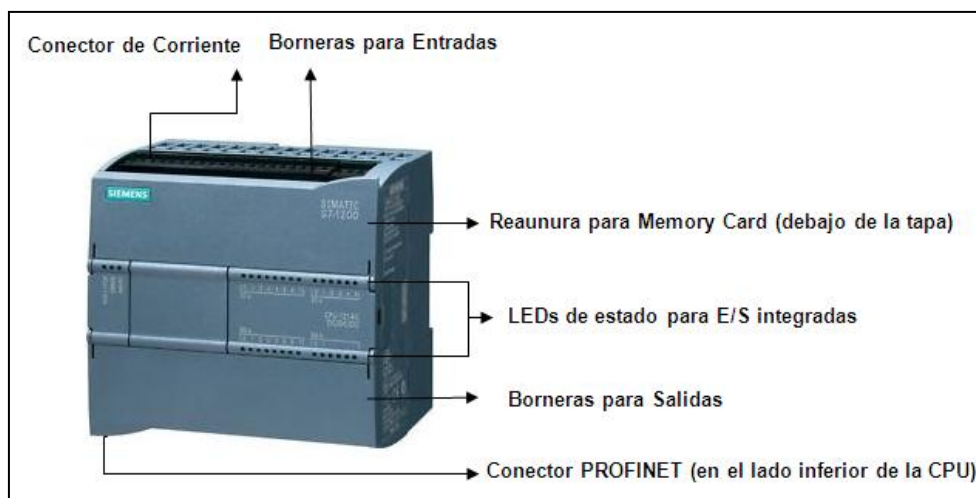
**Fotografía 2.1** Diferentes tipos de PLC'S  
**Fuente:** <http://www.miprensacr.com/seccion/electricidad-2>

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina o equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLCs, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

## 2.2. PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY



**Figura 2.1** PLC S7-1200 CPU 1214C  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

En este proyecto se trabaja con dos PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY de la empresa SIEMENS debido a las grandes ventajas que presenta, en la Tabla 2.1 se muestra la comparación de características con otros PLC S7- 1200 de diferentes CPU.

**Tabla 2.1** Comparación de Diferentes CPU de los PLC S7- 1200

FUNCIÓN	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
<b>Dimensiones Físicas(mm)</b>	90x100x75		110X100X75
• <b>Memoria de trabajo</b>	25KB		50KB
• <b>Memoria de carga</b>	1MB		2MB
• <b>Memoria de remanente</b>	2KB		2KB
<b>E/S integradas locales</b>	6 entradas/ 4 salidas	8 entradas/ 6 salidas	14 entradas/ 10 salidas
• <b>Digitales</b>			
• <b>Analógicas</b>	2 entradas	2 entradas	2 entradas
<b>Tamaño de la memoria imagen de proceso</b>	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
<b>Área de marcas (M)</b>	4096 bytes		8192 bytes
<b>Ampliación con módulos de señales</b>	Ninguna	2	8
<b>Signal Board</b>	1		
<b>Módulos de comunicación</b>	3 (ampliación en el lazo izquierdo)		
<b>Contadores rápidos</b>	3	4	6
<b>Fase Simple</b>	3 a 100 KHz	3 a 100 KHz 1 a 30 KHz	3 a 100 KHz 3 a 30 KHz
<b>Fase en cuadratura</b>	3 a 80 KHz	3 a 80 KHz 1 a 20 KHz	3 a 80 KHz 3 a 20 KHz
<b>Salida de impulsos</b>	2		
<b>Memory Card</b>	SIMATIC Memory Card (opcional)		
<b>Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real</b>	10 días/ Mínimo 6 días a 40°C		
<b>Profinet</b>	1 puerto de comunicación		
<b>Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales</b>	18 us/ instrucción		
<b>Velocidad de ejecución booleana</b>	0,1 us/ instrucción		

Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual de Sistema  
Elaborado por: Paúl Masapanta

“El S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su

bajo costo y sus potentes funciones. Los sistemas de automatización S7- 1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1 200 y la herramienta de programación TIA portal proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1 200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta. Conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPUs S7-1 200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso a sus funciones.

SIMATIC S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. Se combina la automatización máxima y mínimo costo. Debido al diseño modular compacto con un alto rendimiento al mismo tiempo, el SIMATIC S7-1200 es adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización. Su campo

de aplicación se extiende desde la sustitución de los relés y contactores hasta tareas complejas de la automatización en las redes y en las estructuras de distribución.

Estructura Interna y externa.

- ❖ Diseño escalable y flexible.
- ❖ Comunicación industrial.
- ❖ Funciones tecnológicas integradas.

Finalmente, todas las CPU SIMATIC S7-1200 pueden equiparse hasta con tres Módulos de Comunicación a la izquierda del controlador, lo que permite una comunicación serie punto a punto.

Con un Módulo de Señales Integradas adicional, se podrá aumentar el número de E/S digitales o analógicas del controlador sin necesidad de aumentar físicamente su tamaño.

El hardware completo SIMATIC S7-1 200 incorpora clips para un montaje rápido y fácil en perfil DIN de 35 mm. Además, estos clips integrados son extraíbles, lo que significa que pueden funcionar como taladros de montaje en caso de no utilizarse perfil soporte. El hardware SIMATIC S7-1200 puede instalarse, con absoluta flexibilidad, tanto en posición horizontal como vertical<sup>1</sup>.

### **2.2.1. Módulos de comunicación del PLC S7-1200**

Todas las CPU SIMATIC S7-1200 pueden ampliarse hasta con tres módulos de comunicación. Los RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres. Las funciones de librerías para protocolos USS Drive y protocolos maestros esclavo Modbus RTU ya están incluidas en el novedoso sistema de ingeniería SIMATIC TIA Portal. El tercero es el CP 1242-7 permite tanto la monitorización como el control de estaciones S7-1200 distribuidas desde una central vía redes de telefonía móvil o Internet.

---

<sup>1</sup>SIMATIC S7-1200 Manual de Sistema.



**Fotografía 2.2** Módulos de comunicación para el PLC S7 -1200  
**Fuente:** <http://www.swe.siemens.com>

### 2.2.2. Ethernet industrial

Los requisitos que deben cumplir las redes de comunicación industrial, sobre todo en cuanto a los sistemas de bus modernos, son enormes y siguen creciendo de forma continua. Se requieren redes de comunicación que, incluso sobre grandes distancias, destaquen por sus prestaciones y permitan aprovechar las múltiples posibilidades del mundo digital. Industrial Ethernet se ha establecido desde hace tiempo como la tecnología básica para este fin.



**Fotografía 2.3** Puerto Ethernet en el PLC S7-1200  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta



El PROFINET IO-Controller posibilita la conexión de equipos PROFINET, este puerto está integrado en el PLC S7 1200. La interfaz PROFINET integrada puede usarse indistintamente para la programación o para la comunicación HMI o de CPU a CPU. Además, permite la comunicación con equipos de otros fabricantes mediante protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz ofrece una conexión RJ45 con función Autocrossover y permite velocidades de transmisión de datos de 10/100 Mbits/s. Admite un gran número de conexiones Ethernet con los siguientes protocolos: TCP/IP native, ISO-on-TCP y comunicación S7. Para el cableado Ethernet basado en RJ45 y Mil Phoenix Contact ofrece componentes industriales así como sistemas de instalación completos.

#### **2.2.2.1. Cable Ethernet**

Con la introducción de Ethernet en las aplicaciones de automatización, la comunicación vertical es ahora posible, desde el nivel de control hasta el nivel de campo. A pesar de la libertad que proporciona un cableado Ethernet, los conectores y cables deben cumplir un largo número de exigencias. Aunque las condiciones ambientales en el nivel de control son, con frecuencia, similares a las de la oficina, la zona de producción está normalmente sujeta a grandes requerimientos de funcionamiento. La humedad, máxima longitud de 100 m, versión híbrida (datos + energía) las elevadas variaciones de temperatura, las vibraciones y los golpes son parte integrante de los ambientes industriales.

Por consiguiente, no es suficiente con simplemente distinguir entre componentes de cableado con índice de protección IP 67 e IP 20 a la hora de evaluar su idoneidad para las aplicaciones industriales. Se deben considerar aspectos como la robustez de la carcasa del conector, la compensación de tracción, la sujeción como protección contra las fuerzas laterales, la resistencia a los aceites y la protección EMC. Además, los conectores de datos utilizados en campo deben permitir la conexión sencilla y segura incluso bajo las condiciones más severas.

El conector RJ45 de 8 polos especificado en la IEC 60603-7 se ha establecido para el cableado Ethernet. Phoenix Contact ofrece una gama de producto completa en este campo con índice de protección IP20 para el cableado dentro de

los armarios de control y el IP67 para el cableado robusto en campo. El programa incluye conectores con tecnología de conexión rápida, cables pre confeccionados, patch-panels y cajas de interconexión.



**Figura 2.2** Tipos de cable Ethernet  
**Fuente:** <http://www.swe.siemens.com>

### **Aplicaciones de Ethernet industrial:**

- ❖ Grandes cantidades de datos: Intercambio de grandes cantidades de datos (en el entorno de Megabytes).
- ❖ Grandes distancias: Posibilidad de grandes distancias entre dispositivos
- ❖ Múltiples tipos de dispositivos: Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control.
- ❖ Múltiples tipos de comunicaciones: Permite una interconexión entre la oficina técnica y el mundo de la Automatización.

## **Ventajas de Ethernet Industrial**

- ❖ Red de fábrica de gran potencia para el nivel de célula.

Altas prestaciones aún en el caso de existir muchos participantes y grandes distancias.

- ❖ Amplia superficie de cobertura y alcanza grandes distancias.

Mediante la combinación de las técnicas eléctrica y óptica.

- ❖ Transferencia de datos segura

Aún en el caso de la existencia de perturbaciones electromagnéticas mediante componentes idóneos para la industria.

- ❖ Ahorro de costes.

Mediante una disminución de los costes de montaje y cableado.

- ❖ Líder universal dentro de las redes industriales.

Ethernet Industrial ha mostrado su eficacia en miles de instalaciones.

- ❖ Coexiste con otras aplicaciones Ethernet

Por ejemplo: Novell, LAN-Manager, TCP/IP

### **2.2.2.2. Topologías de red**

La tecnología Switching o de conmutación permite la creación de redes extensas con varias estaciones y simplifica la ampliación de la red. Con el Compact Switch Módulo CSM 1277 se pueden realizar topologías lineales y en estrella.

### 2.2.2.3. Topología lineal

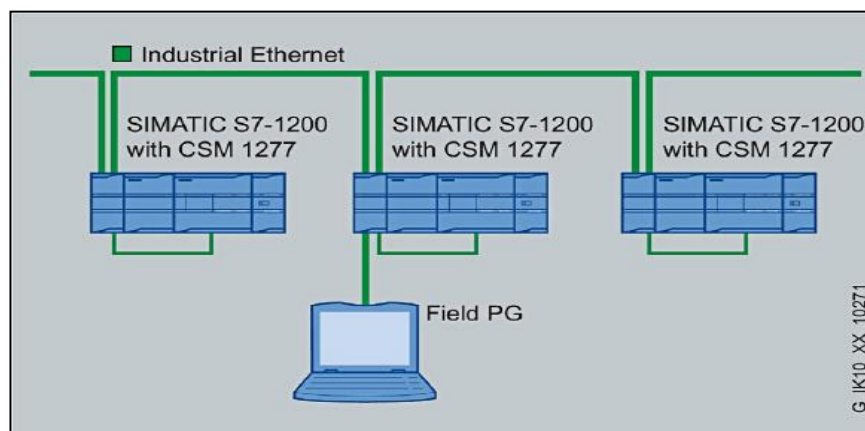
La topología Bus o Lineal en cuanto a redes consta de un cable largo al cual se le van conectando las computadoras o equipos. Esto es parte también de la tecnología informática que se ha ido desarrollando en el mundo actual.

#### Ventajas de la topología Bus o Lineal:

- ❖ Es muy sencillo el trabajo que hay que hacer para agregar una computadora a la red.
- ❖ Si algo se daña, o si una computadora se desconecta, esa falla es muy barata y fácil de arreglar.
- ❖ Es muy barato realizar todo el conexionado de la red ya que los elementos a emplear no son costosos.
- ❖ Los cables de Internet y de electricidad pueden ir juntos en esta topología.

#### Desventajas de la topología Bus o Lineal:

- ❖ Si un usuario desconecta su computadora de la red, o hay alguna falla en la misma como una rotura de cable, la red deja de funcionar.
- ❖ Las computadoras de la red no regeneran la señal sino que se transmite o es generada por el cable y ambas resistencias en los extremos
- ❖ En esta topología el mantenimiento que hay que hacer es muy alto.
- ❖ La velocidad en esta conexión de red es muy baja.



**Figura 2.3** Topología lineal con PLC  
**Fuente:** Manual CSM 1277

#### 2.2.2.4. Topología estrella

En una topología estrella todos y cada uno de los nodos de la red se conectan a un concentrador o hub.

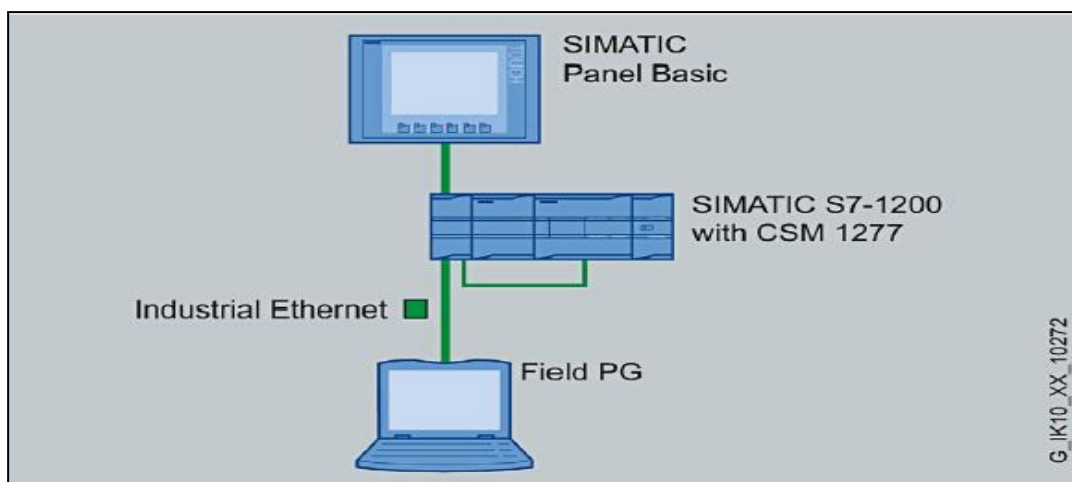
Los datos en estas redes fluyen del emisor hasta el concentrador. Este control, realiza todas las funciones de red además de actuar como amplificador de los datos. Esta configuración se suele utilizar con cables de par trenzado aunque también es posible llevarla a cabo con cable coaxial o fibra óptica. Tanto Ethernet como Local Talk utilizan este tipo de topología.

#### Ventajas de la topología de estrella:

- ❖ Gran facilidad de instalación.
- ❖ Posibilidad de desconectar elementos de red sin causar problemas.
- ❖ Facilidad para la detección de fallo y su reparación.

#### Desventajas de la topología de estrella:

- ❖ Requiere más cable que la topología de bus.
- ❖ Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos a él conectados.
- ❖ Se han de comprar hubs o concentradores.

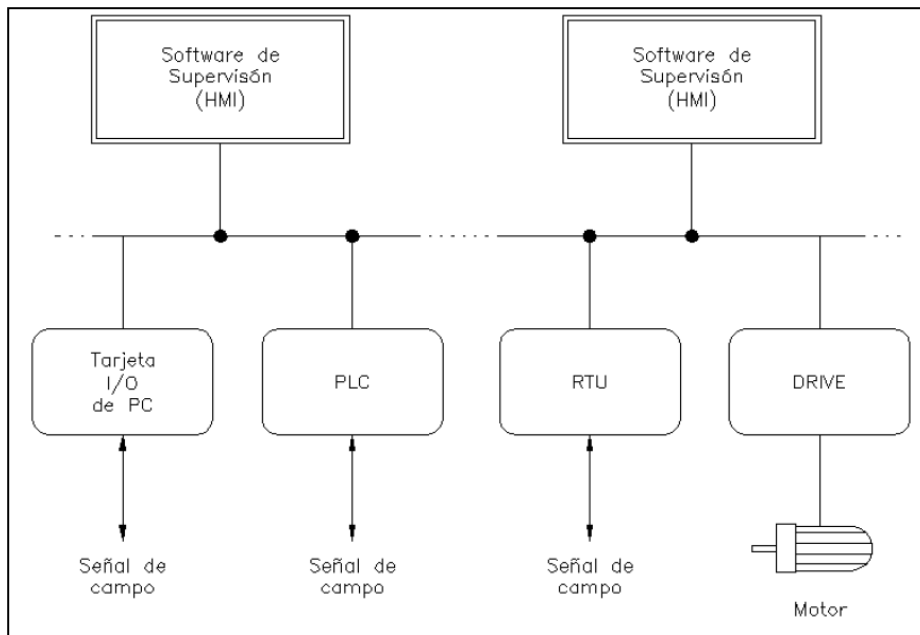


**Figura 2.4** Topología de red estrella  
**Fuente:** Manual CSM 1277

### 2.3. Introducción a HMI (Interfaz Humano Máquina)

Las siglas HMI es la abreviación en inglés de Interfaz Humano Máquina. Los sistemas HMI se pueden pensar como una “ventana” de procesos. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión.

Las señales de procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controles Lógicos Programables), RTU (Unidades Remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de Velocidad de Motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.



**Figura 2.5** Esquemático de una red con HMI.

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>

#### 2.3.1. Tipos de HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.

- Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de software que completan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplo son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

## **2.3.2. Funciones de un software HMI**

### **2.3.2.1. Monitoreo**

Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.

### **2.3.2.2. Supervisión**

Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

### **2.3.2.3. Alarmas**

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

### **2.3.2.4. Control**

Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

### **2.3.2.5. Históricos**

Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

### **2.3.3. Tareas de un software de supervisión y control**

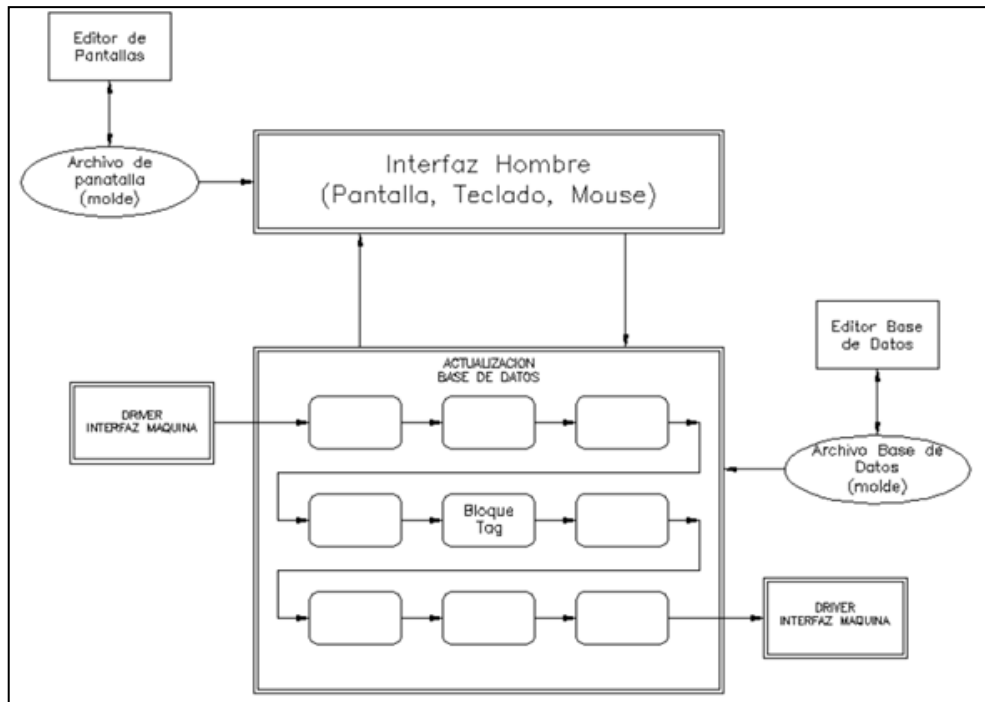
- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con los objetos animados (mímicos).
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

### **2.3.4. Tipos de software de supervisión y control para PC**

- Lenguas de programación visual como Visual C++ o Visual Basic. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software el usuario no tiene posibilidad de re-programarlo.
- Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida del usuario y/o para ejecutar un HMI desarrollado para el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave (software) como para hacerlo. Ejemplos son FIX Dynamics, Wonderware, PCIM, Factory Link, WinCC.



### 2.3.5. Estructura general del software HMI



**Figura 2.6** Estructura general del software HMI

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>

El software HMI está compuesto por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la Figura 2.6 se muestra cómo funcionan algunos de los programas y archivos más importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI. Con los programas de diseño, como el “editor de pantallas” se crea moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en archivos “Archivo de pantalla” y almacenan la forma como serán visualizados los datos en las pantallas.

#### 2.3.5.1. Interfaz Humano Máquina

Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse.

Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz está establecido en el archivo molde “Archivo de pantalla” que debe estar previamente creado.

### **2.3.5.2. Base de datos**

Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del proceso, por esta razón se denomina “base de datos dinámica”. La base de datos está formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de “editor de base de datos”.

### **2.3.5.3. Driver**

La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales del proceso se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

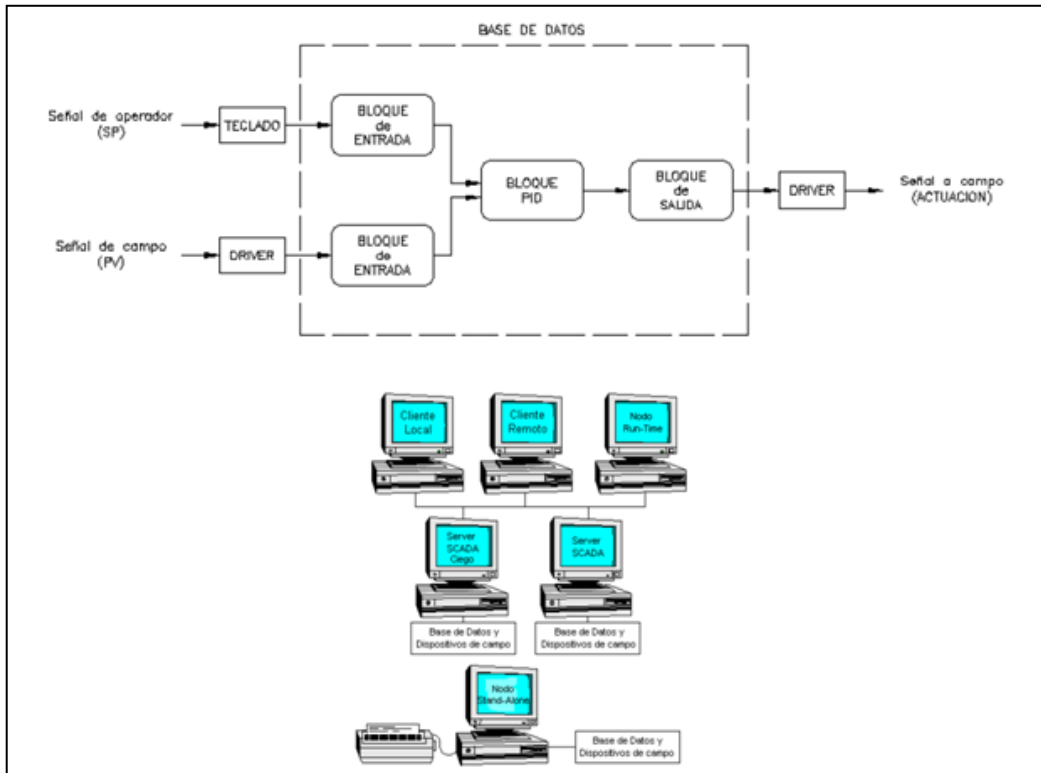
### **2.3.5.4. Bloques (Tags)**

La base de datos está compuesta por bloques. Para agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y envían información hacia los drivers u otros bloques.

#### **Funciones principales de los bloques son:**

- ❖ Recibir datos de otros bloques o al driver.
- ❖ Enviar datos a otros bloques o al driver.
- ❖ Establecer enlaces (links) a la pantalla (visualización, teclado o mouse).
- ❖ Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.
- ❖ Comparar los valores con umbrales de alarmas.
- ❖ Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

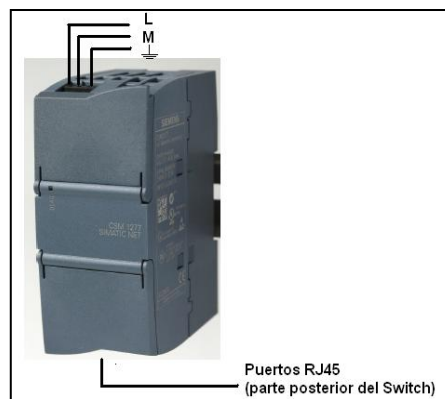
Los bloques pueden estructurarse en cadenas para procesar una señal, como se puede observar en la Figura 2.7.



**Figura 2.7** Representación de Bloques

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>

## 2.4. Módulo CSM 1277



**Figura 2.8** Módulo CSM 1277  
Realizado por: Paúl Masapanta

El equipo CSM 1277 permite construir a bajo costo redes Industrial Ethernet con topología en línea y estrella con funcionalidad de conmutación (Switching).

Si el Switch CSM 1277 se abastece a través de redes o líneas de alimentación extensas de 24V, se han de tomar medidas apropiadas contra un acoplamiento de impulsos electromagnéticos fuertes a las líneas de alimentación. Tales impulsos se pueden producir, por ejemplo, por descargas de rayos o por conexión de grandes cargas inductivas.

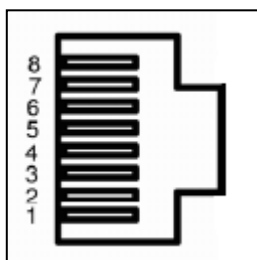
#### **2.4.1. Asignación de conectores**

El CSM 1277 cuenta con cuatro conectores hembra RJ45 para la conexión de equipos terminales o de otros segmentos de red.



**Fotografía 2.4** Conectores hembra RJ45 del Switch CSM 1277  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

En el caso del CSM 1277, los puertos Twisted Pair están ejecutados como conector hembra RJ45 con asignación MDI-X (Medium Dependent Interface–Autocrossover) de un componente de red.



**Figura 2.9** Representación electrónica de conector RJ45  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

**Tabla 2.2** Asignación de pines conector hembra RJ45

Número de pin	Asignación
<b>Pin 8</b>	n.c.
<b>Pin 7</b>	n.c.
<b>Pin 6</b>	TD-
<b>Pin 5</b>	n.c.
<b>Pin 4</b>	n.c.
<b>Pin 3</b>	TD+
<b>Pin 2</b>	RD-
<b>Pin 1</b>	RD+

**Fuente:** <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

## 2.4.2. Indicadores

### Indicador del CSM 1277

Indicador Power 'DIAG' (LED verde). El estado de la alimentación de tensión se indica por medio de un LED verde en la Tabla 2.3 se indica los diferentes estados en los que se pueden encontrar el LED.

**Tabla 2.3** Indicación de LED (DIAG)

<b>Estado</b>	<b>Significado</b>
LED con luz verde	La alimentación de tensión está conectada
LED apagado	La alimentación eléctrica no está conectada o bien a tensión es insuficiente.

**Fuente:** <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

### **Indicadores de estado de puerto 'P1' hasta 'P4' (LEDs verdes)**

El estado de los puertos se indica por medio de cuatro LEDs verdes. Se encuentran debajo de la tapa superior, en la Tabla 2.4 se indica los diferentes estados y el significado que tiene cada uno.

**Tabla 2.4** Indicaciones de los LEDS P1 a P4

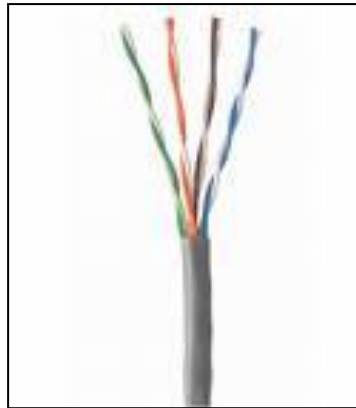
<b>Estado</b>	<b>Significado</b>
Puerto 1 a 4, Led encendido	Existe conexión con Industrial Ethernet a través de puerto (estado de LINK)
Puerto 1 a 4, Led parpadea	El puerto transmite/ recibe vía Industrial Ethernet
Puerto 1 a 4, Leds parpadean/ luz en sucesión	Fase de prueba durante Poweron

**Fuente:** <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

#### **2.4.3. Cables Twisted Pair**

Es un cable de pares trenzados y sin recubrimiento metálico externo, de modo que es sensible a las interferencias; sin embargo, al estar trenzado compensa las inducciones electromagnéticas producidas por las líneas del mismo cable. Es importante guardar la numeración de los pares, ya que de lo contrario el efecto del trenzado no será eficaz, disminuyendo sensiblemente, o incluso impidiendo, la

capacidad de transmisión. Es un cable barato, flexible y sencillo de instalar. La impedancia de un cable UTP es de 100 ohmios.



**Fotografía 2.5** Cable UTP  
Elaborado por: Paúl Masapanta

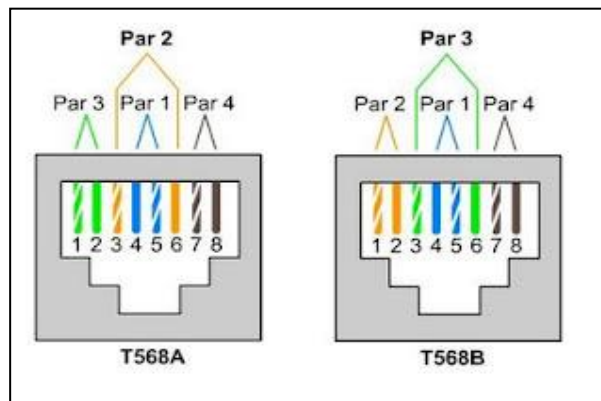
#### **2.4.3.1. Normas de ponchado**

Norma T568A: orden de colores:

- ❖ Blanco Verde
- ❖ Verde
- ❖ Blanco Naranja
- ❖ Azul
- ❖ Blanco Azul
- ❖ Naranja
- ❖ Blanco Café
- ❖ Café

Norma T568B: orden de colores:

- ❖ Blanco Naranja
- ❖ Naranja
- ❖ Blanco Verde
- ❖ Azul
- ❖ Blanco Azul
- ❖ Verde
- ❖ Blanco Café
- ❖ Café.



**Figura 2.10** Normas de ponchado de cables  
**Fuente:** <http://cableutpnubiaardila.blogspot.com>

Para la conexión al Switch se utilizará el conector RJ45, es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e y 6). RJ es un acrónimo inglés de Registered Jack que a su vez es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos.



**Figura 2.11** Conector RJ45  
**Fuente:** <http://cableutpnubiaardila.blogspot.com/>

Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado. Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines. Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares).



## 2.5. Motor Eléctrico Trifásico



**Fotografía 2.6** Motor Trifásico  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc

### 2.5.1. Principio de funcionamiento

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor. Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor”<sup>2</sup>.

**Regulación de velocidad.-** En los motores asíncronos trifásicos existen dos formas de poder variar la velocidad, una es variando la frecuencia mediante un equipo electrónico especial y la otra es variando la polaridad gracias al diseño del motor.

---

<sup>2</sup><http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml#motoreleca>

## 2.6. Variador de velocidad



**Fotografía 2.7** Variador de Velocidad  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- ❖ Dominio de par y la velocidad
- ❖ Regulación sin golpes mecánicos
- ❖ Movimientos complejos
- ❖ Mecánica delicada.

## 2.7. Estación de nivel

En la Fotografía 2.8 se muestra el sistema de nivel implementado que se dispone en la Institución, con sus componentes: dos válvulas de control, un sensor de flujo un sensor de nivel, la bomba y el tanque.



**Fotografía 2.8** Estación de nivel  
Elaborado por: Paúl Masapanta

Tanto los sensores como las válvulas trabajan con señales de corriente de 4 a 20 mA. La alimentación de energía de la bomba es constante y su accionamiento es manual. El sensor de flujo no participa en el control de la planta, sólo es usado para hallar la característica de flujo del sistema.

El sistema de nivel que se desea controlar consta de una entrada que se manipula (actuador) y de una salida (sensor de nivel) que responde a los cambios en dicha entrada.

Cuando el sistema está en lazo abierto, un cambio en la entrada modifica el flujo de agua que ingresa al tanque, lo cual hará que se establezca un nivel tal que el flujo de salida iguale al de la entrada; es decir que existirá un cambio de nivel cada vez que exista una diferencia entre los flujos de entrada y salida.

## **2.8. TIA portal**

### **2.8.1. Introducción**

TIA Portal es el acrónimo de TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION PORTAL es un nuevo sistema de ingeniería de última generación que ha desarrollado la compañía SIEMENS para que los usuarios puedan llevar a cabo la ingeniería, puesta en marcha, operación y monitorización de todos los componentes de automatización y accionamientos a través de una única plataforma de control.

El hecho de integrar en una única plataforma los distintos paquetes de software industrial posibilita obtener un ahorro de hasta un 20 por ciento en ingeniería y desarrollo de nuevos proyectos de automatización, otorgando un rendimiento máximo a la inversión en ingeniería y, por tanto, permitiendo reducir los costos globales. Esta herramienta, admite usuarios de todos los niveles, incluso aquellos que carezcan de experiencia, dado que cuenta con todos los elementos necesarios para el diseño y ejecución de procesos, y para el desarrollo y puesta en marcha de proyectos de automatización industrial de forma intuitiva.

Del mismo modo, la plataforma integrada puede ser incorporada en cualquier industria del mundo y, al tratarse de una aplicación modular, es posible ir añadiendo nuevas funcionalidades en función de las necesidades concretas que aparezcan en cada aplicación.

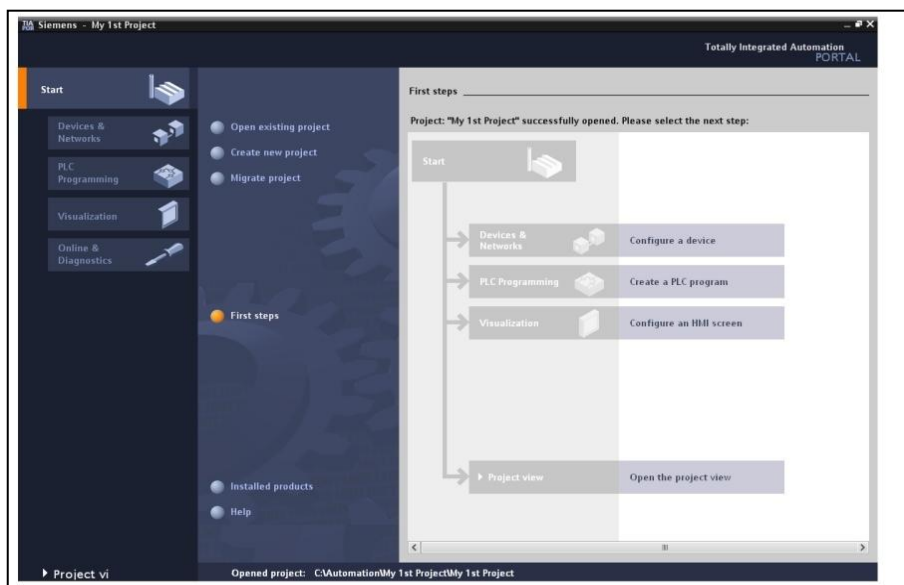
Siemens considera que la principal utilidad del TIA Portal radica en su viabilidad, puesto que permite integrar distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en un mismo interfaz, facilitando en gran medida el aprendizaje, la interconexión y la operación, sin una variedad amplia de sistemas de diferentes orígenes.

Accesible a través de una interfaz de usuario muy sencilla de manejar, permite concentrarse en el proceso de ingeniería sin la pérdida de tiempo que supone aprender a utilizar un nuevo software. En definitiva, este sistema gráfico de ingeniería actúa como un software único con una interfaz de usuario común.

## 2.8.2. Interface TIA portal

La configuración y la navegación son tan intuitivas que podrá encontrar enseguida todas las funciones de programación y edición que sean necesarias. Cuando se inicia un proyecto el usuario pueden elegir entre una vista del portal orientada a las tareas, en la que se guía paso a paso al usuario, o una vista del proyecto con acceso directo a todas las herramientas más importantes.

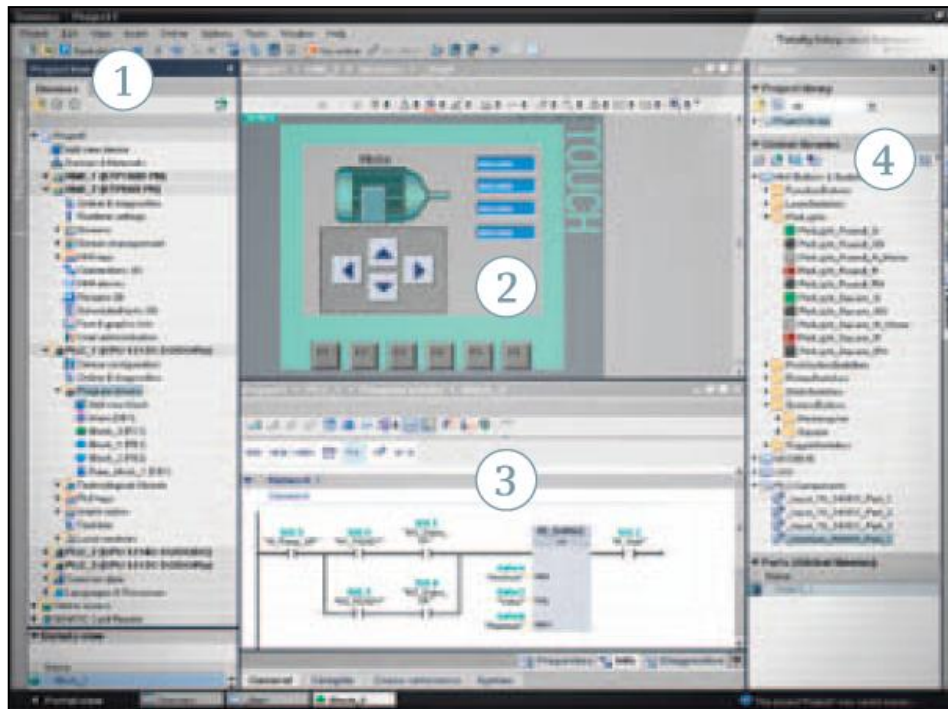
La vista del portal orienta y asiste al usuario de forma intuitiva por cada paso del proceso de ingeniería. Ya que se requiera programar un controlador, diseñar una pantalla de la HMI o configurar conexiones de red, TIA Portal ayuda de una forma muy intuitiva tanto a los usuarios más experimentados como a los menos familiarizados a navegar de la forma más eficiente posible.



**Figura 2.12** Ventana inicial de TIA Portal  
Elaborado por: Paúl Masapanta

## 2.8.3. Entorno del proyecto

Una vez abierto un nuevo proyecto en TIA portal se tiene la ventana de la Figura 2.13 en la cual se puede observar 4 partes principales.



**Figura 2.13** Ventana Principal de TIA Portal  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

### **1.-Árbol del proyecto unificado para controlador y HMI.**

Gracias a la vista de proyecto compartida, ya no es necesario acceder a diferentes bases de datos para cada equipo de automatización. Esto significa que el conjunto del proyecto trabaja siempre con datos coherentes, incluso en caso de que se realicen modificaciones puntuales. Esto garantiza la máxima calidad del proyecto. La claridad de la estructura del árbol de proyecto se mantiene siempre, incluso si se trata de proyectos complejos. Se podrá acceder rápidamente a los correspondientes equipos, carpetas o vistas especiales, que le sirven de apoyo en las tareas de automatización.

### **2.3.-Funcionalidad de arrastrar y soltar inteligente entre los editores del controlador y de HMI.**

Mediante arrastrar y soltar, pueden asignar iconos al hardware correspondiente, así como también conectar fácilmente etiquetas entre el controlador y el HMI. De este modo es posible utilizar de manera eficiente los editores de HMI y los editores del controlador en un entorno de ingeniería compartido.

## **1, 2, 3, 4.-Interfaz de usuario clara e intuitiva**

El software está provisto de una interfaz de usuario orientada a tareas. Todos los editores están incluidos en un framework común. El usuario puede trabajar intuitivamente con todos los editores y alternar entre ellos con un clic del ratón. Las funciones unificadas para todos los editores permiten una configuración rápida y eficiente. La atractiva interfaz gráfica y los tiempos de reacción breves, incluso en un PC estándar, garantizan la facilidad de manejo y la máxima productividad en cada proyecto desde el primer momento.

## **4.- Reutilización gracias a un esquema unitario de librerías**

Es posible almacenar en librerías locales y globales diversos elementos de ingeniería, como por ejemplo bloques de función, etiquetas, alarmas, imágenes de HMI, módulos de programa individuales y estaciones enteras. Estos elementos pueden reutilizar tanto en el mismo proyecto como en otros proyectos. Con la librería global pueden intercambiarse datos generados en diferentes proyectos.

## **2.9. Protocolo TCP/IP**

El modelo TCP/IP es un modelo de descripción de protocolos de red creado en la década de 1970 por DARPA, una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Evolucionó de ARPANET, el cual fue la primera red de área amplia y predecesora de Internet. EL modelo TCP/IP se denomina a veces como Internet Model, Modelo DoD o Modelo DARPA.

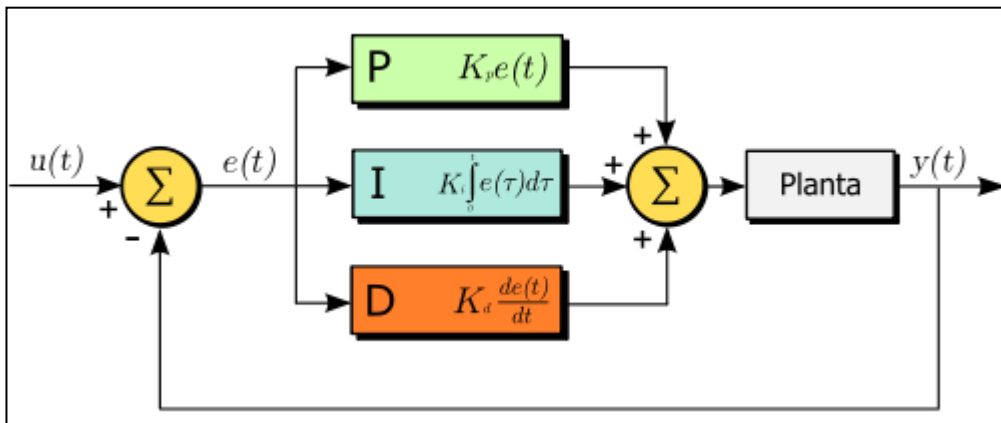
TCP/IP es un conjunto de protocolos. La sigla TCP/IP significa "Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet". Proviene de los nombres de dos protocolos importantes del conjunto de protocolos, es decir, del protocolo TCP y del protocolo IP.



En algunos aspectos, TCP/IP representa todas las reglas de comunicación para Internet y se basa en la noción de dirección IP, es decir, en la idea de brindar una dirección IP a cada equipo de la red para poder enrutar paquetes de datos. El modelo TCP/IP, describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando cómo los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario. Existen protocolos para los diferentes tipos de servicios de comunicación entre equipos.

## **2.10. Control PID**

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.



**Figura 2.14** Diagrama de bloques de un control PID  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

### Proporcional.

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga algún componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

La fórmula del proporcional está dada por:  $P_{sal} = K_p e(t)$

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control.

Ejemplo: Cambiar la posición de una válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la desviación de la temperatura (variable) respecto al punto de consigna (valor deseado).

## **Integral**

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; luego es multiplicado por una constante I. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfaseamiento en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación ( negativa ) acercan al proceso a tener un retraso de 270°, luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. <<< La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. >>> Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{\text{sal}} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Ejemplo: Mover la válvula (elemento final de control) a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna (variable deseada).

## **Derivativo**

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente

La fórmula del derivativo está dada por: 
$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

### **Ajuste de parámetros del PID**

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de este varíe, con o sin oscilación, y está limitada solo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada. El comportamiento óptimo ante un cambio del proceso o cambio del "set point" varía dependiendo de la aplicación. Generalmente, se requiere estabilidad ante la respuesta dada por el controlador, y este no debe oscilar ante ninguna combinación de las condiciones del proceso y cambio de "set points". Algunos procesos tienen un grado de no-linealidad y algunos parámetros que funcionan bien en condiciones de carga máxima no funcionan cuando el proceso está en estado de "sin carga". Hay varios métodos para ajustar un lazo de PID. El método más efectivo generalmente requiere del desarrollo de alguna forma del modelo del proceso, luego elegir P, I y D basándose en los parámetros del modelo dinámico. Los métodos de ajuste manual pueden ser muy ineficientes. La elección de un método dependerá de si el lazo puede ser "desconectado" para ajustarlo, y del tiempo de respuesta del sistema. Si el sistema puede desconectarse, el mejor método de ajuste a menudo es el de ajustar la entrada, midiendo la salida en función del tiempo, y usando esta respuesta para determinar los parámetros de control.

## 2.11. Control ON-OFF con histéresis

### Control ON-OFF

Es la regulación más simple y económica, se utiliza en aplicaciones que puedan admitir una oscilación continua entre dos límites, pero sería necesario que la evolución del proceso sea lento. Muchos reguladores incorporan esta regulación básica y en ocasiones se combinan con otro tipo de controladores utilizándolos cuando el error es grande y cambiando de forma automática a otro controlador cuando el error se aproxima a cero. Para evitar un número excesivo de conmutaciones se incluye un lazo de histéresis. La histéresis es como una oposición a experimentar cualquier cambio, cosa que normalmente sería un efecto perjudicial para ciertas aplicaciones por lo que se debe escoger adecuadamente las aplicaciones en las cuales este controlador funcionaria adecuadamente. Su respuesta es de tipo todo o nada, de forma que se conecta cuando la variable regulada ha descendido hasta un valor por debajo de la variable de consigna y solo se desconecta cuando dicha variable supera el límite superior de la variable de consigna. La histéresis está definida como la diferencia entre los tiempos de apagado y encendido del controlador; el usar un controlador de acción de dos posiciones da como resultado una oscilación de la variable controlada.

Para determinar la regulación del controlador, son importantes los parámetros amplitud y período de tiempo de la oscilación. La oscilación depende de muchos factores, el período de tiempo está en función del tiempo muerto del sistema y la posible histéresis del controlador. La histéresis también está directamente influenciada por la amplitud de la oscilación la cual es adicionalmente dependiente de los valores del factor de histéresis  $K_{is}$  y la magnitud del escalón en la variable de entrada.

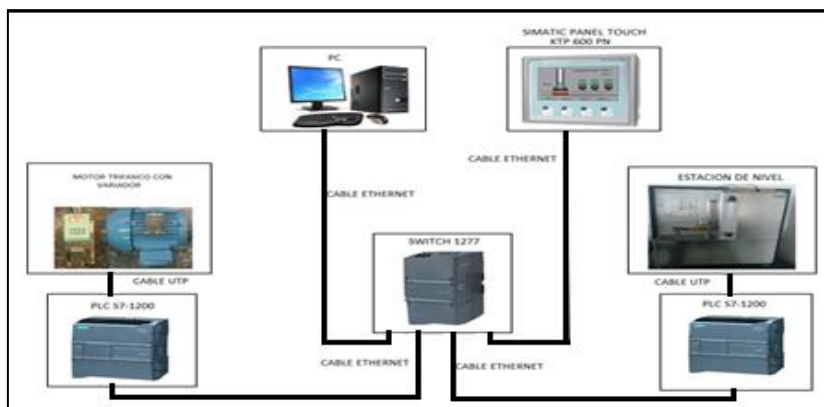
## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1. Preliminares

En el presente capítulo se detalla paso a paso como se realizó la conexión entre el PLC y el software TIA portal, la programación de las diferentes acciones que realizan los PLC's para controlar la velocidad del motor trifásico y la estación de nivel. También la programación en el software TIA portal de la Simatic Touch Panel la cual permite visualizar las variables de Nivel y % de Velocidad, además tener el control en tiempo real de la variables manipuladas.

Para el control de velocidad del motor trifásico se realizó la adquisición del módulo de salidas analógicas SM 1232 AQ el cual permite acoplarse al PLC S7 1200 tener salidas analógicas para el control de diferentes procesos, en este caso el control de velocidad del motor trifásico.



**Figura 3.1** Esquemática de la red Ethernet  
Realizado por: Paúl Masapanta

## **3.2. Componentes para los diferentes controles**

### **3.2.1. Componentes para el Control PID**

Los componentes utilizados en el control PID del motor trifásico fueron los siguientes:

- ❖ Motor trifásico con el variador de velocidad
- ❖ PLC S7-1200
- ❖ Módulo de Salidas Analógicas
- ❖ Fuente 24 Vdc
- ❖ Touch Panel KTP 600 PN
- ❖ PC

Software utilizado:

- ✓ TIA PORTAL VERSIÓN 11

### **3.2.2. Componentes para el Control ON-OFF con histéresis**

Los componentes utilizados en el control ON-OFF fueron los siguientes:

- ❖ Estación de nivel
- ❖ PLC S7-1200
- ❖ Touch Panel KTP 600 PN

Software utilizado:

- ✓ TIA PORTAL VERSIÓN 11



### 3.3. Conexiones para los diferentes controles PID - ON/OFF

#### 3.3.1. Conexiones PLC 1 (esclavo), control ON/OFF

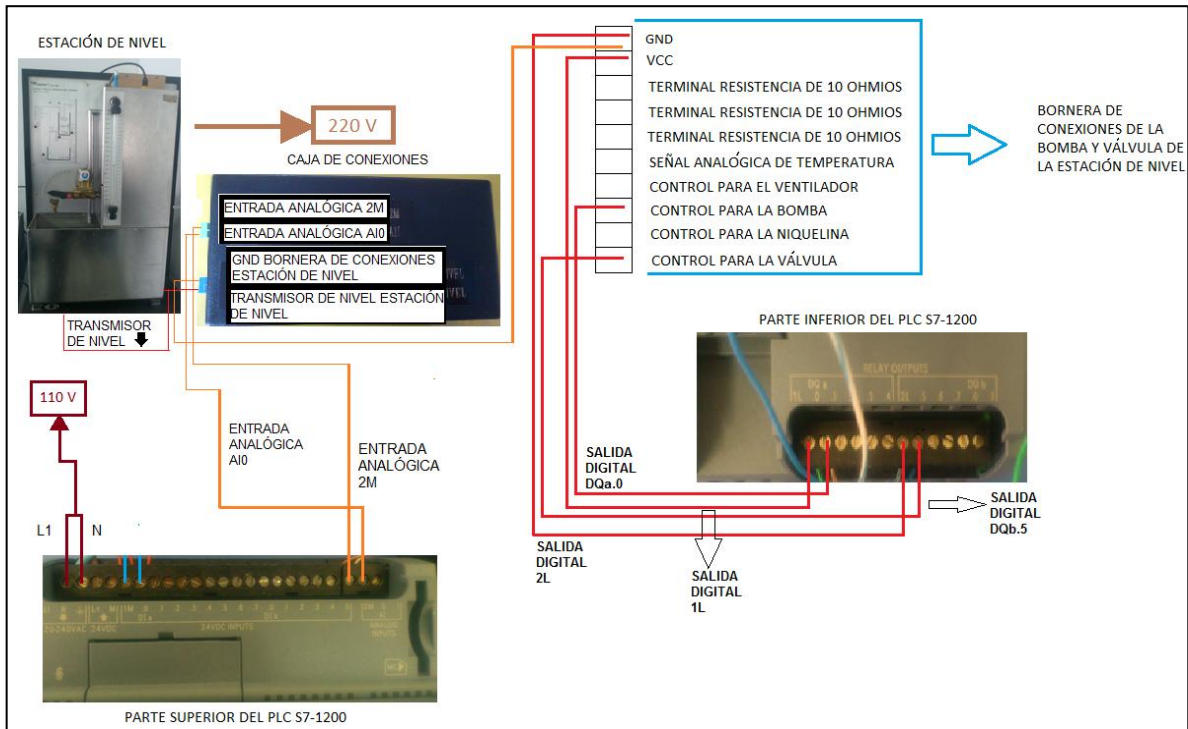
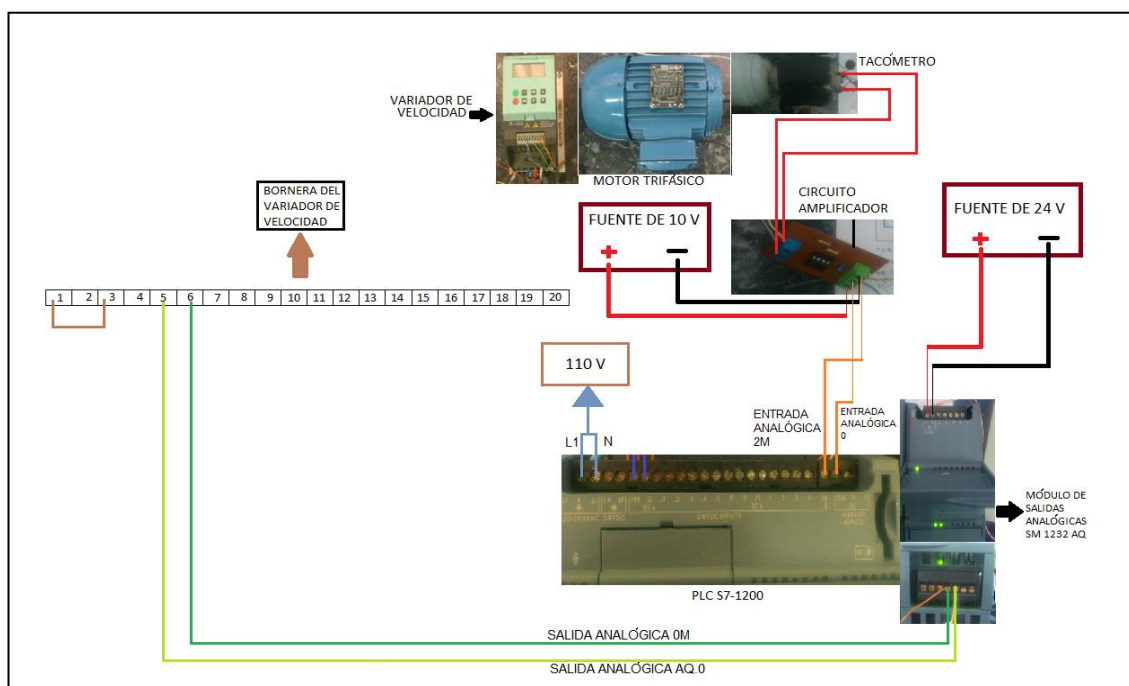


Figura 3.2 Esquemática de PLC a estación de nivel  
Realizado por: Paúl Masapanta

- ❖ Los bornes del PLC S7-1200 **L1** y **N** que se encuentran en la parte superior de dicho equipo, conecte a un cable que pueda abastecer los 110V que va alimentar al PLC como se indica en la Figura 3.2.
- ❖ La estación de nivel alimente con 220V.
- ❖ Las entradas analógicas **2M** y **AI0** del PLC que están en la parte superior conecte a los bornes de la caja de conexiones, definidas como ENTRADA ANALÓGICA 2M, ENTRADA ANALÓGICA AI0 respectivamente.

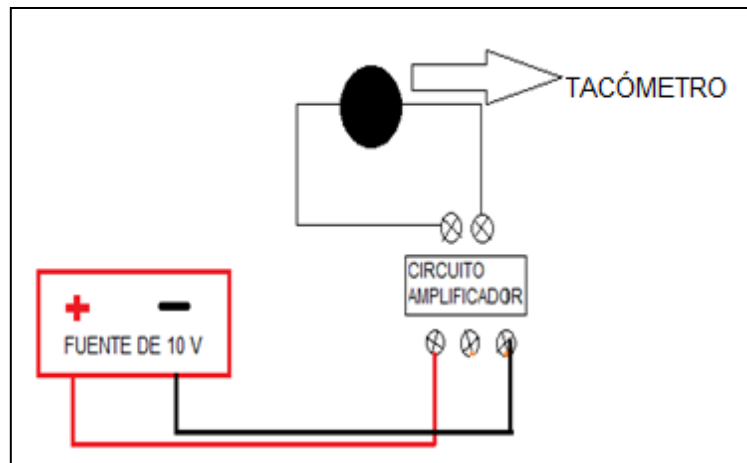
- ❖ La salida del transmisor de nivel de la estación de nivel, conecte con el borne de la caja de conexiones definida como TRANSMISOR DE NIVEL DE LA ESTACIÓN DE NIVEL.
- ❖ Del GND de la bornera de conexiones de la bomba, conecte con el borne de la caja de conexiones definida como GND BORNERA DE CONEXIONES DE LA ESTACIÓN DE NIVEL.
- ❖ En la parte inferior del PLC S7-1200 existen los bornes **1L** y **DQ.0** son salidas digitales, conecte a **VCC** y **CONTROL PARA LA BOMBA** respectivamente de la bornera de conexiones para la bomba y válvula de la estación de nivel.
- ❖ De la misma parte inferior del PLC existe los bornes **2L** y **DQ.5** son salidas digitales, **2L** conecte al **GND** de la bornera de la estación de nivel y el borne **DQ.5** conecte al **CONTROL PARA LA VÁLVULA** de dicha bornera de conexiones, estas conexiones encuentra en la Figura 3.2.

### 3.3.2. Conexiones PLC 2 (maestro), control PID



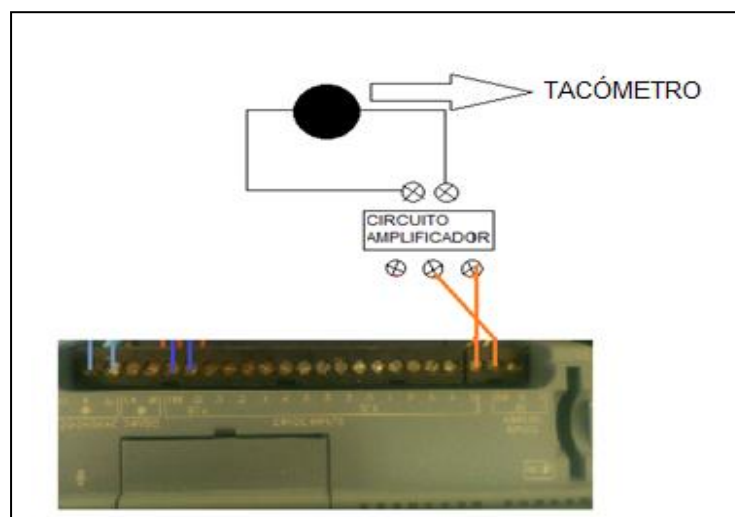
**Figura 3.3** Esquemática del Motor con el PLC  
Realizado por: Paúl Masapanta

- ❖ En el PLC S7-1200 que controla al Motor Trifásico encontrará los bornes **L1** y **N** que se encuentran en la parte superior de dicho equipo, estos bornes conecte a un cable que pueda abastecer los 110V que va alimentar al PLC como se indica en la Figura 3.3.
- ❖ Del tacómetro del motor conecte al circuito amplificador, con la fuente de 10V alimente al circuito antes mencionado. En la Figura 3.4 se representa las conexiones claramente.



**Figura 3.4** Esquemática del Tacómetro al amplificador  
Realizado por: Paúl Masapanta

- ❖ Los bornes **2M** y **Q0** de la parte superior del PLC son entradas analógicas conecte a las entradas de la placa del amplificador. Figura 3.5.



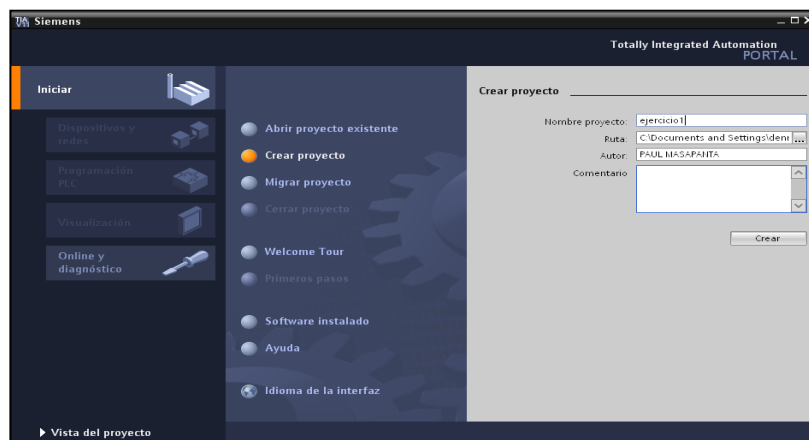
**Figura 3.5** Esquemática del PLC al amplificador  
Realizado por: Paúl Masapanta

- ❖ Debido a que el PLC S7-1200 no consta en su estructura por salidas analógicas y solo consta por entradas analógicas debe acoplar un **MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS** con la siguiente serie **SM 1232 AQ**, al momento que acopla este módulo el PLC ya dispone de salidas analógicas que le servirá para las conexiones siguientes.
- ❖ Al **MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS** alimente con una fuente de 24 V el borne **L+** con positivo y el borne **M** con negativo.
- ❖ En la parte inferior del **MÓDULO** existen los siguientes bornes **0M** y **AQ.0** son salidas analógicas, estos bornes conecte al borne **6** y **5** respectivamente de la bornera del variador de velocidad.
- ❖ Los bornes **1** y **3** de la bornera antes mencionada, debe enlazar ya que al momento que realiza esta acción le servirá para la puesta en funcionamiento del variador **ON/OFF** todas estas conexiones encuentra en la Figura 3.3.

### 3.4. Software TIA portal

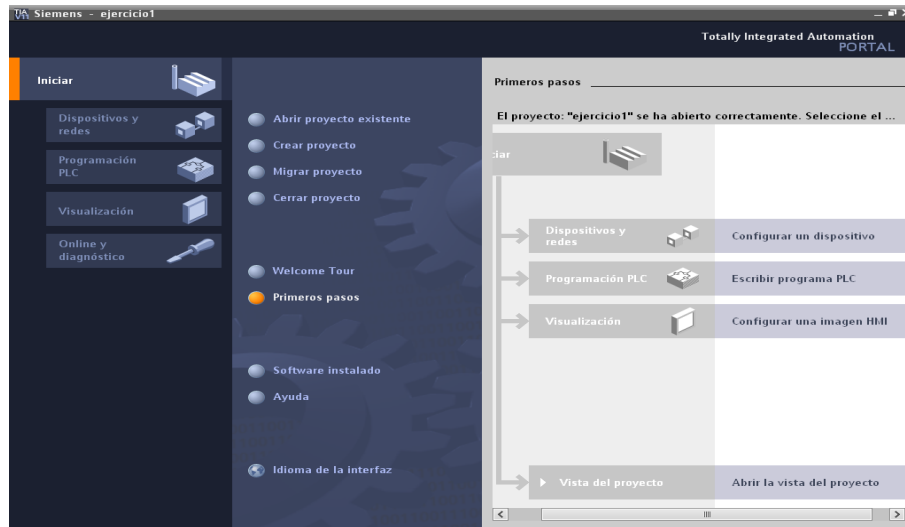
#### 3.4.1. Creación de un nuevo proyecto

Para la creación de un nuevo proyecto se realiza clic en Crear nuevo Proyecto y se configura el nombre del mismo una vez cambiado de nombre se realiza clic en crear.



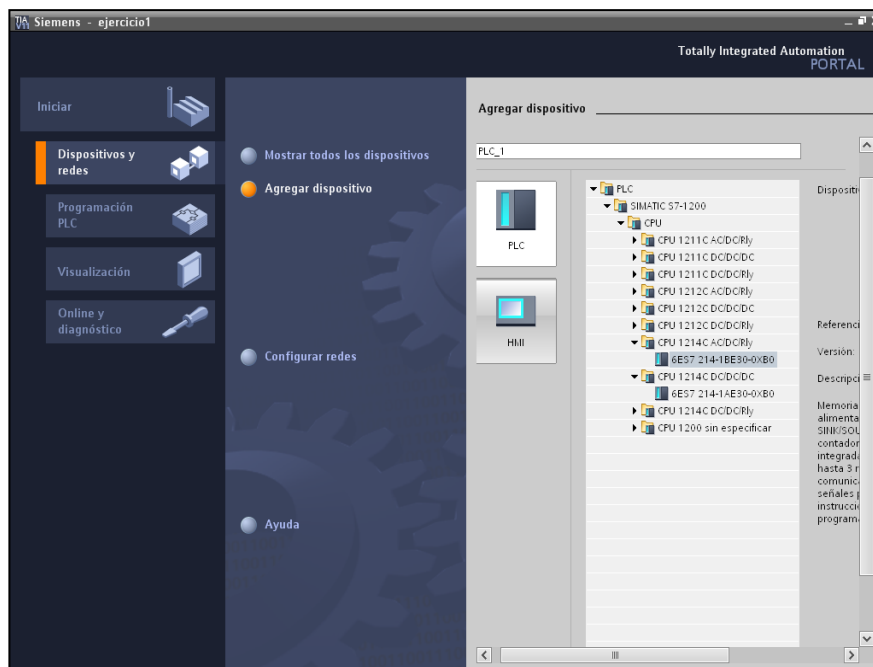
**Figura 3.6** Nuevo Proyecto  
Realizado por: Paúl Masapanta

Dar clic en la opción Dispositivos y Redes para proceder a realizar los primeros pasos.



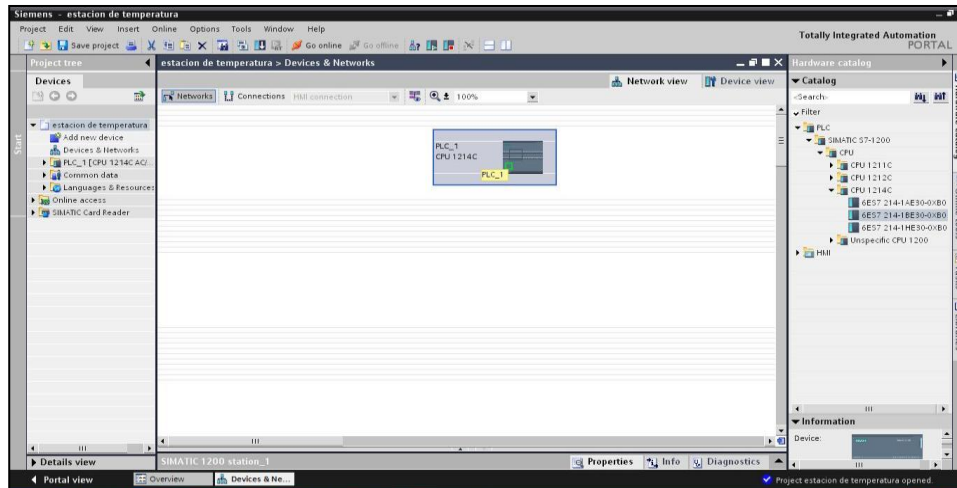
**Figura 3.7** Ventana para configurar dispositivo  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

En la siguiente ventana indicada en la Figura 3.8, se dispone de una lista de distintos equipos tanto HMI como PLC para el caso de este proyecto se realiza clic en el PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY.



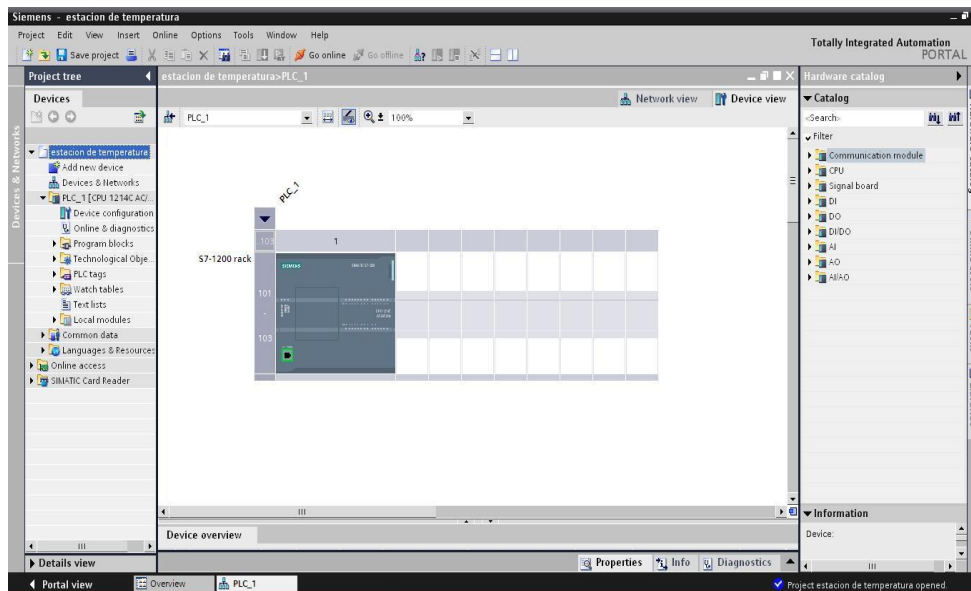
**Figura 3.8** Lista de diferentes dispositivos entre HMI y PLC  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

A continuación se procede a escoger el tipo de CPU deseada. Se procede a dar clic en la opción PLC / SIMATIC S7-1200 / CPU / CPU 1214C / 6ES7 214-1BE30-0XB0.



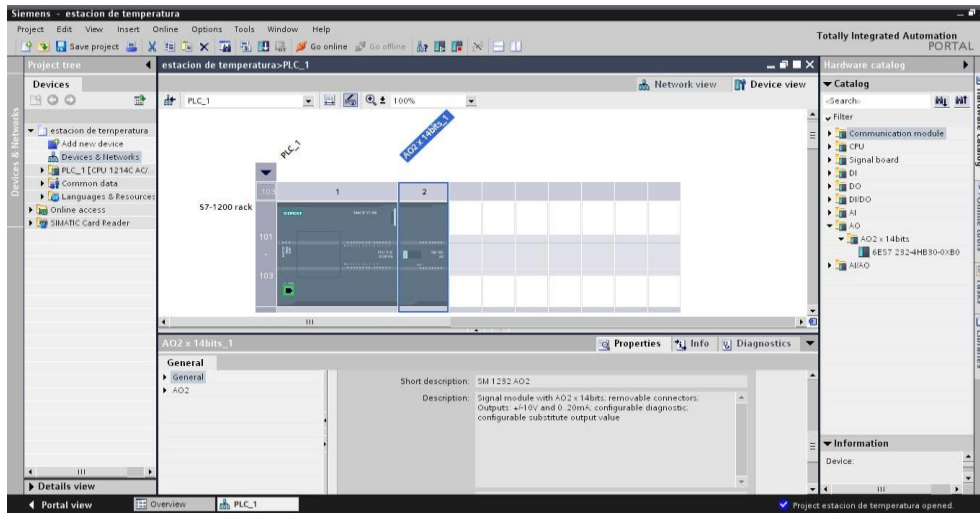
**Figura 3.9** Ventana con el tipo de CPU deseado  
Realizado por: Paúl Masapanta

Dar doble clic en el tipo de CPU escogida para verificar que es la CPU deseada, como se observa en la Figura 3.10



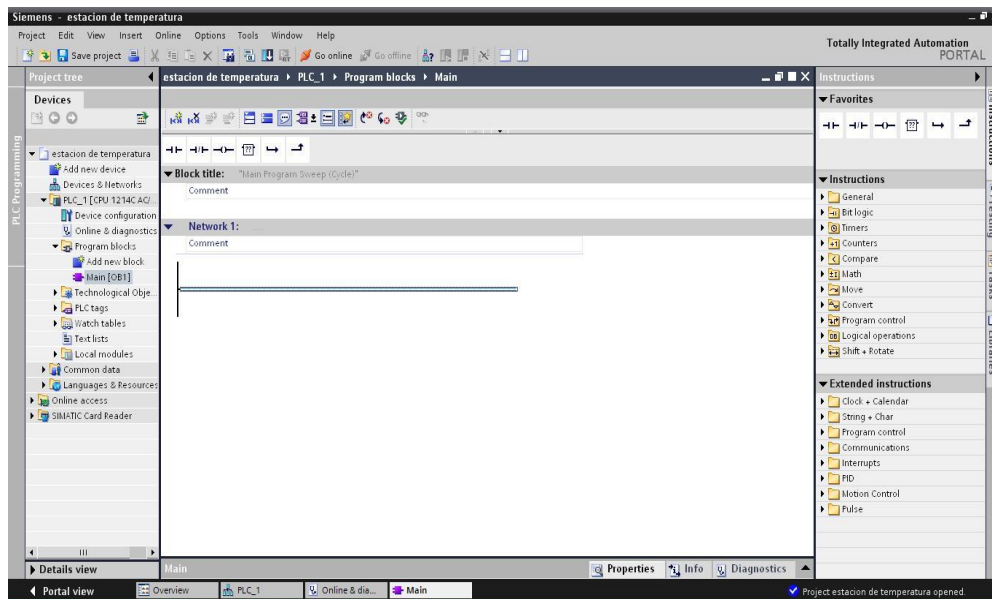
**Figura 3.10** Ventana vista del proyecto  
Realizado por: Paúl Masapanta

A continuación se procede a escoger el tipo de módulo de salidas analógicas. Dar clic en la opción AQ (Analog Output) / AQ2\*14bits / 6ES7 232-4HB30-0XB0, Figura 3.11



**Figura 3.11** Módulo de salidas analógicas  
Realizado por: Paúl Masapanta

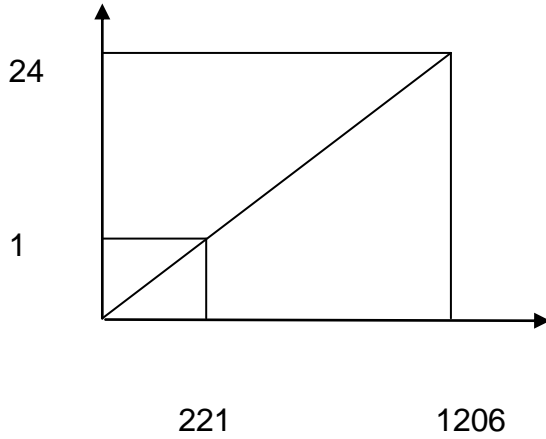
Dar clic en Bloques de programa / Main [OB1], Figura 3.12



**Figura 3.12** Ventana del editor del programa  
Realizado por: Paúl Masapanta

### 3.4.2. Elaboración del Escalamiento

Para determinar el nivel de líquido se usó el método gráfico de la pendiente como se muestra en la Figura 3.13, para luego encontrar la ecuación que sustente a la misma.



$$y = \frac{24-1}{1206-221} x + b$$

$$y = \frac{23}{985} x + b$$

$$b = y - \frac{23}{985} x$$

$$b = 1 - \frac{23}{985} (221)$$

$$b = 1 - \frac{5083}{985}$$

$$b = 1 - 5$$

$$b = -4$$

**Figura 3.13** Gráfica de la pendiente  
Realizado por: Paúl Masapanta

Una vez encontrada la ecuación se procede a implementar los datos obtenidos en el escalamiento para la programación.

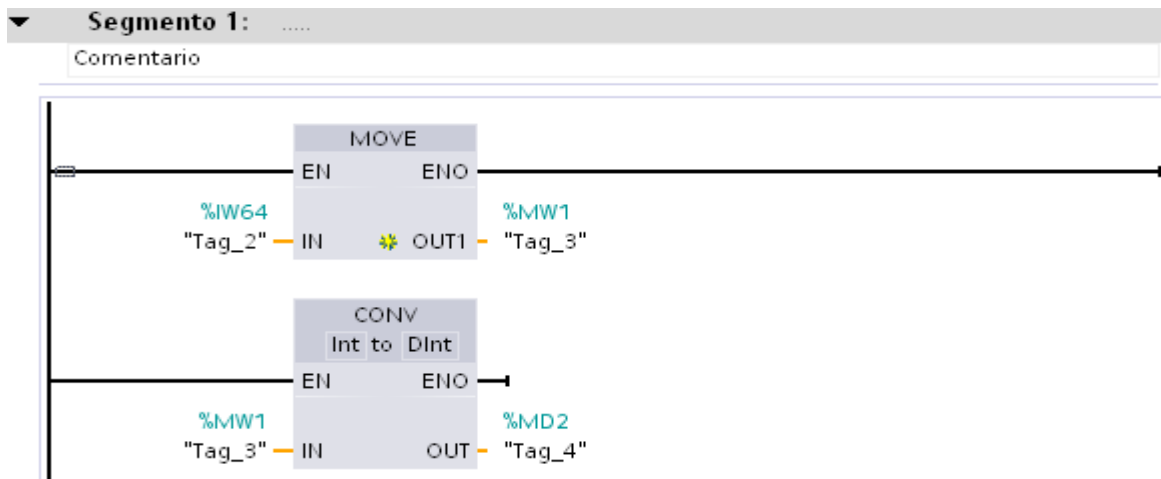
En la estación de nivel cuando da:

$$\text{Valor entrada analógica} \left\{ \begin{array}{l} 24 \text{ cm} = 12065 \\ 1 \text{ cm} = 2210 \end{array} \right.$$



### 3.4.3. Programación para el PLC 1 (esclavo)

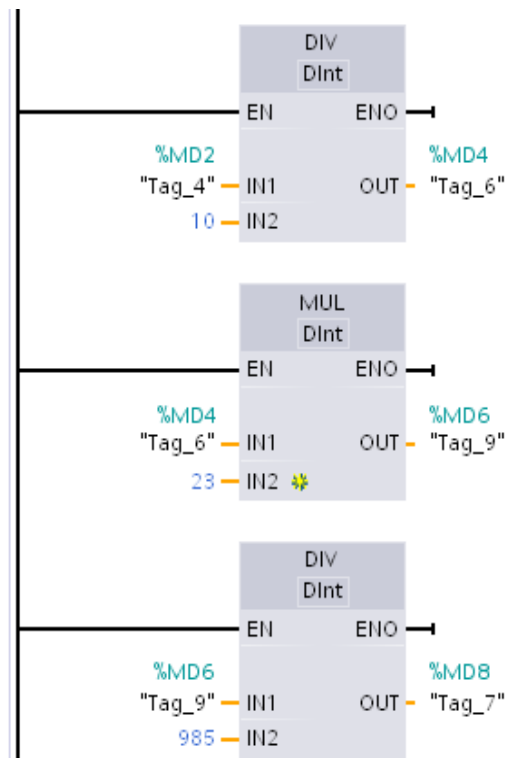
Dar click en la barra de instrucciones en el icono Transferencia escoja la opción MOVE que es una instrucción que transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operador de la salida OUT1 este icono adquiere la señal del sensor de nivel ingrese la variable %IW64 y en OUT1 ingrese la variable %MW1 que representa a un dato entero, para ingresar la instrucción CONV que es la siguiente dar click en Conversión y escoger dicha instrucción que lee el contenido del parámetro IN y lo convierte según los tipos de datos seleccionados el valor convertido se deposita en la salida OUT en este caso la instrucción transforma la variable %MW1 dato entero a doble entero, en la salida OUT asigne la variable %MD2.



**Figura 3.14** Programación de Acciones  
Realizado por: Paúl Masapanta

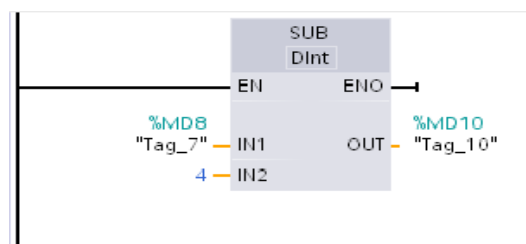
Para ingresar en el panel de trabajo la instrucción DIV dar clic en la barra Funciones Matemáticas, esta función me permite dividir el valor de la entrada IN2 y consultar el cociente en la salida OUT ( $OUT=IN1/IN2$ ). Debido a que el valor de la entrada analógica es 12065 cuando tiene 24 cm en la estación de nivel tiene que dividir para 10 la entrada analógica ya que esta cantidad en el último dígito oscila demasiado es por eso que en IN1 ingrese la variable convertida en doble entero `%MD2` y en IN2 ingrese 10, en OUT ingrese la variable `%MD4` la variable MD representa a un dato doble entero. Para ingresar la barra MUL dar clic en la

misma barra de funciones matemáticas que permite multiplicar el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 OUT (OUT=IN1\*IN2) en IN1 ingrese la variable %MD4 y en IN2 el valor por el que va a ser multiplicado en este caso es 23 y en la salida la variable %MD6. En la siguiente instrucción DIV en IN1 Ingrese la variable %MD6 en IN2 el dato 985 y en OUT la variable %MD8.



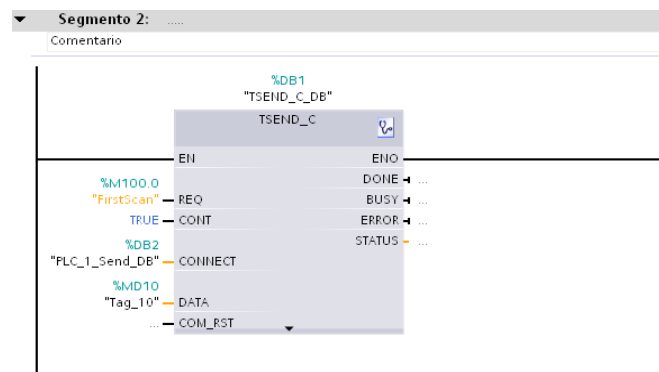
**Figura 3.15** Interfaz de Programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

Dar clic en la barra funciones matemáticas para ingresar la instrucción SUB que permite restar el valor de la entrada IN2 del valor de la entrada IN1 OUT=IN1-IN2 en IN1 ingrese la variable %MD8 y en IN2 ingrese 4 que es el valor por el cual va a ser restado la variable antes asignada y en OUT ingrese la variable %MD10.



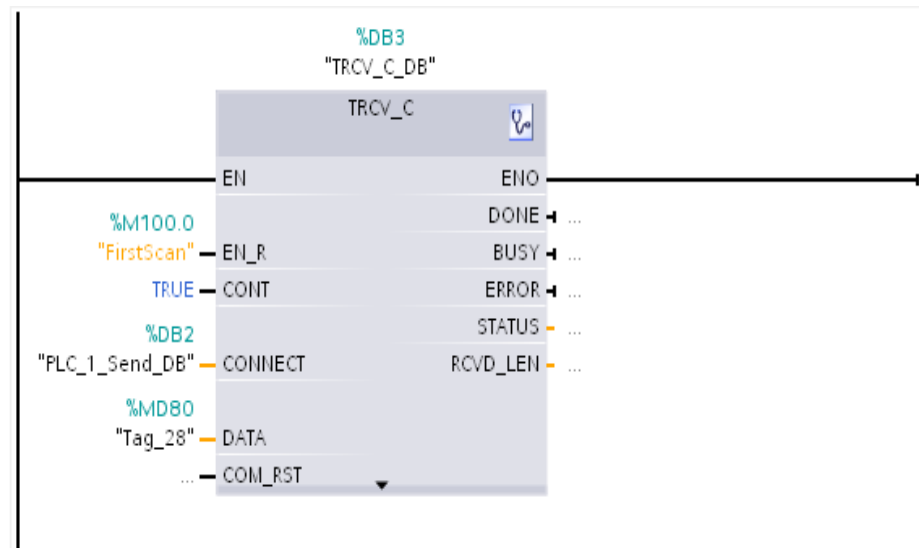
**Figura 3.16** Interfaz de Programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

En el segmento 2 ingrese la siguiente instrucción TSEND\_C que se encuentra en la barra Open User Communication es una instrucción que sirve para enviar datos vía Ethernet (TCP) TSEND\_C configura y establece una conexión TCP, para configurar la conexión se utiliza la descripción de la conexión especificada en el parámetro CONNECT es por esta razón al momento que ingrese la variable %DB2 en CONNECT aparece automáticamente el nombre del PLC al cual va a ser enviado la información en este caso aparece "PLC\_1\_Send\_DB" cuando ingrese la instrucción, en el parámetro CONT aparece false, ingrese la palabra TRUE para establecer la conexión, el parámetro DATA es el área de transmisión que contiene la longitud de datos por enviar ingrese la variable %MD10 y en REQ ingrese %M100.0 que es una marca especial que debe ingresar.



**Figura 3.17** Bloque de comunicaciones  
Realizado por: Paúl Masapanta

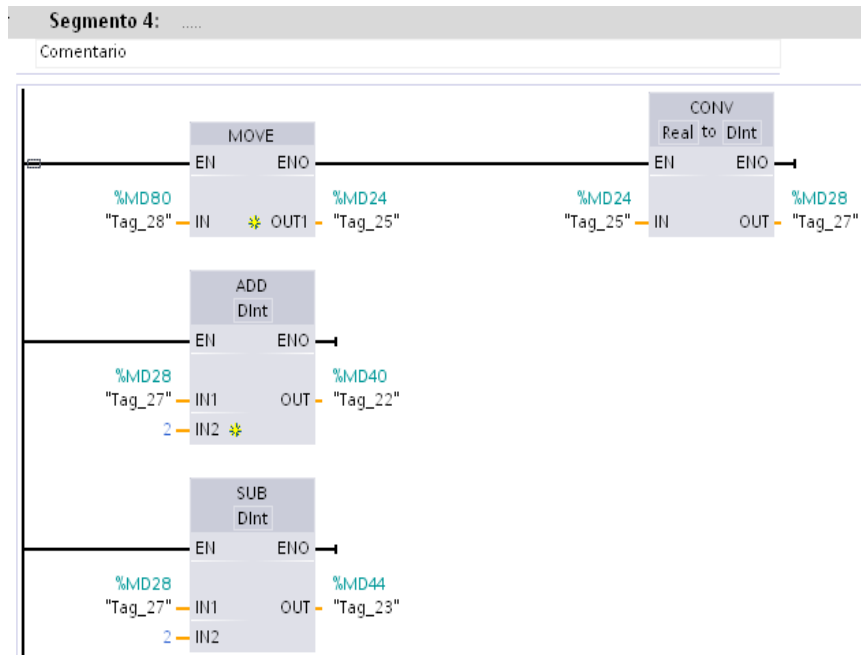
En el segmento 3 ingrese la siguiente instrucción TRCV\_C que se encuentra en la barra Open User Communication es una instrucción que sirve para recibir datos vía Ethernet (TCP). Esta instrucción permite recibir los datos enviados vía Ethernet por la instrucción anterior en el parámetro CONNECT ingrese %DB2 igualmente aparece el nombre del PLC que va a recibir la información en CONT ingrese TRUE para establecer la conexión en el parámetro EN\_R ingrese la marca especial %M100.0 en DATA se recibe la información enviada asígnele la variable %MD 80 que es un dato Real.



**Figura 3.18** Bloque de comunicaciones  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

La instrucción MOVE del segmento 4 representa a la adquisición de señales del sensor de nivel en IN ingrese la variable %MD80 porque es la última variable que fue asignada cuando TSEND\_C envió la información y en OUT ingrese %MD24, después ingrese una instrucción CONV que va a convertir la información de Real a Doble entero en IN asigne %MD24 y OUT asigne %MD28 a continuación va utilizar las instrucciones ADD, SUB estas permiten subir 2cm del SET POINT y bajar 2cm del SET POINT en la estación de nivel estas instrucciones están en la barra de Funciones Matemáticas ADD es una instrucción que suma el valor de la entrada IN1 al valor de la entrada IN2 ( $OUT=IN1+IN2$ ).

En la instrucción ADD en IN1 ingrese la variable %MD28 en IN2 ingrese 2 y en la salida OUT asigne %MD40 en la instrucción SUB en la entrada IN1 asignele %MD28 en IN2 2 y a la salida OUT asignele %MD44.

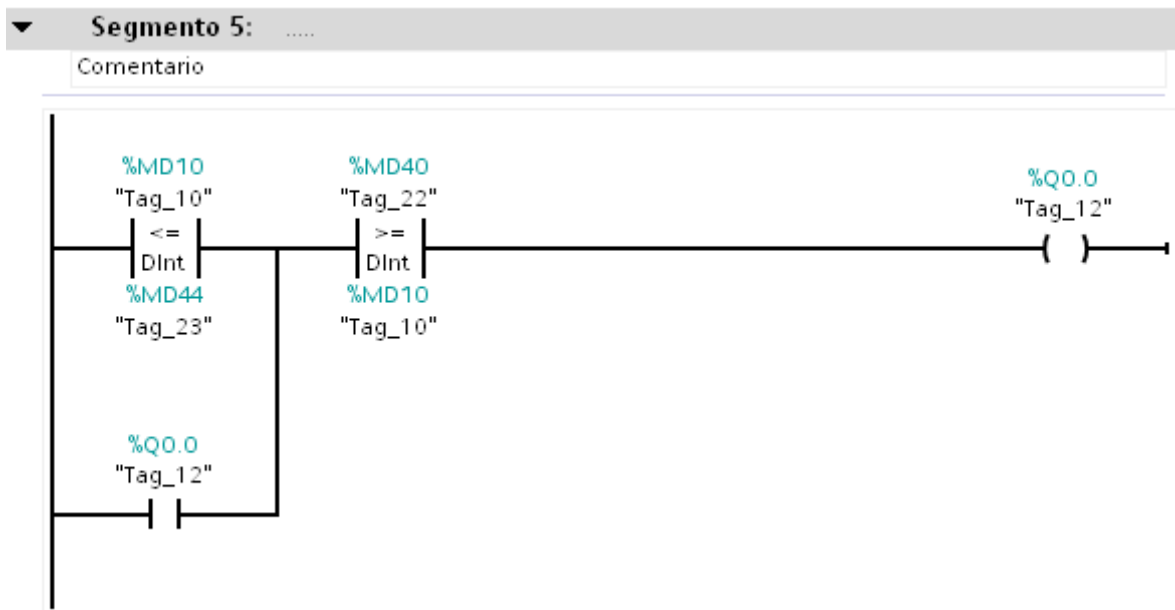


**Figura 3.19** Interfaz de programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

En el segmento 4 la siguiente programación representa al Control ON-OFF con una ventana de histéresis de 2. Al primer contacto NA le va asignar la instrucción CMP<= que es menor o igual que se encuentra en la barra de instrucciones COMPARADORES esta instrucción permite consultar si el primer valor de comparación (Operando 1) es menor o igual al segundo (Operando 2) ambos valores de comparación deben ser del mismo tipo de datos para este caso los valores son doble enteros, para el segundo contacto ingrese la instrucción CMP>= mayor o igual permite consultar si el primer valor de comparación (Operando 1) es mayor o igual al segundo (Operando 2) ambos valores de comparación deben ser del mismo tipo de datos.

Al primer contacto en la parte superior se asigna la variable %MD10 y en la parte inferior ingrese la variable %MD44. Al segundo contacto en la parte superior asigne la variable %MD40 y en la parte inferior ingrese la variable %MD10.

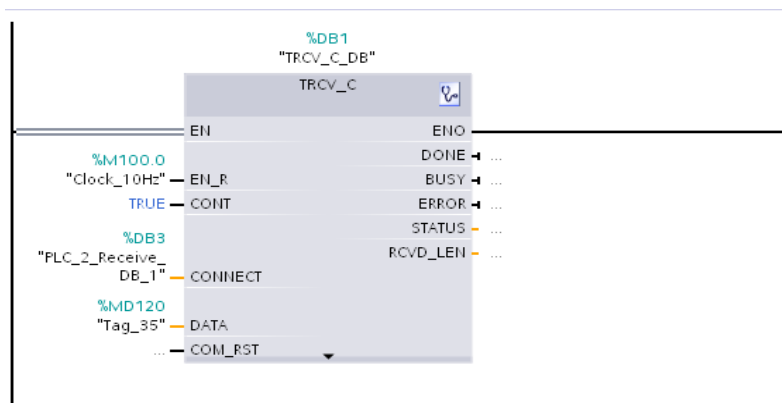
Ingrese una salida %Q0.0 que se activará cuando las condiciones de los contactos se cumpla.



**Figura 3.20** Interfaz de programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

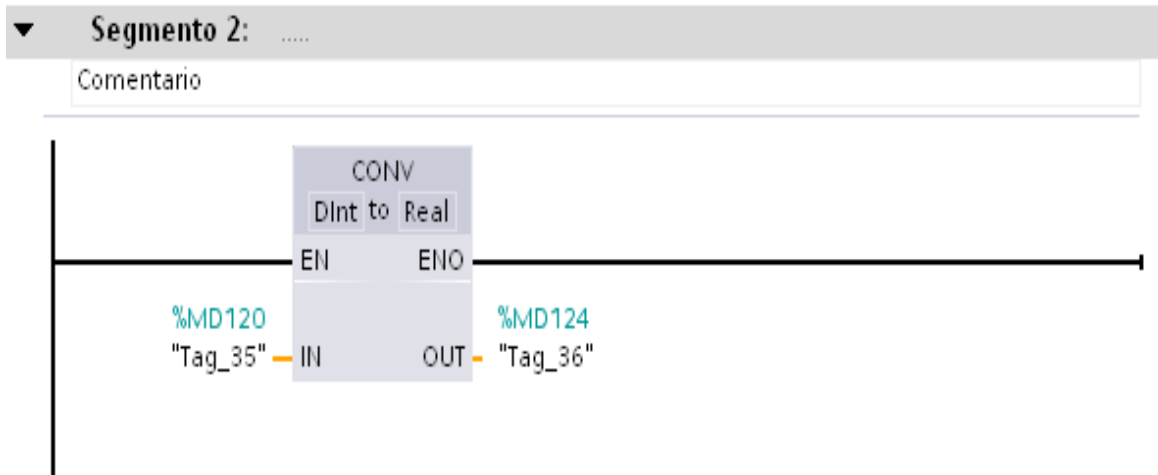
### 3.4.4. Programación para el PLC 2 (maestro)

En el segmento 1 ingrese la siguiente instrucción TRCV\_C es una instrucción que sirve para recibir datos vía Ethernet (TCP), en el parámetro CONNECT ingrese la variable %DB2 y aparece el nombre del PLC que va a recibir la información en este caso aparece "PLC\_2\_Receive" en el parámetro CONT ingrese TRUE para establecer la conexión en el Parámetro EN\_R ingrese la marca especial %M100.0 en DATA se recibe la información envíele la variable %MD 120 que es un dato Real.



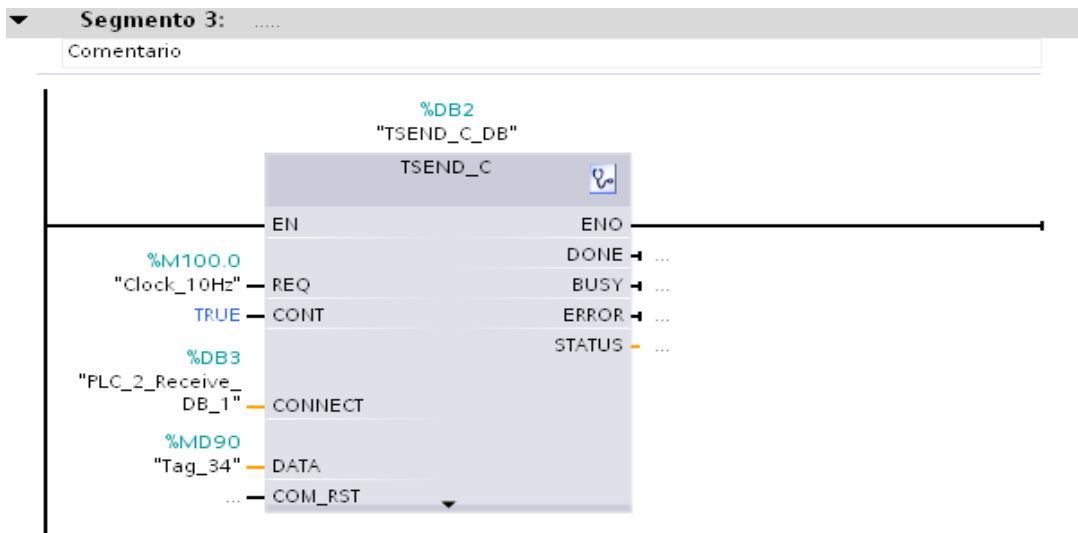
**Figura 3.21** Bloque de comunicaciones  
Realizado por: Paúl Masapanta

Ingrese la instrucción CONV, que lee el contenido del parámetro IN y lo convierte según los tipos de datos seleccionados el valor convertido se deposita en la salida OUT en este caso la instrucción transforma la variable %MD120 que es la variable del bloque anterior de dato doble entero a Real, en la salida OUT asigne la variable %MD124.



**Figura 3.22** Icono CONVER  
Realizado por: Paúl Masapanta

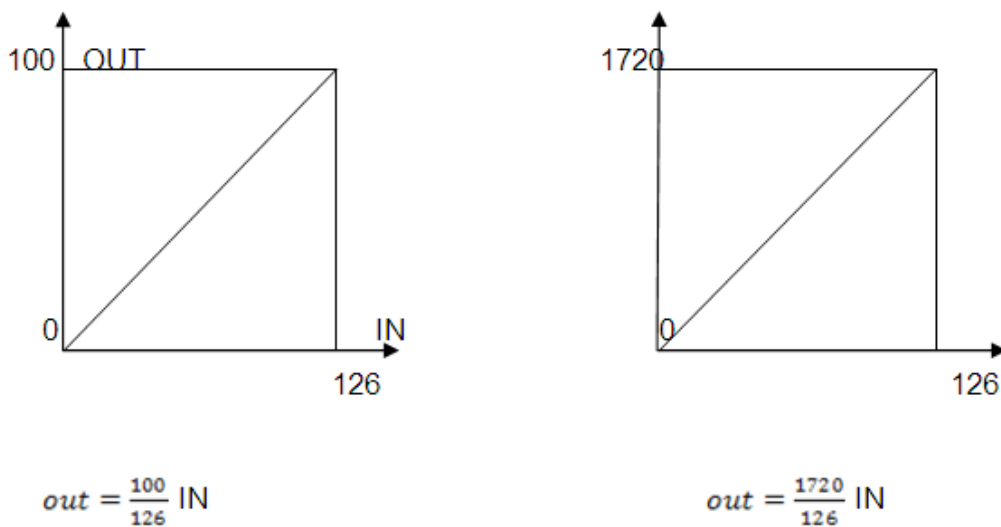
En el segmento 3 ingrese la siguiente instrucción TSEND\_C es una instrucción que sirve para enviar datos vía Ethernet (TCP) TSEND\_C, para configurar la conexión se utiliza la descripción de la conexión especificada en el parametro CONNECT es por esta razón al momento que ingrese la variable %DB2 en CONNECT aparece automáticamente el nombre del PLC al cual va ha ser enviado la información en nuestro caso aparece "PLC\_2\_Send\_DB" cuando ingrese la instrucción, en el parámetro CONT aparece false, ingrese la palabra TRUE para establecer la conexión, el parámetro DATA es el área de transmisión que contiene la longitud de datos por enviar, ingrese la variable %MD90 y en REQ ingrese %M100.0 que es una marca especial que debe ingresar.



**Figura 3.23** Icono TSEND  
Realizado por: Paúl Masapanta

### 3.4.4.1. Elaboración del Escalamiento

Para determinar el nivel de velocidad del motor se usó el método gráfico de la pendiente como se muestra en la Figura 3.24 Para luego encontrar la ecuación que sustente a la misma.

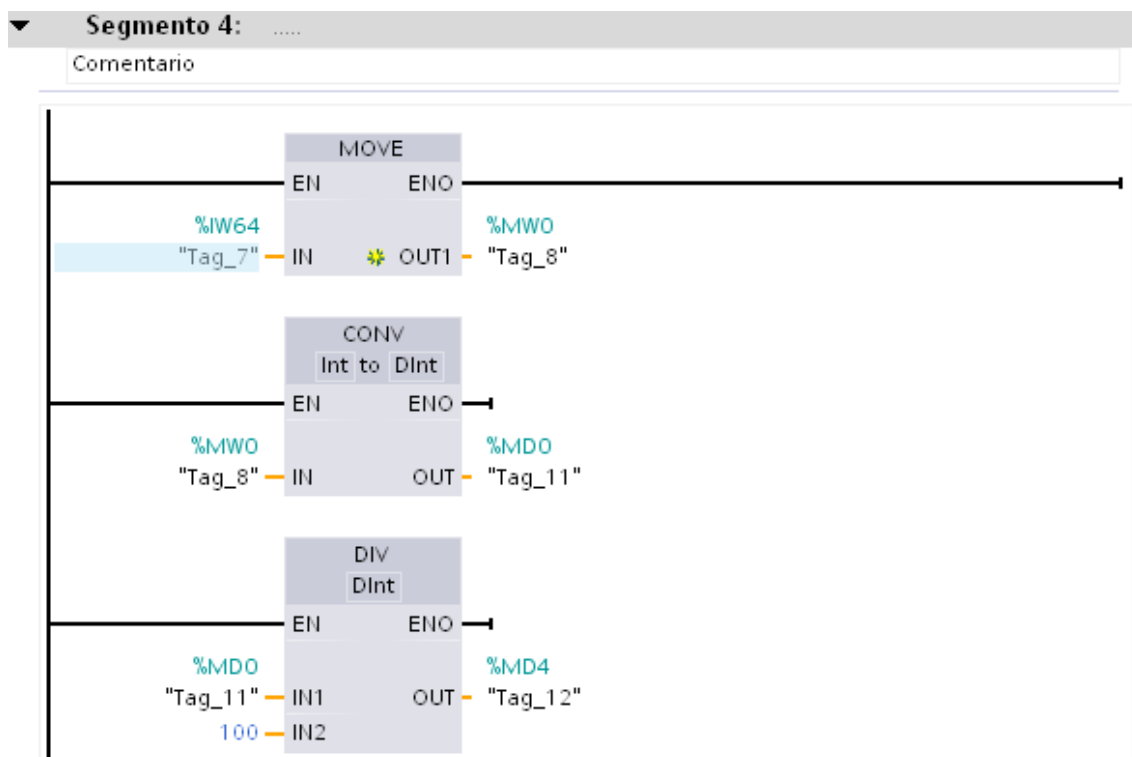


**Figura 3.24** Pendiente  
Realizado por: Paúl Masapanta



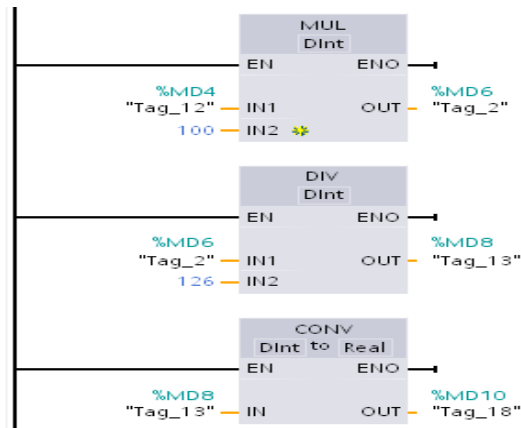
Cuando el giro del motor es al 100% el SET POINT es 27800.

En el segmento 4 ingrese la instrucción MOVE, en la entrada IN ingrese la variable %IW64 y a la salida OUT la variable %MW0, después convierta el dato entero de la variable %MW0 a dato doble entero utilizando la instrucción CONV a la salida de esta instrucción ingrese la variable %MD0 ya convertido en un dato doble entero. Ingrese la instrucción DIV que va a dividir %MD0 para 100 y en la salida ingrese la variable %MD4.



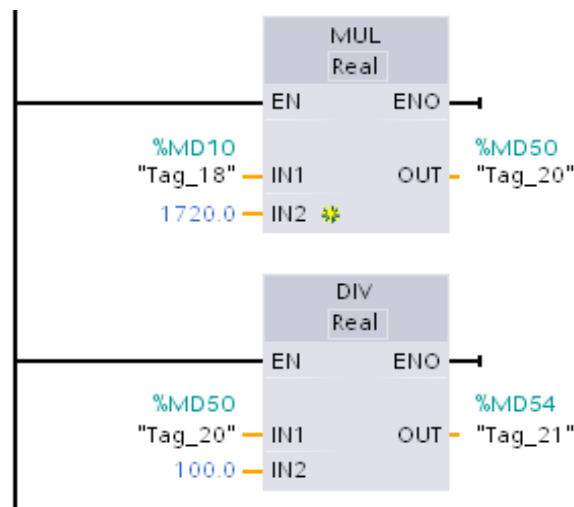
**Figura 3.25** Interfaz de programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

Mediante la instrucción MUL la información de la variable %MD4 que es ingresada en IN1y en IN2 ingrese 100 el valor por el que se va a multiplicar y a la salida ingrese la variable %MD6 estos son datos doble entero en la instrucción DIV, en IN1 ingrese %MD6, en IN2 ingrese 126 el valor por el cual va a ser dividido y a la salida ingrese %MD8, esta variable transforme de dato doble entero a Real utilizando CONV y a la salida de esta instrucción ingrese la variable %MD10.



**Figura 3.26** Interfaz de programación  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

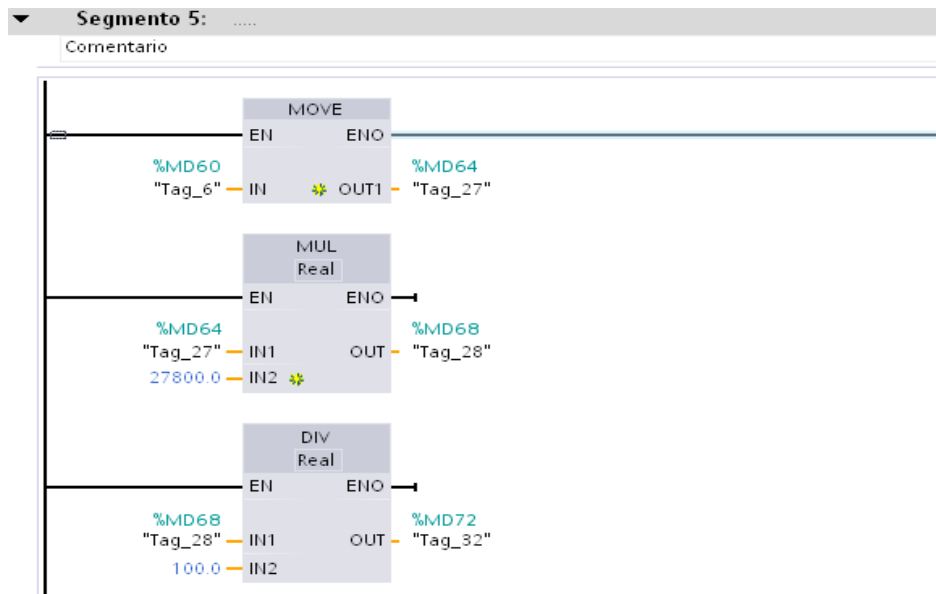
El dato real convertido %MD10 va a multiplicar por 1720 que son revoluciones máximas que llega el motor utilizando la instrucción MUL y a la salida de esta instrucción ingrese la variable %MD50 y esta variable divide para 100 utilizando DIV y a la salida ingrese la variable %MD54.



**Figura 3.27** Interfaz de programación  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

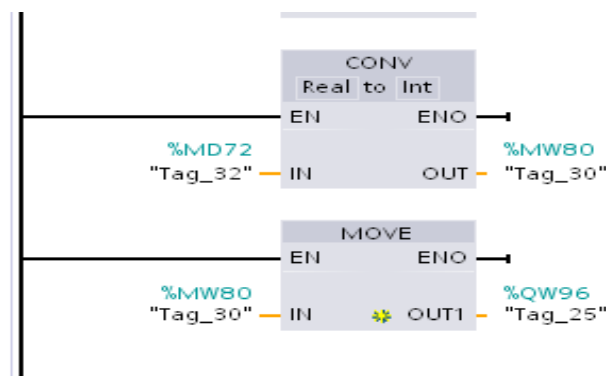
La instrucción MOVE que está en el segmento 5 es un operador que transfiere el valor de origen, en la entrada IN ingrese la variable %MD60 que es un dato Real y a la salida OUT la variable %MD64, utilizando la instrucción MUL la variable %MD64 va a multiplicar por 27800 que es el SET POINT que llega cuando el giro del motor es al 100% a la salida ingrese la variable %MD68 a esta variable va a

dividir para 100 utilizando la instrucción DIV y a la salida de la instrucción coloque la variable %MD 72 estos son datos Real.



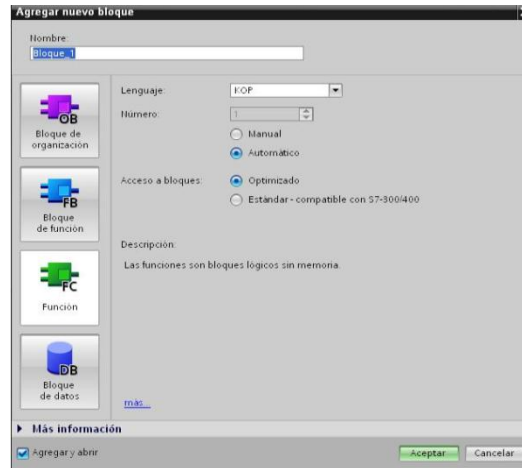
**Figura 3.28** Interfaz de programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

El dato real de la variable %MD72 del resultado de la división anterior transforme de Real a Entero utilizando la instrucción CONV y a la salida de esta instrucción OUT ingrese la variable %MW80 que es un dato entero y en la instrucción MOVE a la entrada IN ingrese la variable %MW80 y a la salida OUT ingrese la variable %QW96.



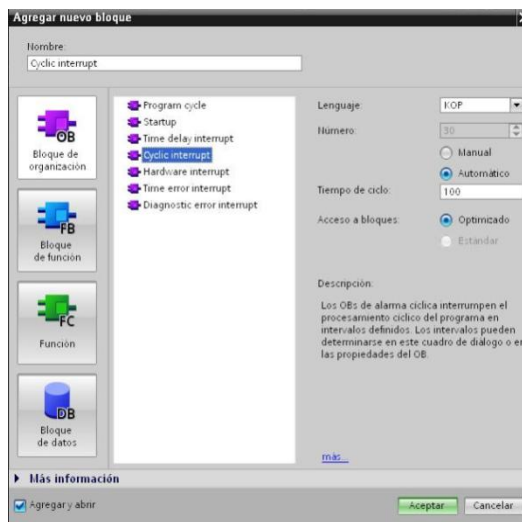
**Figura 3.29** Interfaz de programación  
Realizado por: Paúl Masapanta

Para el control PID deberá crear un nuevo bloque. Proceda a dar doble clic en el icono Agregar nuevo bloque, y aparece una ventana para escoger el tipo de bloque que se necesite.



**Figura 3.30** Ventana para agregar bloque PID  
Realizado por: Paúl Masapanta

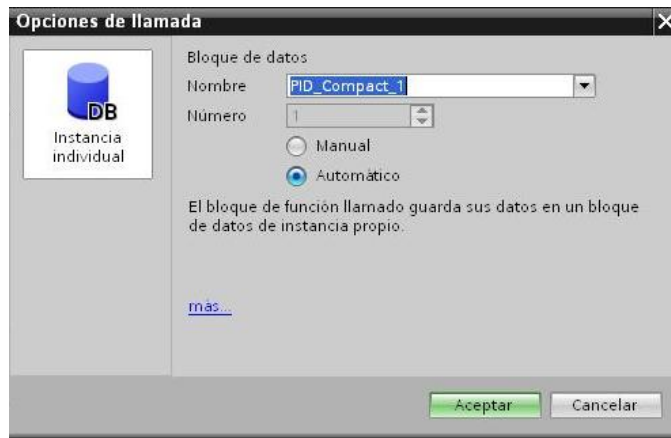
Dar doble clic en opción Bloque de organización (OB), y escoger Cyclic interrupt, los Bloques de programa de alarma cíclica interrumpen el procesamiento cíclico del programa en intervalos definidos y finalmente se presiona Aceptar.



**Figura 3.31** Ventana para añadir un nuevo Cyclic interruptor  
Realizado por: Paúl Masapanta

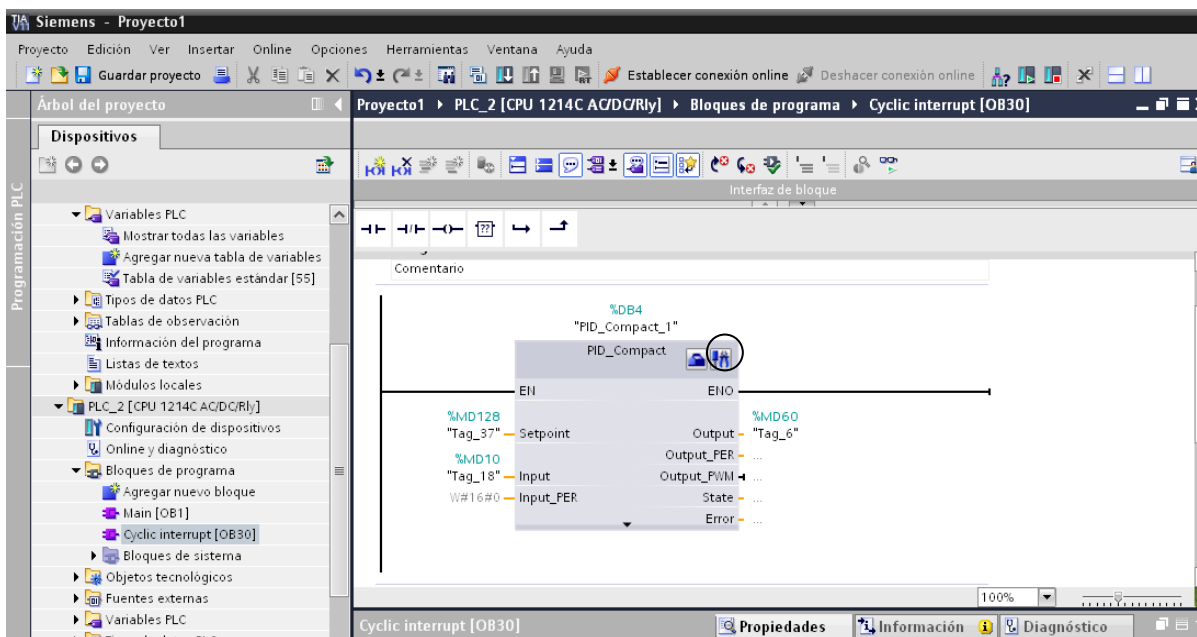
Una vez creado el nuevo bloque se procede a dar clic en la barra de extensión de instrucciones en el icono PID Control / Compact PID / PID\_Compact, a

continuación aparece una ventana con opciones para escoger el tipo de PID deseado.



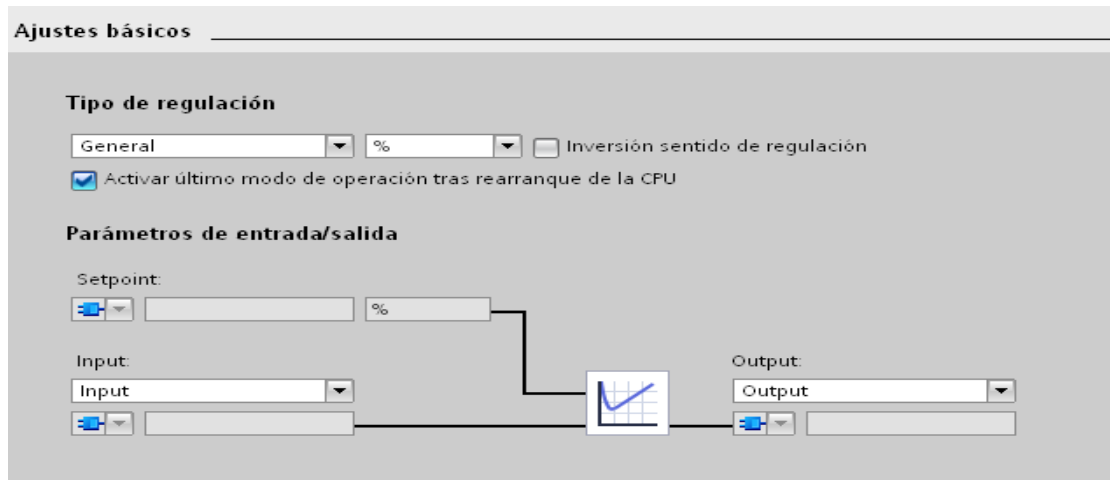
**Figura 3.32** Ventana opciones de llamada  
Realizado por: Paúl Masapanta

Una vez escogido el tipo de PID deseado se arrastra al Segmento 1 del Cyclic interrupt. Luego se procede a llenar los siguientes parámetros:



**Figura 3.33** Control PID  
Realizado por: Paúl Masapanta

Este módulo de salidas analógicas va a permitir realizar el control PID que se encuentra en el icono Ciclic interrupt a continuación dar click en el icono que se muestra en el círculo de la Figura 3.33, para abrir el editor de configuración se procede a escoger los parámetros básicos deseados en este caso el tipo de control deseado es General y la opción %.



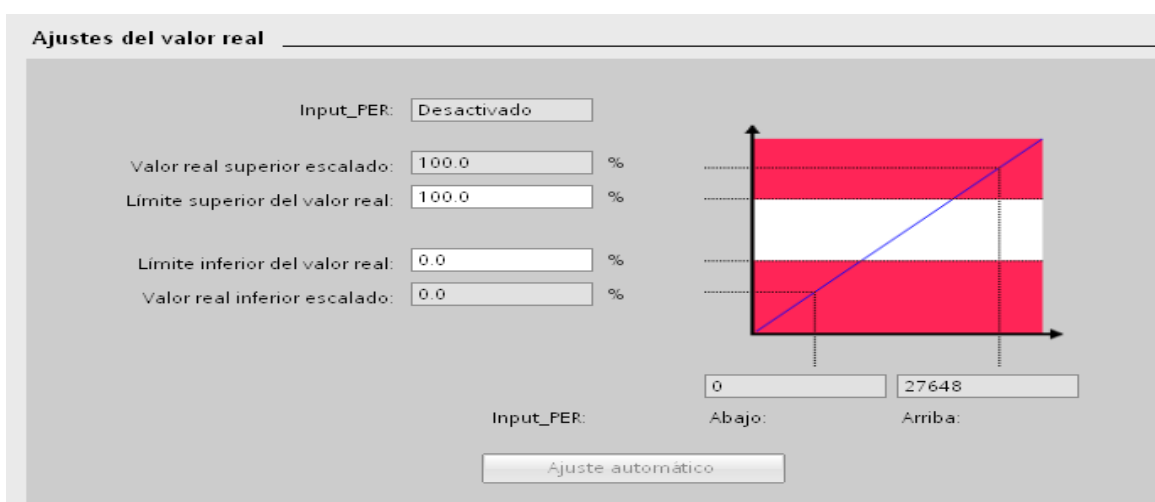
**Figura 3.34** Ventana de parámetros  
Realizado por: Paúl Masapanta

A continuación se procede a escoger la entrada para el escalamiento deseado:

Valor de escala máxima: 100

Límite máximo: 100

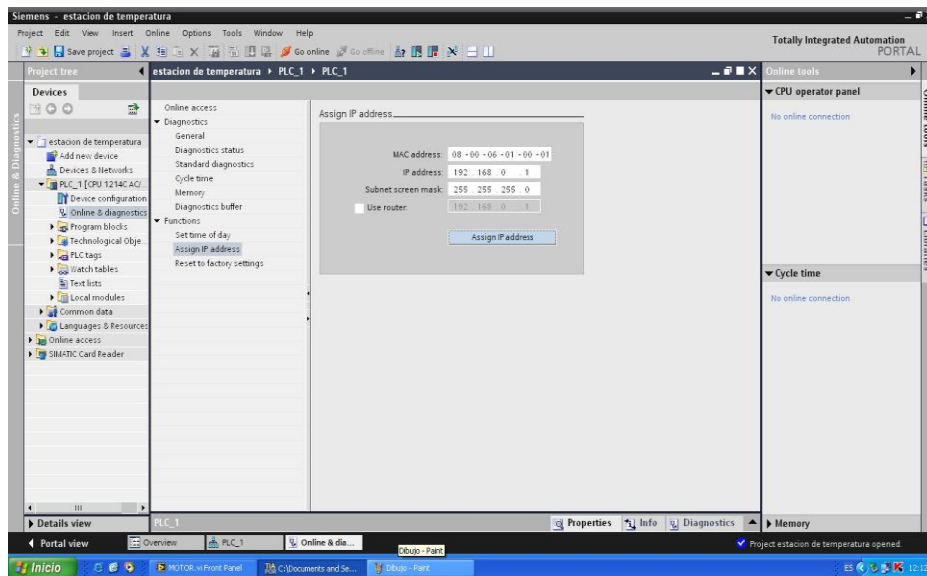
Límite inferior: 0.0




**Figura 3.35** Ventana para entrada de escalamiento  
Realizado por: Paúl Masapanta

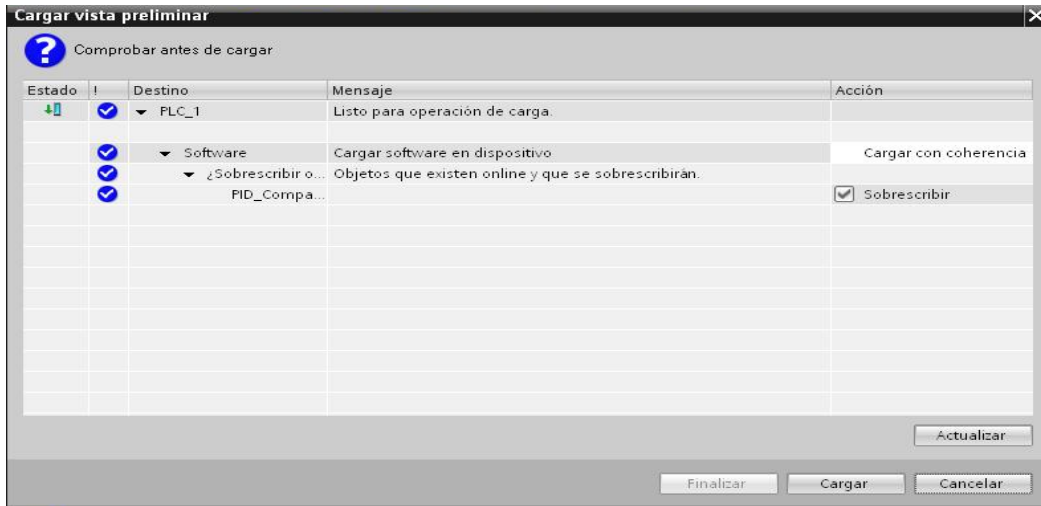
Una vez realizada la programación se procede a cargar el programa en el PLC y Módulo de Salidas Analógicas.

En el árbol de proyecto dar clic en la opción del PLC seleccionado / Online & diagnóstico, en la ventana que aparece se procede a dar clic en la opción funciones y escoger Asignar dirección IP, luego se procede a verificar que los parámetros establecidos sean los deseados y finalmente se da clic en asignar dirección IP.



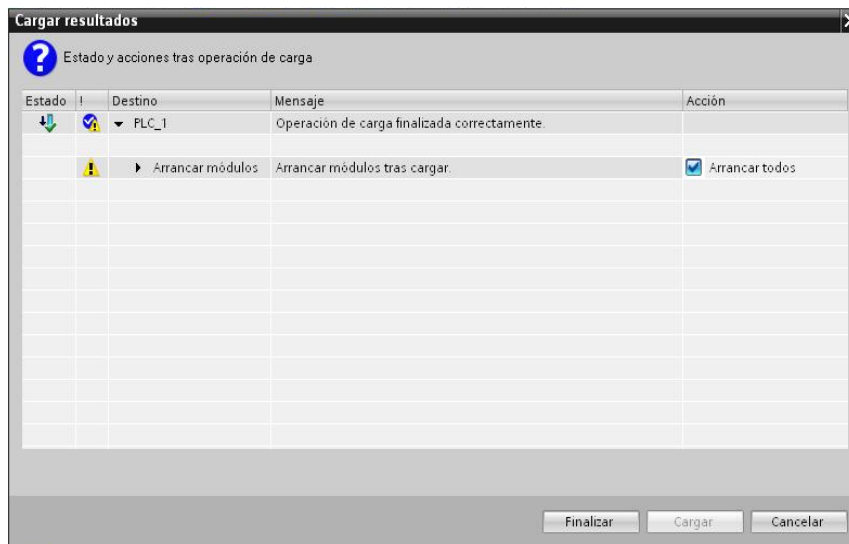
**Figura 3.36** Ventana para la asignación del IP  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Una vez asignada la dirección IP se procede a dar clic en la opción módulos locales, en la ventana de TIA Portal se encuentra el icono  al hacer clic aparece una nueva ventana donde se muestra la vista preliminar antes de proceder a cargar el software al dispositivo, después se procede a dar clic en cargar.



**Figura 3.37** Ventana cargar vista preliminar  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

A continuación aparece una nueva ventana donde se muestra el estado y acciones tras operación de carga, una vez que la operación de carga finaliza correctamente se selecciona la opción Arrancar módulos / Arrancar módulos tras cargar / Arrancar todos y finalmente se procede a dar clic en finalizar.

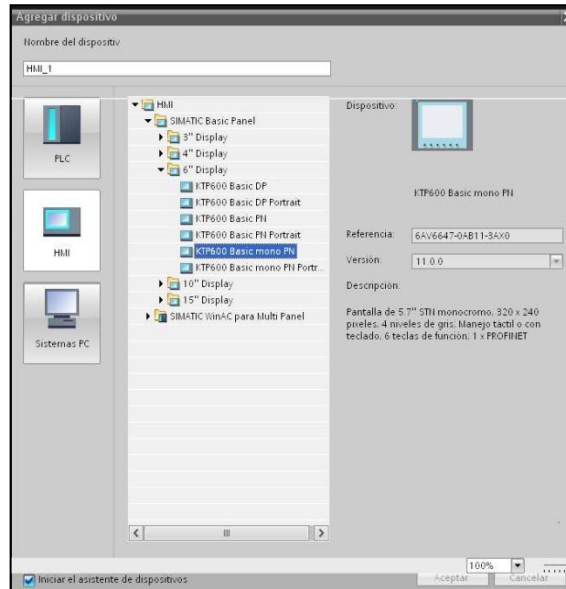


**Figura 3.38** Ventana de cargar resultados  
**Realizado por:** Paúl Masapanta



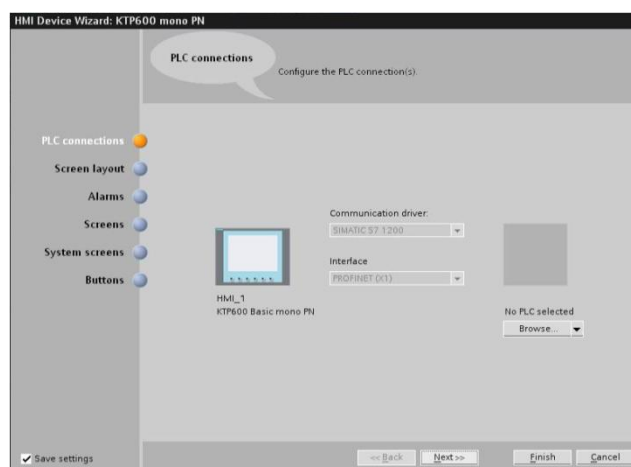
### 3.5. Elaboración de un nuevo programa para un HMI

Dar click en agregar dispositivo / HMI / SIMATIC Basic Panel / 6 "Display / KTP600Basic mono PN.



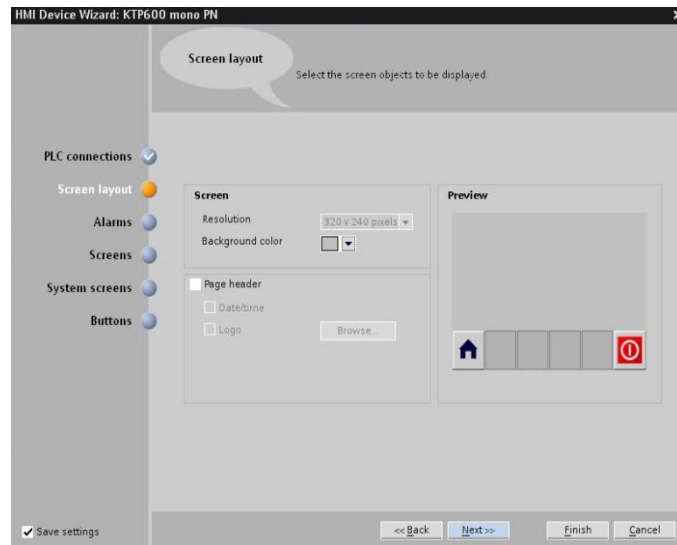
**Figura 3.39** Ventana para agregar dispositivo  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

A continuación aparece una nueva ventana con el tipo de dispositivo seleccionado para realizar la configuración deseada. En la opción PLC connections (conexiones del PLC) se procede a verificar que el driver de comunicación (Communication driver) y la interface sean las deseadas y se da clic en next (siguiente).



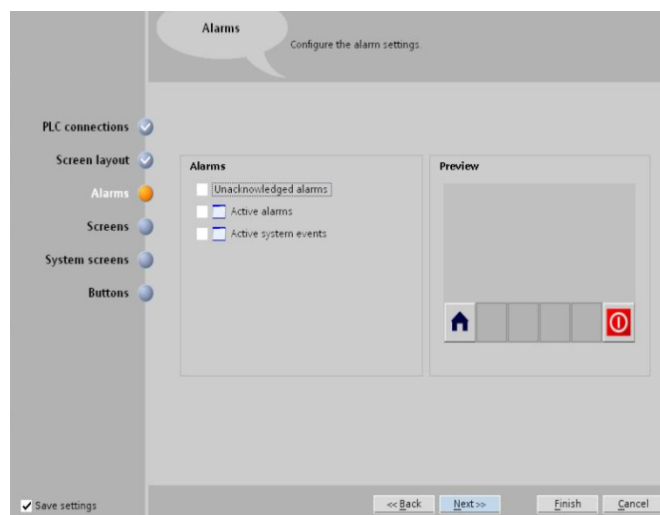
**Figura 3.40** Ventana para configuración de conexiones con el PLC  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Luego en la opción Screen layout (diseño de pantalla) se procede a seleccionar los objetos de pantalla deseados y se da clic en next (siguiente).



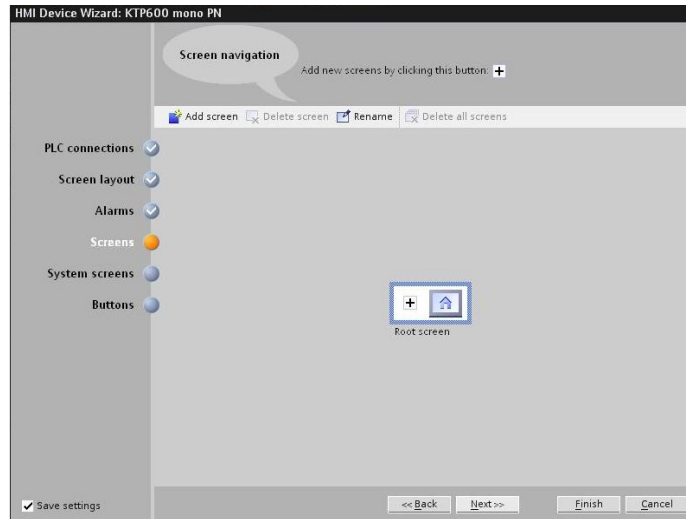
**Figura 3.41** Diseño de la pantalla  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

En la misma ventana se selecciona la opción Alarms (alarmas) para configurar alarmas si se desea, después se procede a dar clic en next (siguiente).



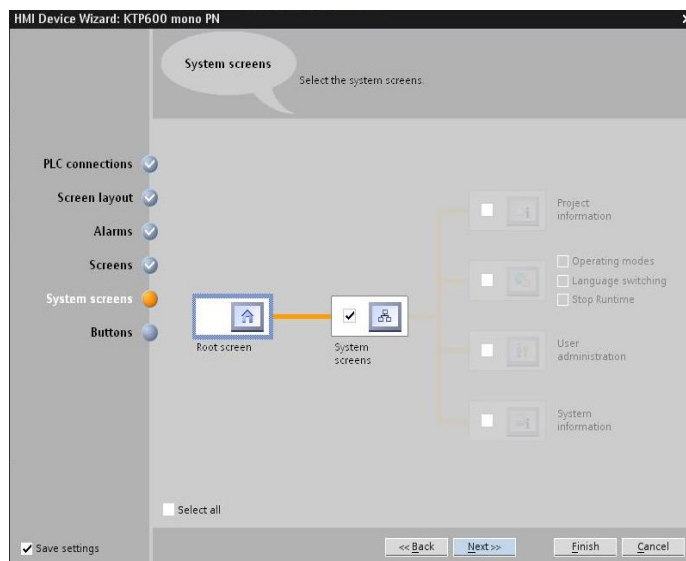
**Figura 3.42** Ventana para configuración de las alarmas  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Luego se selecciona la opción Screens (pantallas) para añadir el número de pantallas deseadas, una vez escogido el número de pantallas se procede a dar clic en next (siguiente).



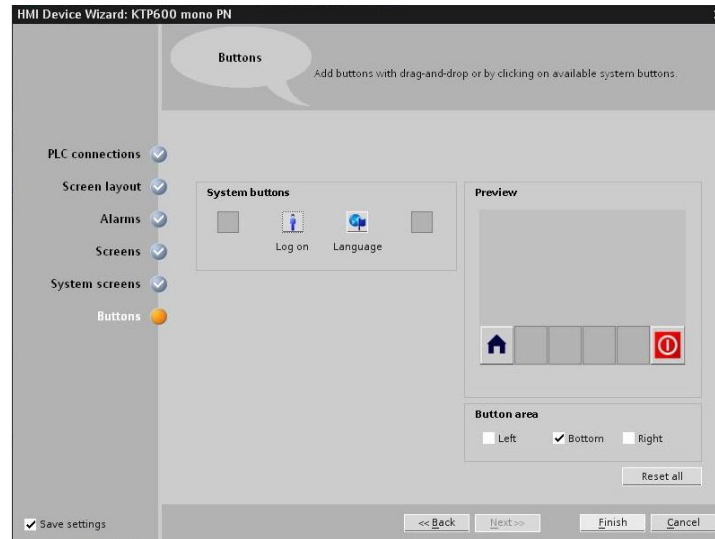
**Figura 3.43** Navegación de pantalla  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Una vez seleccionado el número de pantallas se procede a dar clic en la opción Systems creens (sistema de pantallas) para seleccionar el sistema de pantallas deseado y luego se da clic en next (siguiente).



**Figura 3.44** Ventana diseño de pantallas  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

A continuación en la opción Buttons (botones) se procede a configurar los botones deseados y finalmente se da clic en la opción finish (finalizar).



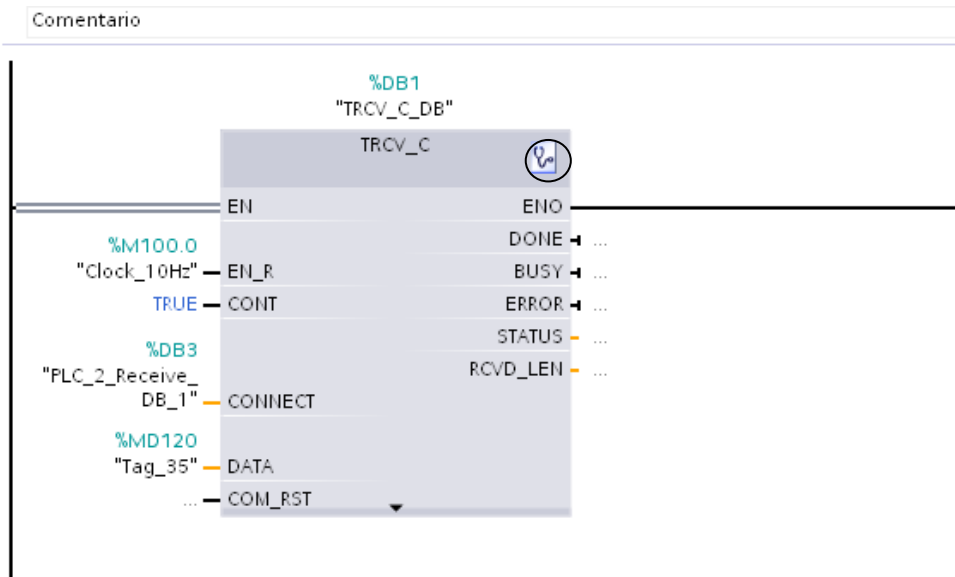
**Figura 3.45** Ventana diseño de pantallas  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Una vez realizado este procedimiento finalmente se muestra una nueva pantalla para agregar en ella los objetos deseados.



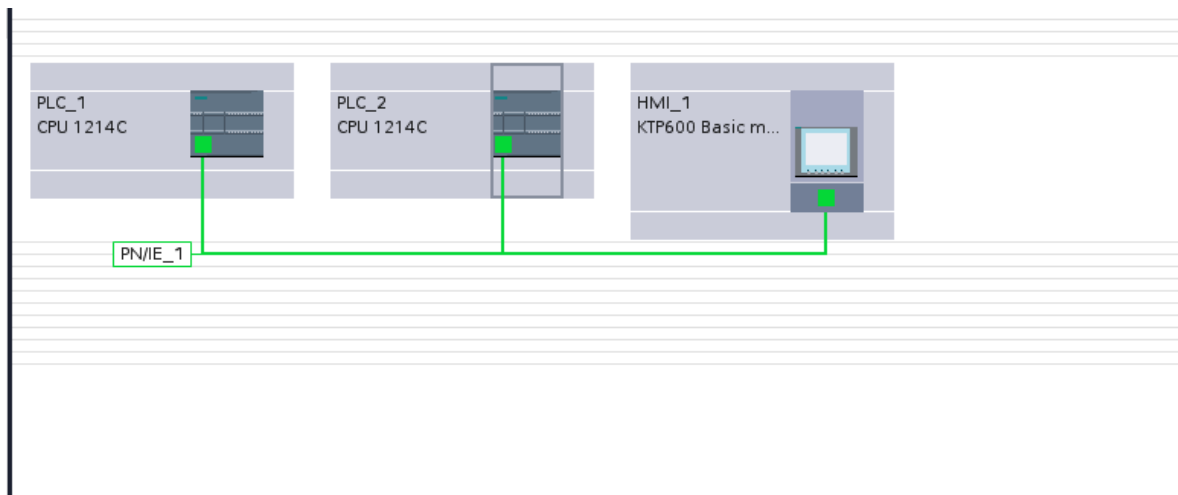
**Figura 3.46** Interfaz de programación  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Para que pueda verificar si los PLC's están conectados en red junto con la HMI podrá comprobar dando click en el círculo que se indica en la Figura 3.47.



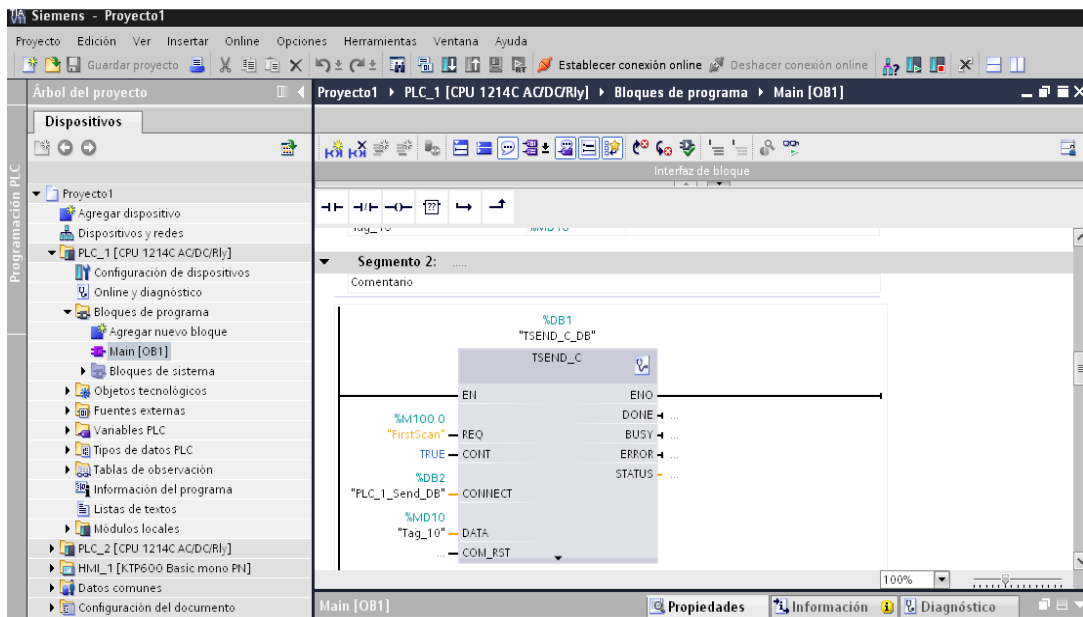
**Figura 3.47** Comprobación red con HMI  
Realizado por: Paúl Masapanta

Aparecerá una ventana que le mostrará de forma gráfica la red



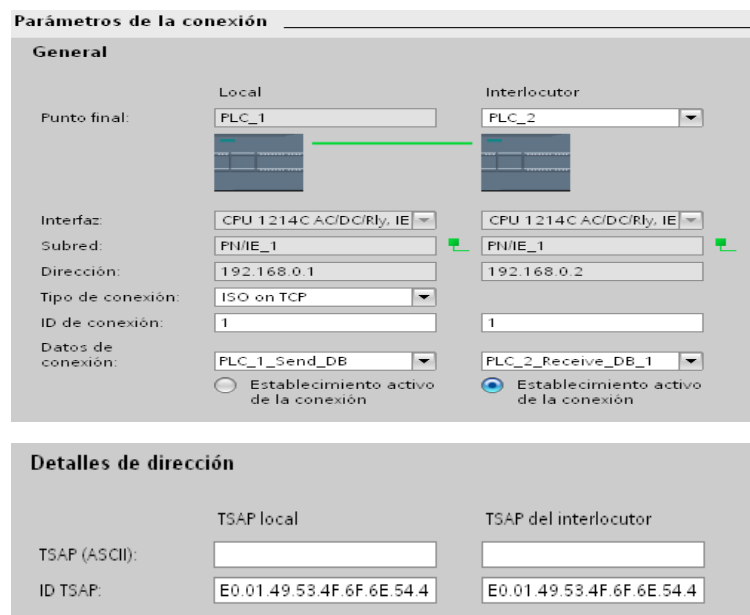
**Figura 3.48** Verificación de la red  
Realizado por: Paúl Masapanta

Para la verificación de la red entre los PLC realice lo siguiente sitúese en el segmento 2 de la programación PLC 1 esclavo y visualice la instrucción TSEND\_C\_DB y de clic en PROPIEDADES.



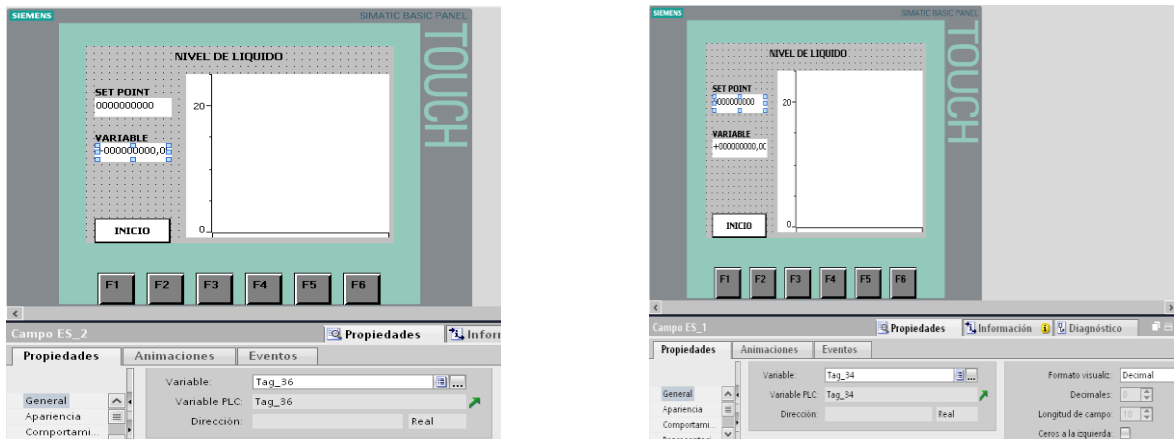
**Figura 3.49** Verificación de la red  
Realizado por: Paúl Masapanta

A continuación aparece la siguiente ventana con los datos de cada uno de los PLC existentes en la Red en este caso como se indica en el icono Datos de conexión el PLC\_1\_Send\_DB está conectado con el PLC\_2\_Received\_DB. El PLC 1 esclavo envía la información al PLC 2 maestro



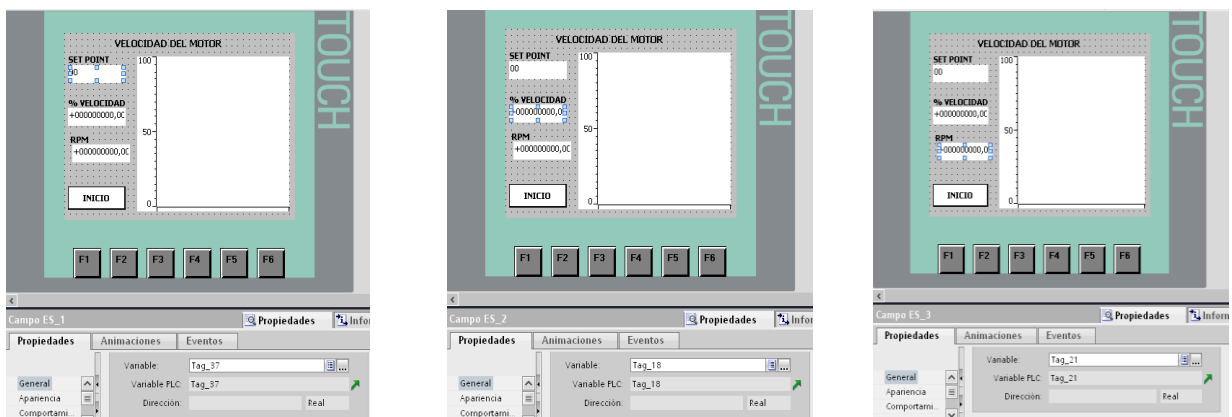
**Figura 3.50** Verificación de la red  
Realizado por: Paúl Masapanta

Para la asignación de variables en el campo donde se visualizará las diferentes señales que envían los equipos cuando están en su funcionamiento se deberá cargar las variables en dirección real y dichas variables están en la tabla de variables estándar.



**Figura 3.51** Ventana de asignación de variables en el HMI  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Como puede observar en la Figura 3.51 la variable para el icono SET POINT es la Tag\_34 y su dirección es real igualmente para el icono VARIABLE es la Tag\_36 y su dirección es real.

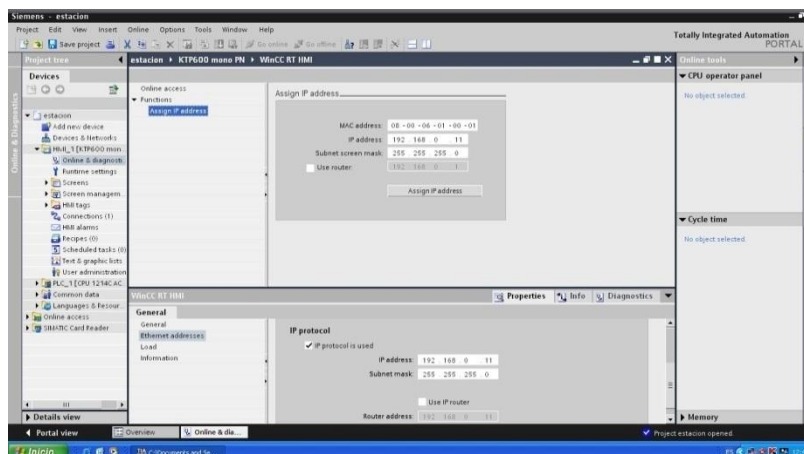


**Figura 3.52** Ventana de asignación de variables en el HMI  
**Realizado por:** Paúl Masapanta


En la Figura 3.52 observa que las variables para el SET POINT, % VELOCIDAD, RPM, son las siguientes Tag\_37, Tag\_18, Tag\_21 respectivamente y todas se encuentran en dirección Real.

Una vez realizado el programa se realiza a cargar la programación en la touch panel

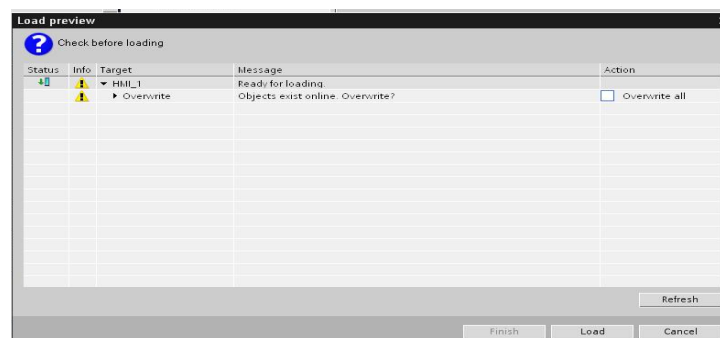
En el árbol de proyecto dar clic en la opción HMI\_1 [KTP mono Basic] / Online & diagnostics / WinCC RT HMI, en la ventana que aparece se procede a dar clic en la opción dirección Ethernet, luego se procede a verificar que los parámetros establecidos sean los deseados y finalmente se da clic en asignar protocolo IP.



**Figura 3.53** Ventana para la asignación del IP  
Realizado por: Paúl Masapanta

Una vez asignado el protocolo IP se procede a dar clic en el icono  para cargar el programa del HMI al Touch Panel.

A continuación aparece una nueva ventana donde se muestra que los datos previos a transferirse, después se selecciona cargar y finalmente se procede a dar clic en finalizar.



**Figura 3.54** Ventana para la transferencia en el HMI  
Realizado por: Paúl Masapanta



### 3.6. Pruebas y análisis de resultados

Cuando se haya realizado el control PID entre el PLC 1 y el motor trifásico se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento desde la PC para después cargar los parámetros deseados.

Para sintonizar el control PID se da click en el icono señalado en la Figura 3.55



**Figura 3.55** Ventana de asignación de variables en el HMI  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

Par realizar los ajustes del control PID, donde aparece una pantalla y existe un icono denominado start tuning y dar click en ese icono y empezara a sintonizar el set point asignado.

En la Figura 3.56 se detalla cómo se va sintonizando el SET POINT asignado, también observará las variaciones de señal de entrada y salida y el set point. La prueba se realizó con un SET POINT de 40.



**Figura 3.56** Señal oscilatoria con el Set Point de 40  
**Realizado por:** Paúl Masapanta



Figura 3.57 Señal oscilatoria con el Set Point de 40  
Realizado por: Paúl Masapanta

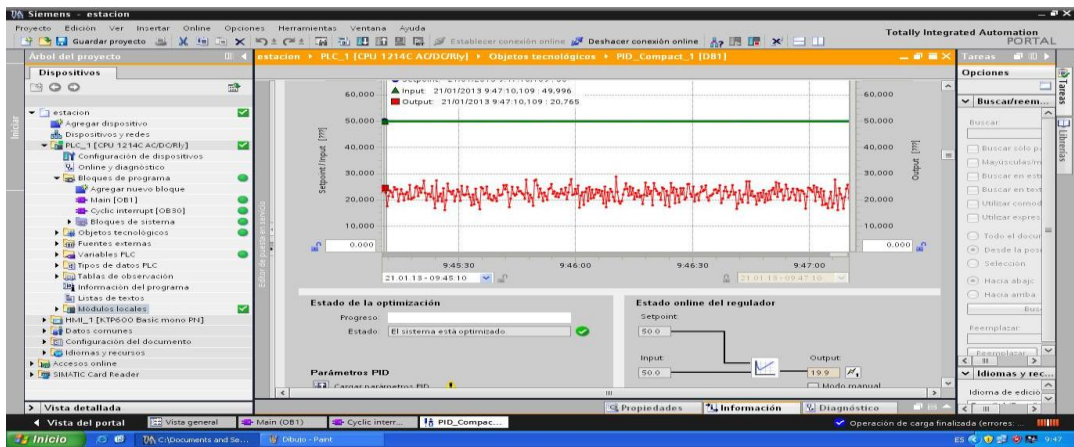


Figura 3.58 Señal oscilatoria con el Set Point de 50  
Realizado por: Paúl Masapanta

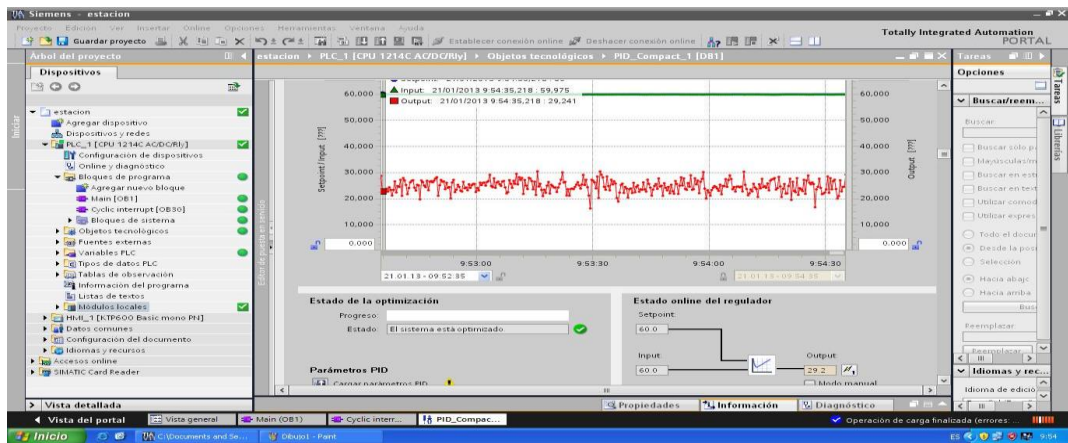
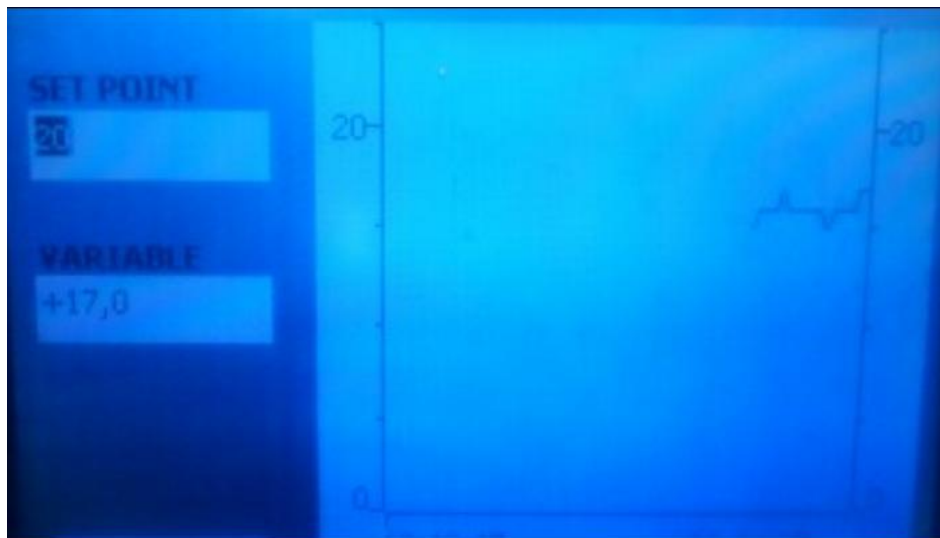


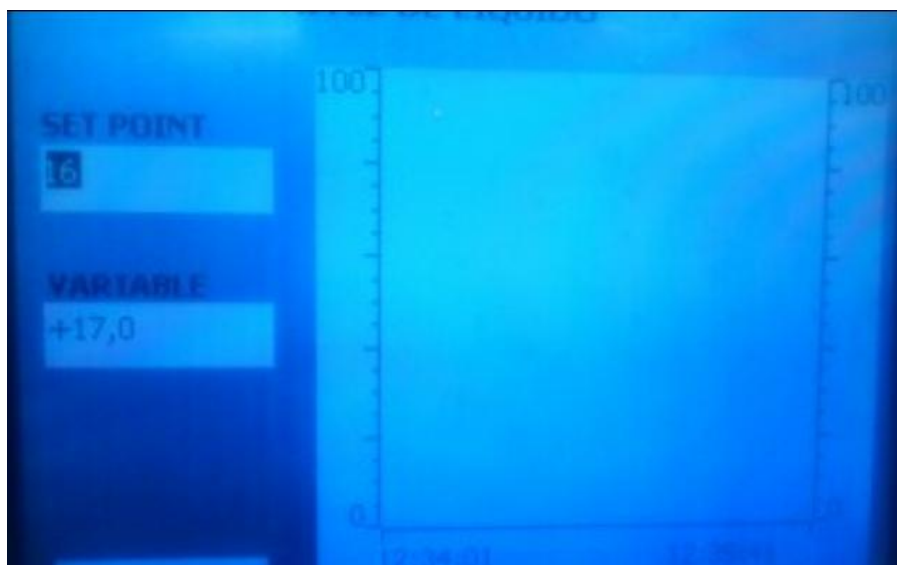
Figura 3.59 Señal oscilatoria con el Set Point de 60  
Realizado por: Paúl Masapanta

Finalmente cuando el Set Point esté sintonizado correctamente en el control PID se procede a cargar los parámetros en la PC esta acción realice dando un click en Upload PID parámetros to Project.

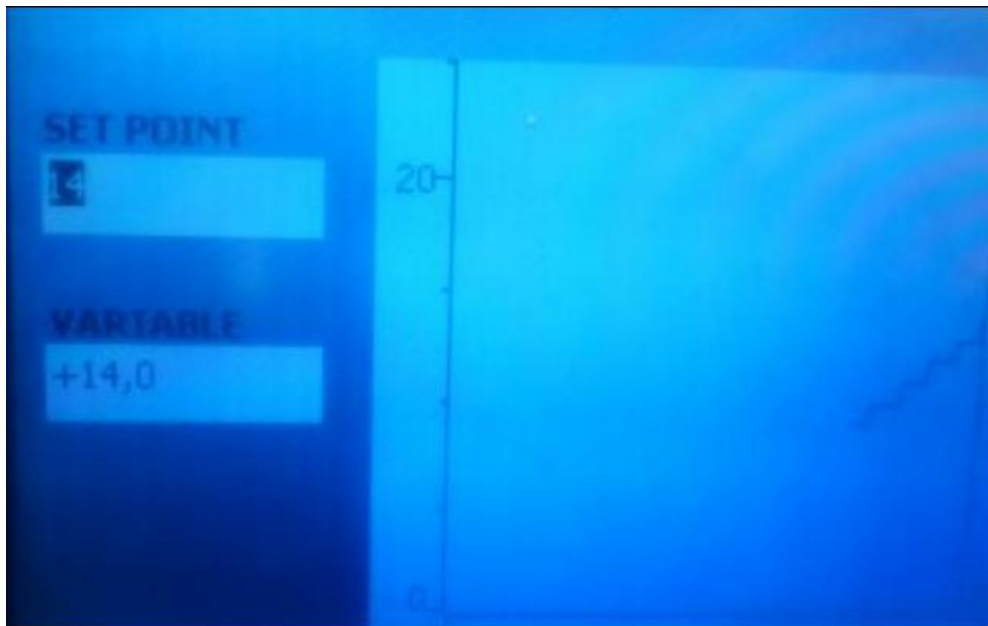
## FOTOS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ESTACIÓN DE NIVEL



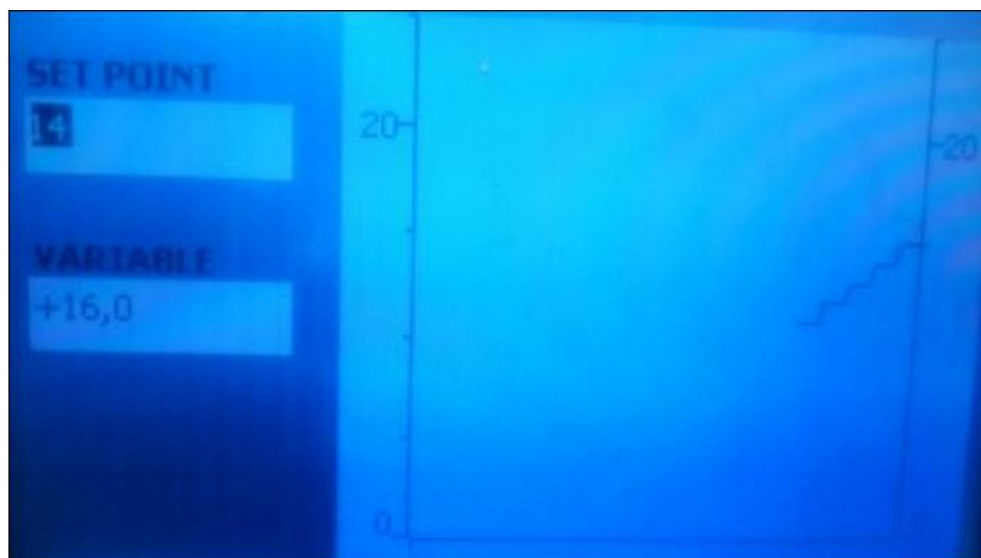
**Fotografía 2** HMI Interfaz para datos de estación de nivel  
**Realizado por:** Paúl Masapanta



**Fotografía 3.2** HMI Interfaz para datos de estación de nivel  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

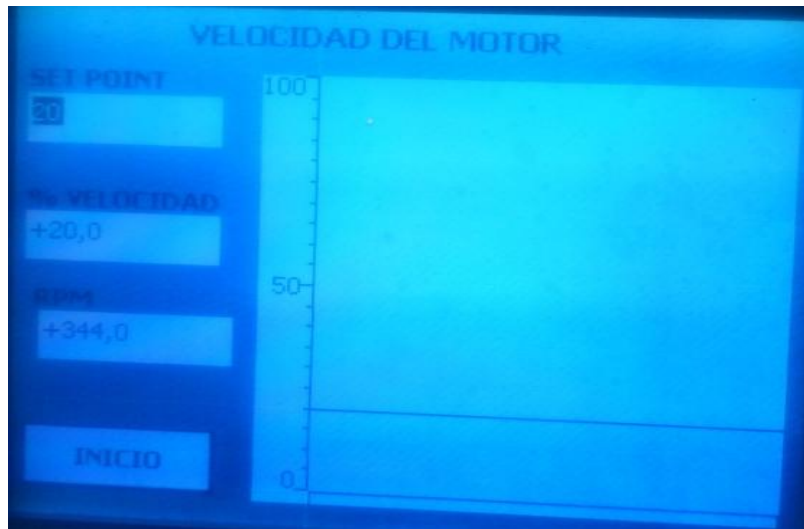


**Fotografía 3.3** HMI Interfaz para datos de estación de nivel  
Realizado por: Paúl Masapanta

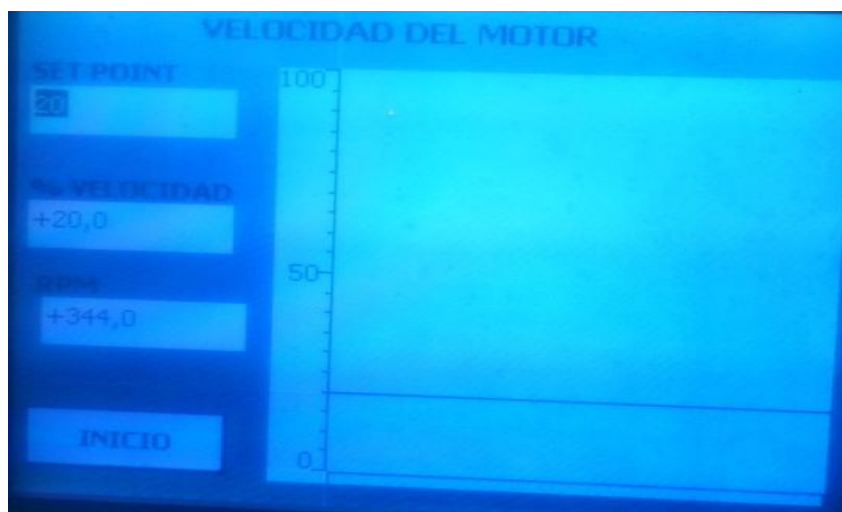


**Fotografía 3.4** HMI Interfaz para datos de estación de nivel  
Realizado por: Paúl Masapanta

## FOTOS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MOTOR TRIFÁSICO



Fotografía 3.5 HMI Interfaz para datos del motor trifásico  
Realizado por: Paúl Masapanta



Fotografía 3.6 HMI Interfaz para datos del motor trifásico  
Realizado por: Paúl Masapanta



**Fotografía 3.7** HMI Interfaz para datos del motor trifásico  
**Realizado por:** Paúl Masapanta



**Fotografía 3.8** HMI Interfaz para datos del motor trifásico  
**Realizado por:** Paúl Masapanta

### 3.7. Gastos realizados

Para la implementación de este proyecto se determinaron los siguientes rubros:

#### 3.7.1. Costos primarios

A continuación se detallan todos los dispositivos electrónicos y materiales usados para la realización del proyecto, y se los sintetiza en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Costos Primarios

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
PLC S7 1200 CPU 1214 C	\$475
Cable cruzado con conectores RJ45	\$50
Switch Ethernet CSM 1277	\$150
<b>TOTAL</b>	<b>\$675</b>

Realizado por: Paúl Masapanta

#### 3.7.2. Costos secundarios

En la Tabla 3.2 se encuentran los gastos secundarios que están relacionados indirectamente con la realización del proyecto.

**Tabla 3.2** Costos Secundarios

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Derechos de Asesor	\$120
Libro	\$30
Útiles de oficina	\$10
Internet	\$25
Impresiones	\$40
Anillado	\$10
Copias	\$10
<b>TOTAL</b>	<b>\$245</b>

Realizado por: Paúl Masapanta



### 3.7.3. Costo total

El costo total se representa en la Tabla 3.3 que es la unión de los costos primario y secundario como se muestra a continuación.

**Tabla 3.3** Costo Total

Costo Primario	675
Costo Secundario	245
Total	920

Realizado por: Paúl Masapanta



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- ❖ Gracias al software TIA portal se realizó la programación de las diferentes variables utilizadas en las acciones que realizaron los PLC maestro - esclavo y la Touch Panel.
- ❖ El protocolo de comunicación que se utilizó para la Red Ethernet fue el TCP/IP, debido a que cada PLC y la Touch Panel necesita de una IP diferente.
- ❖ En el PLC 2 que controla al Motor Trifásico se adaptó un módulo de salidas analógicas ya que el autómata programable dispone de entradas analógicas pero carece de salidas analógicas.
- ❖ En la estación de nivel se realizó un control ON- OFF con histéresis porque la electroválvula que es el elemento de control final puede cerrarse y abrirse para su funcionamiento y no permite realizar un control PID
- ❖ Una vez realizada la red Ethernet y puesto en práctica los conocimientos de redes Ethernet mediante la utilización de los PLC's S7-1200 el switch CSM 1277 y la Touch Panel KTP 600 PN, se logró diseñar e implementar una red para el monitoreo y control de la estación de nivel y un motor trifásico, cumpliendo satisfactoriamente con todos los objetivos propuestos.

## 4.2. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda que cuando se vaya a transferir la programación del TIA PORTAL al PLC esté libre de errores y evitar problemas al momento de la transferencia.
- ❖ Para el ponchado de los cables que van a ser utilizados en la red Ethernet se recomienda seguir cada uno de los pasos de las normas de ponchado existentes y así evitar contratiempos al momento de ser enviada la información.
- ❖ Al momento de poner en marcha al Motor Trifásico debe verificar que los valores ingresados en el variador de velocidad sean los correctos para el funcionamiento que se vaya a realizar.
- ❖ Para la fusión entre el PLC y la PC, verificar que las direcciones IP sean las correctas.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ACCIONADORES.-** Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje.

**AUTOCROSSOVER.-** Permite a los dispositivos decidir por cual par trenzado va a transmitir y recibir los datos.

**CAD.-** Diseño Asistido por Computador (del inglés Computer Aided Design).

**HUBS.-** Un concentrador o hub es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

**HMI.-** (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos.

**LOCALTALK.-** Es una implementación particular de la capa física del sistema de redes AppleTalk de los ordenadores de la empresa Apple Inc.. LocalTalk se basa en un sistema de cable de par trenzado y un transceptor funcionando todo ello a una velocidad de 230'4 kbit/s.

**MODBUS.-** Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs).

**NOVELL NETWARE.-** Es un sistema operativo. Es una de las plataformas de servicio para ofrecer acceso a la red y los recursos de información, sobre todo en cuanto a servidores de archivos.

**PATCH PANEL.-** El Patch Panel es el elemento encargado de recibir todos los cables del cableado estructurado. Sirve como un organizador de las conexiones de la red, para que los elementos relacionados de la Red LAN y los equipos de la conectividad puedan ser fácilmente incorporados al sistema y además los puertos de conexión de los equipos activos de la red (Switch,Router. etc) no tengan algún daño por el constante trabajo de retirar e introducir en sus puertos.

**PROFINET.-** Se basa en estándares de TI acreditados y ofrece funcionalidad de TCP/IP completa para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles.

**SWITCHING**.- o también conmutación permite la creación de redes extensas con varias estaciones y simplifica la ampliación de la red.

**TIA PORTAL**.- (Totally Integrated Automation Portal) Sistema integrado de Ingeniería que redefine ingeniería.

**TCP/IP**.- Es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN).

**UTP**.- Unshieldedtwistedpair o UTP (en español "par trenzado no blindado") es un tipo de cable de par trenzado que no se encuentra blindado

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **DOCUMENTAL**

- ❖ SICMATIC S7-1200 Manual de Sistema
- ❖ Manual CSM 1277

### **PÁGINAS WEB**

- ❖ <http://www.miprensacr.com/seccion/electricidad-2>
- ❖ <http://www.rocatek.com/downloads/Automatizacion%20Industrial.pdf>
- ❖ <http://www.swe.siemens.com>
- ❖ Fuente: <http://www.swe.siemens.com>
- ❖ <http://cableutpnubiaardila.blogspot.com/>
- ❖ <http://cableutpnubiaardila.blogspot.com/>
- ❖ <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml#motoreleca>

**ANEXOS**

## ANEXO "A"

### PARÁMETROS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

<b>OPCIONES DE SELECCIÓN</b>	<b>OPCIÓN</b>	<b>OPCIONES DE SELECCIÓN</b>	<b>OPCIÓN</b>
<b>P0010 Puesta en servicio</b> <b>0= Listo para MARCHA</b> <b>1= Puesta en servicio rápida</b> <b>2= Ajuste de fábrica</b>	<b>1</b>	<b>P0700 Fuente de órdenes</b> <b>0= Ajuste de fábrica</b> <b>1= Panel BOP</b> <b>2= Bornes/ Terminales</b>	<b>2</b>
<b>P0100 Europa/ Norteamérica</b> <b>0= Potencia KW; f por defecto 50 Hz</b> <b>1= Potencia hp; f por defecto 60 Hz</b> <b>2= Potencia KW; f por defecto 60 Hz</b>	<b>1</b>	<b>P1000 Selección de frecuencia</b> <b>0= Sin consigna de frecuencia</b> <b>1= Consigna frecuencia desde BOP</b> <b>2= Consigna Analógica</b> <b>3= Consigna de frecuencia fija</b>	<b>2</b>
<b>P0304 Tensión normal del motor (V)</b> <b>10-220V</b> <b>Tensión propia del motor tomada de la placa de características</b>	<b>220V</b>	<b>P1080 Frecuencia min. Del motor</b> <b>Ajuste mínimo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario.</b>	<b>0</b>
<b>P0305 Corriente nominal del motor (A)</b> <b>Corriente nom. del motor tomada de la placa de características</b>	<b>3.10A</b>	<b>P1082 Frecuencia máx. Del motor</b> <b>Ajuste máximo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario</b>	<b>60Hz</b>

<p><b>P0307 Potencia nominal del motor (KW)</b>  Potencia nom. del motor tomada de la placa de características</p>	<p><b>1KW</b></p>	<p><b>P1120 Tiempos de aceleración</b>  Tiempo que lleva el motor acelerar de la parada a la frecuencia máxima ajustada.</p>	<p><b>5(s)</b></p>
<p><b>P0310 Frecuencia nominal del motor (Hz)</b>  Frecuencia nom. del motor tomada de la placa de características</p>	<p><b>60Hz</b></p>	<p><b>P1121 Tiempos de desaceleración</b>  Tiempo que lleva el motor desacelerar de la frecuencia máxima del motor a la parada.</p>	<p><b>5</b></p>
<p><b>P0311 Velocidad nominal del motor (rpm)</b>  Velocidad nom. del motor tomada de la placa de características</p>	<p><b>1720rpm</b></p>	<p><b>P3900 Fin de puesta en servicio</b>  0= Fin de puesta en servicio  1= Fin de puesta de servicio con cálculo motor  2= Fin de puesta en servicio</p>	<p><b>1</b></p>



## **ANEXO “B”**

### **MANUAL DE USUARIO PARA EL TRABAJO DE GRADUACIÓN CON EL TEMA: “MONITOREO Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE NIVEL Y VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO UTILIZANDO LA RED ETHERNET CON LOS PLC’S S7- 1200 PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL”.**

#### **1. RESUMEN**

En este proyecto por medio de dos PLC's S7 1200 CPU 1214 y el HMI Simatic Panel TOUCH KTP 600 PN mono Basic y utilizando el Switch 1277 se realiza una red Ethernet Industrial, para el Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y Velocidad de un Motor Trifásico debido que en el control de velocidad se hace una adquisición analógica se requerirá también del módulo SM 1232 AQ de siemens.

Mediante el software TIA Portal se programa las diferentes funciones las cuáles realizan los PLC's, y por medio del Simatic Touch Panel se permite tener el control en tiempo real del proceso, la comunicación del switch 1277 a la PC se realiza con cables UTP y conectores RJ45.

Todo el proceso se desarrolla en un ambiente de acceso remoto, y que se puede tener acceso al monitoreo desde la PC y desde el Simatic Touch Panel, ya que el presente proyecto es didáctico, los estudiantes podrán aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en las aulas, realizando diversos talleres prácticos de laboratorio de automatización industrial, dependiendo del uso que de el tutor de cátedra.

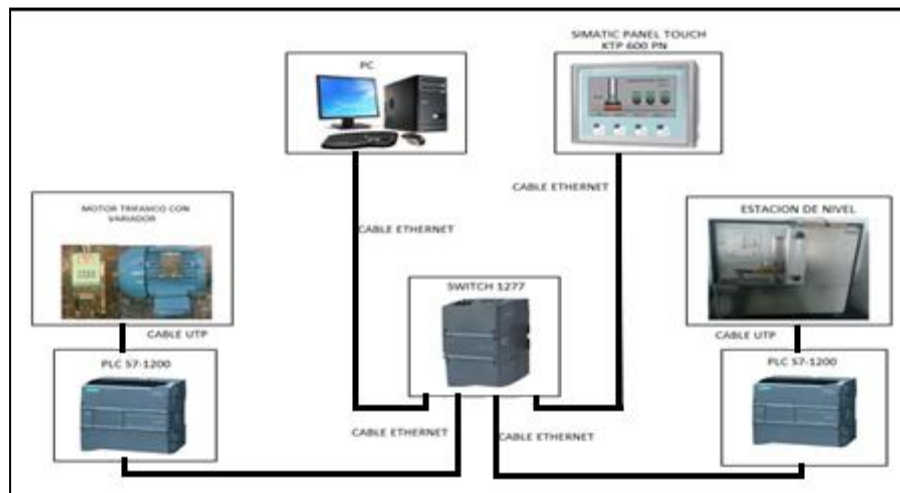
## 2. MATERIALES

### MATERIALES:

- ❖ Estación de nivel
- ❖ Motor Trifásico
- ❖ PLC S7-1200
- ❖ Módulo de Salidas Analógicas
- ❖ Fuente 24 Vdc
- ❖ Touch Panel KTP 600 PN
- ❖ PC

## 3. REQUERIMIENTOS PREVIOS

### 3.1. Descripción de partes



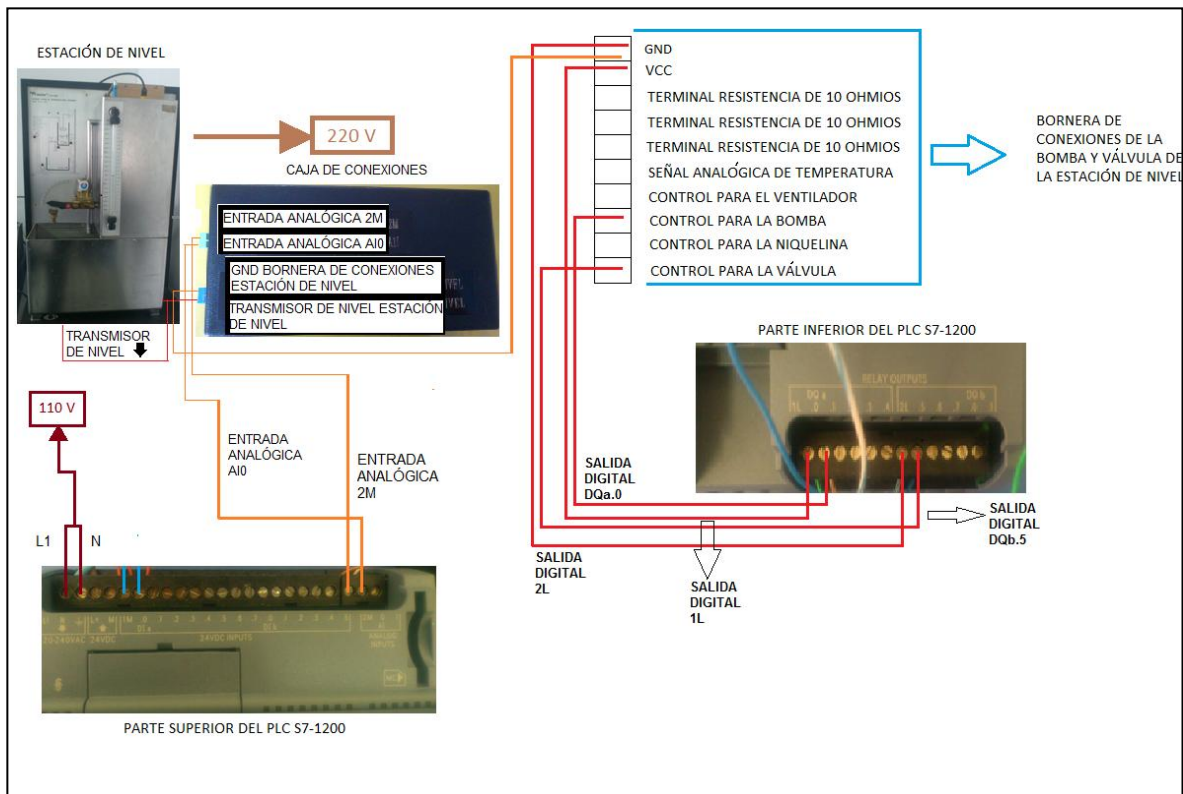
**Figura 1** Esquemático de la red Ethernet  
**Fuente:** Trabajo de graduación A/C. Paúl Masapanta

Para el funcionamiento de este proyecto se requiere de dos PLC S7 1200 el PLC 2 (maestro) tendrá la función de controlar la velocidad del motor trifásico para esto irá conectado al módulo de salidas analógicas 1232 AQ de SIEMENS, el PLC 1 (esclavo) tendrá la función de controlar el nivel de líquido de la estación de nivel, estos a su vez irán enlazados con el Switch 1277 el cual permite formar la red

Ethernet este a su vez estará conectado al Sigmatic Touch Panel y a una PC lo cual permite tener el control remoto del proceso.

## 4. FUNCIONAMIENTO

### 4.1 Conexiones PLC 1(esclavo), control ON/OFF

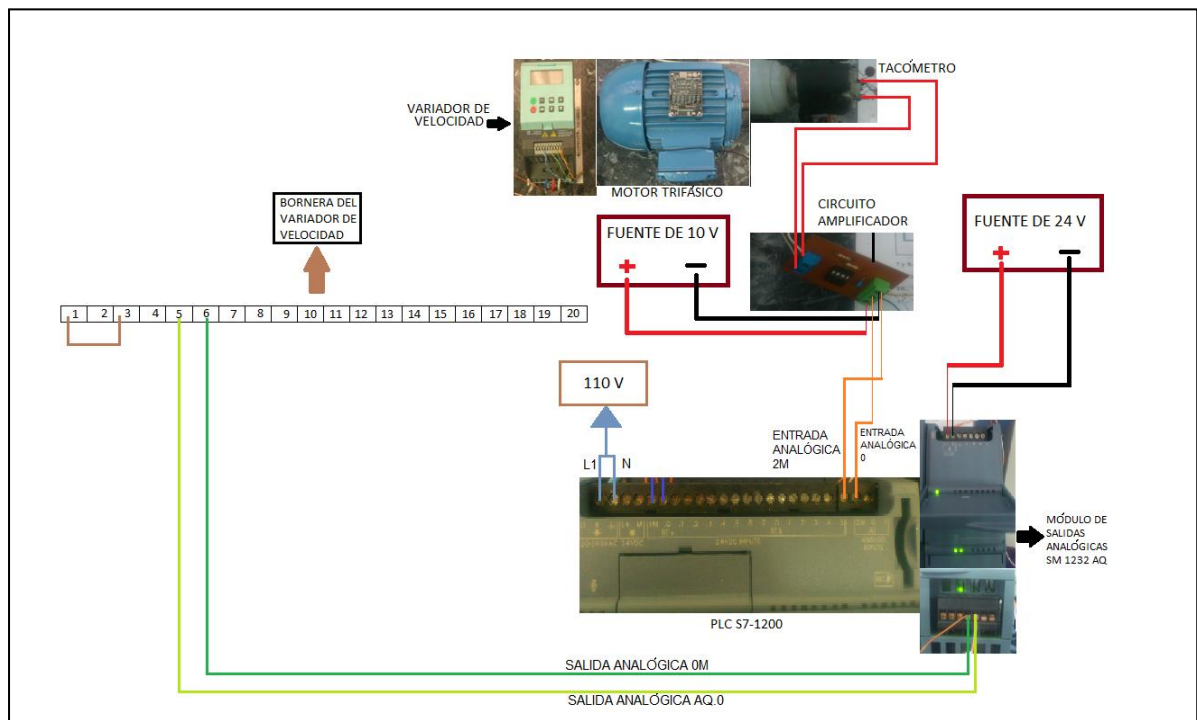


**Figura 2** Esquemática del PLC a la estación de nivel  
**Fuente:** Trabajo de graduación A/C. Paúl Masapanta

- ❖ Los bornes del PLC S7-1200 **L1** y **N** que se encuentran en la parte superior de dicho equipo, conecte a un cable que pueda abastecer los 110V que va a alimentar al PLC como se indica en la Figura 2.
- ❖ La estación de nivel alimente con 220V.
- ❖ Las entradas analógicas **2M** y **AI0** del PLC que están en la parte superior conecte a los bornes de la caja de conexiones, definidas como ENTRADA ANALÓGICA 2M, ENTRADA ANALÓGICA AI0 respectivamente.

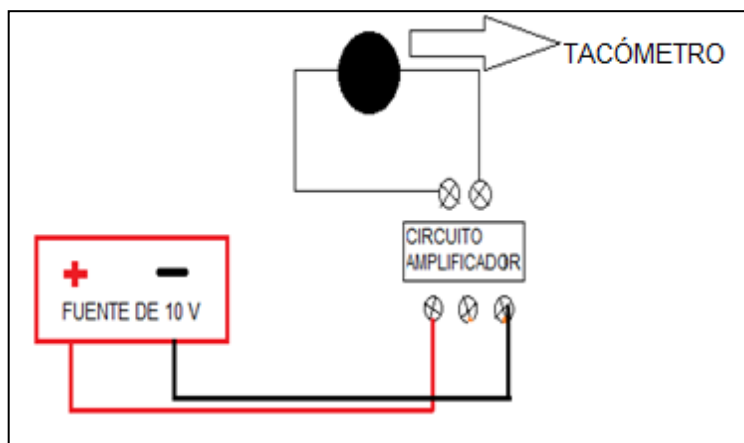
- ❖ La salida del transmisor de nivel de la estación de nivel, conecte con el borne de la caja de conexiones definida como TRANSMISOR DE NIVEL DE LA ESTACIÓN DE NIVEL.
- ❖ Del GND de la bornera de conexiones de la bomba, conecte con el borne de la caja de conexiones definida como GND BORNERA DE CONEXIONES DE LA ESTACIÓN DE NIVEL.
- ❖ En la parte inferior del PLC S7-1200 existen los bornes **1L** y **DQ.0** son salidas digitales, conecte a **VCC** y **CONTROL PARA LA BOMBA** respectivamente de la bornera de conexiones para la bomba y válvula de la estación de nivel.
- ❖ De la misma parte inferior del PLC existe los bornes **2L** y **DQ.5** son salidas digitales, **2L** conecte al **GND** de la bornera de la estación de nivel y el borne **DQ.5** conecte al **CONTROL PARA LA VÁLVULA** de dicha bornera de conexiones, estas conexiones encuentra en la Figura 2.

#### 4.2 Conexiones PLC 2 (maestro), control PID



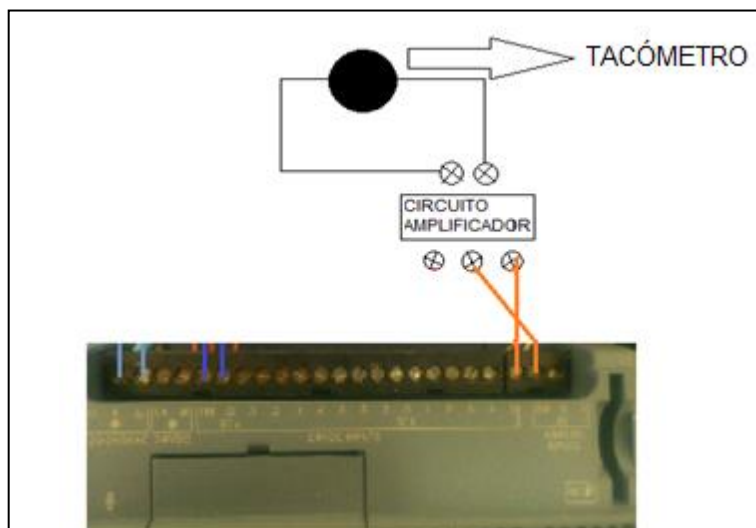
**Figura 3** Esquemática del Motor con PLC  
**Fuente:** Trabajo de graduación A/C. Paúl Masapanta

- ❖ En el PLC S7-1200 que controla al Motor Trifásico encontrará los bornes **L1** y **N** que se encuentran en la parte superior de dicho equipo, estos bornes conecte a un cable que pueda abastecer los 110V que va alimentar al PLC como se indica en la Figura 3.
- ❖ Del tacómetro del motor conecte al circuito amplificador, con la fuente de 10V alimente al circuito antes mencionado. En la Figura 4. se representa las conexiones claramente.



**Figura 4** Esquemática del Tacómetro al amplificador  
**Fuente:** Trabajo de graduación A/C. Paúl Masapanta

- ❖ Los bornes **2M** y **Q0** de la parte superior del PLC son entradas analógicas conecte a las entradas de la placa del amplificador. Figura 5.



**Figura 5** Esquemática del PLC al amplificador  
**Fuente:** Trabajo de graduación A/C. Paúl Masapanta

- ❖ Debido a que el PLC S7-1200 no consta en su estructura por salidas analógicas y solo consta por entradas analógicas debe acoplar un **MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS** con la siguiente serie **SM 1232 AQ**, al momento que acopla este módulo el PLC ya dispone de salidas analógicas que le servirá para las conexiones siguientes.
- ❖ Al **MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS** alimente con una fuente de 24 V el borne **L+** con positivo y el borne **M** con negativo.
- ❖ En la parte inferior del **MÓDULO** existen los siguientes bornes **0M** y **AQ.0** son salidas analógicas, estos bornes conecte al borne **6** y **5** respectivamente de la bornera del variador de velocidad.
- ❖ Los bornes **1** y **3** de la bornera antes mencionada, debe enlazar ya que al momento que realiza esta acción le servirá para la puesta en funcionamiento del variador **ON/OFF** todas estas conexiones encuentra en la Figura 3.

## 5. PROGRAMACIÓN

- ❖ Realice la programación utilizando las variables y todas las instrucciones que se indica en el **ANEXO “C”**.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS:

- ❖ Realice el control ON/OFF con el PLC 1 (esclavo).
- ❖ Realice el control PID con el PLC 2 (maestro).
- ❖ En la programación del motor trifásico calibre el Set Point a 40, 60, 80
- ❖ Verifica si la red Ethernet está en funcionamiento.

**CONCLUSIONES:**

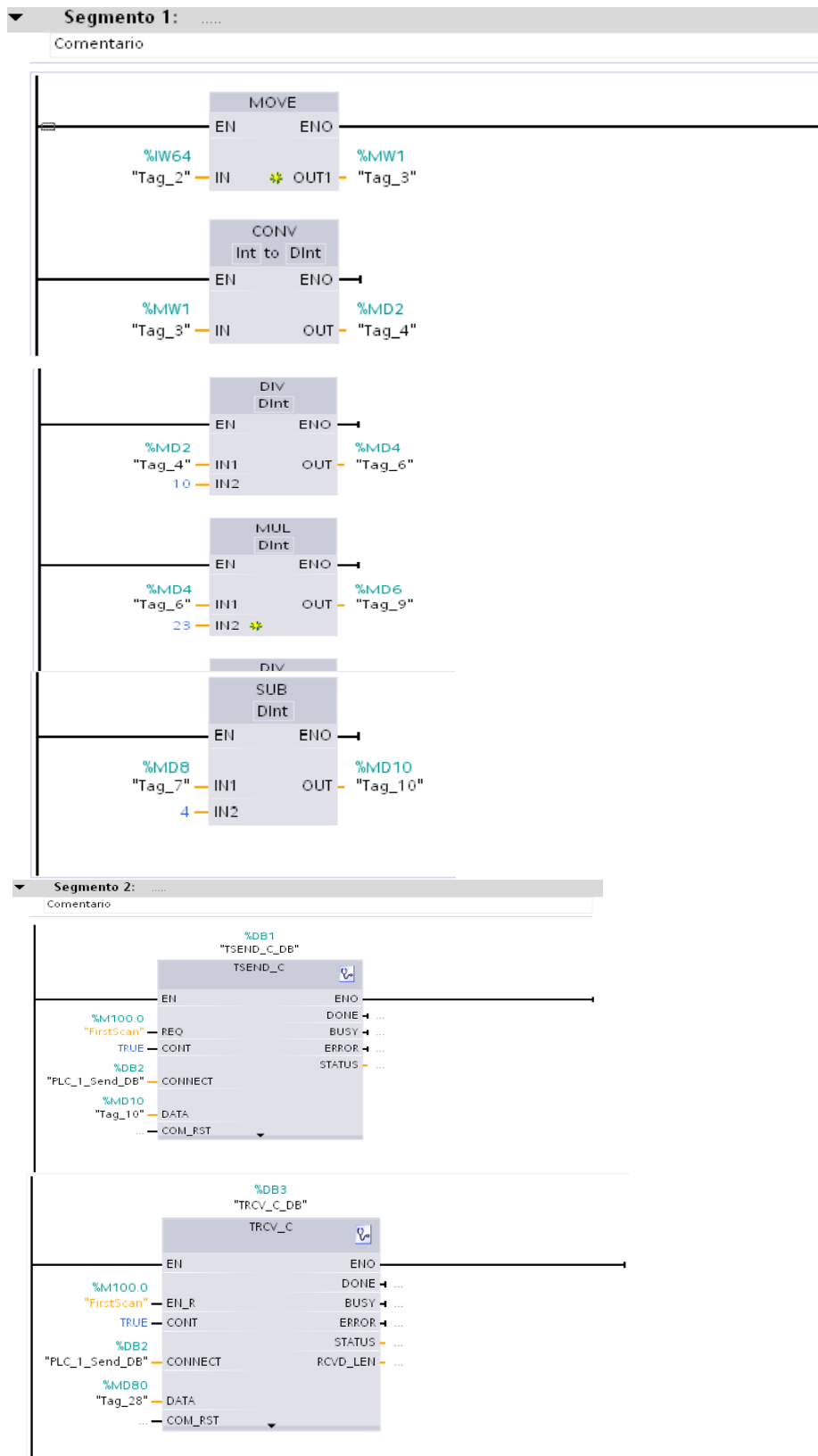
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES:**

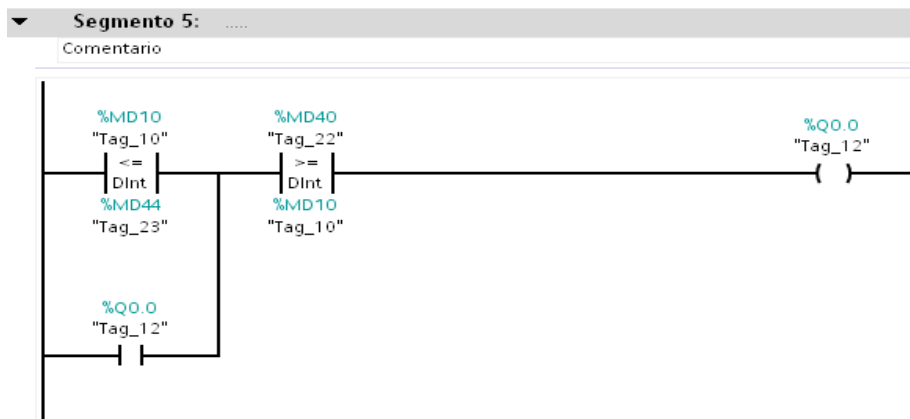
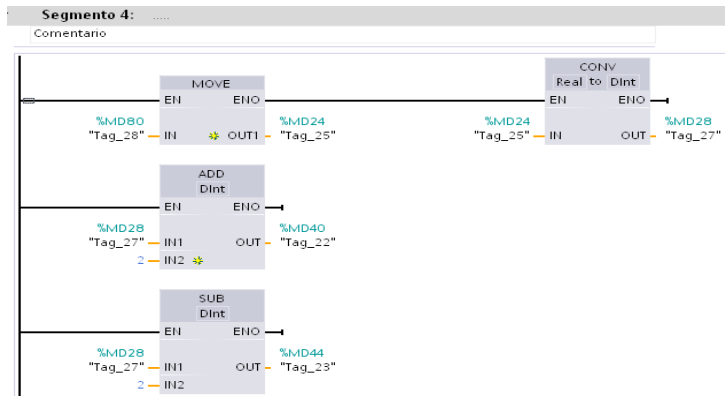
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# ANEXO "C"

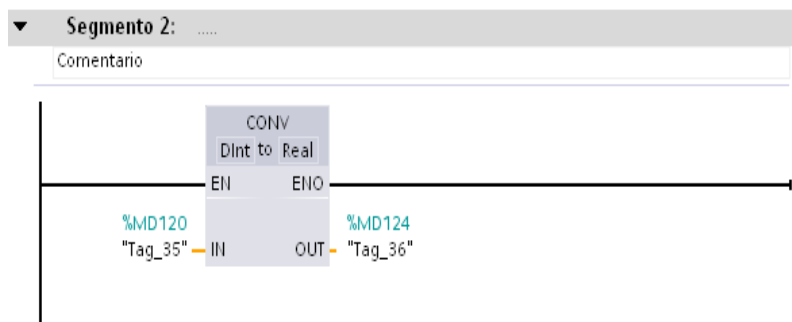
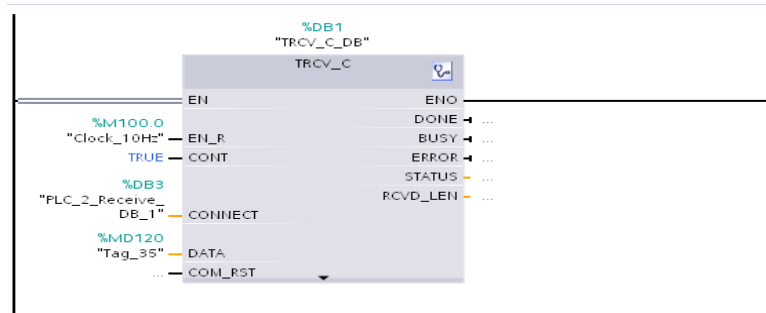
## Programación PLC S7-1200 estación de nivel (esclavo).



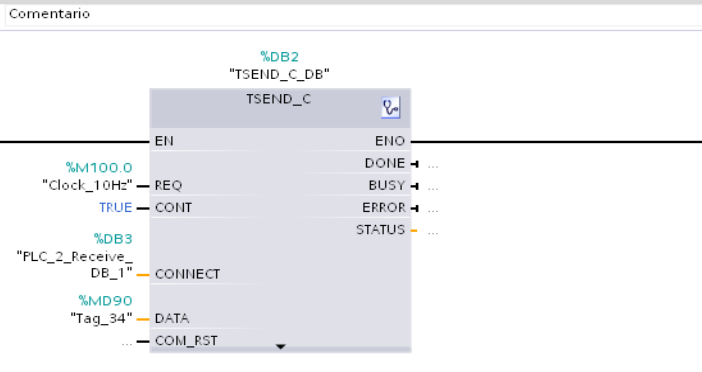




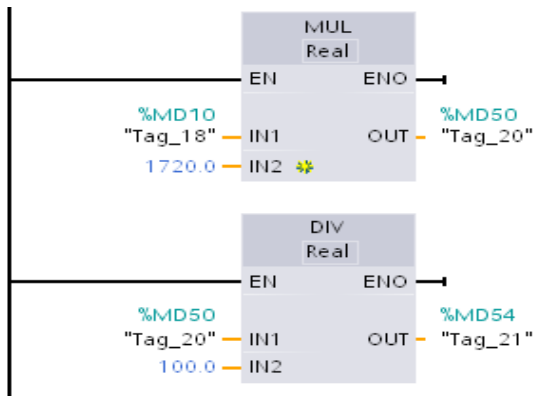
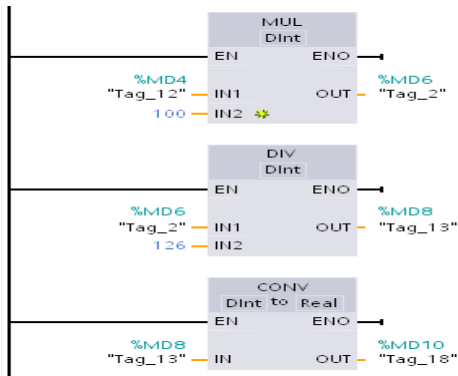
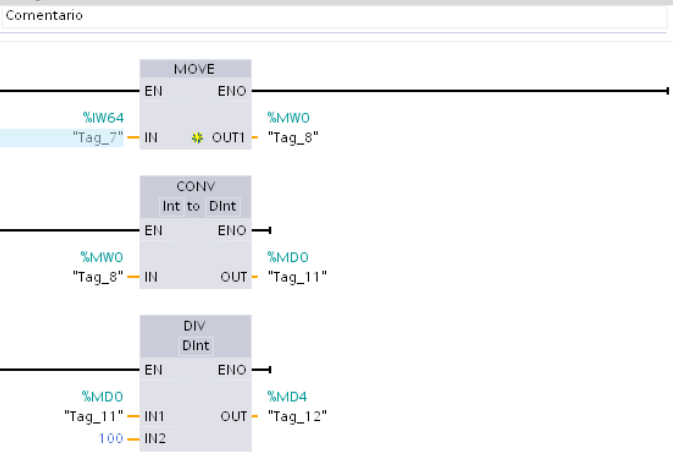
## Programación PLC S7-1200 motor trifásico (maestro).

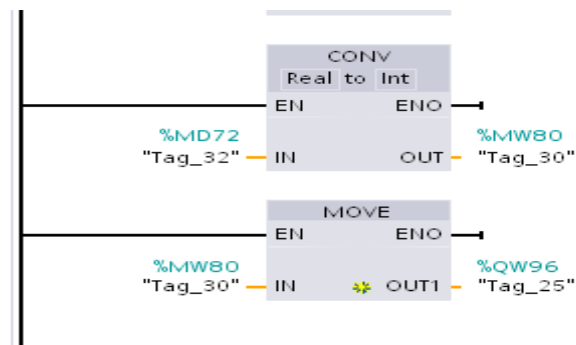
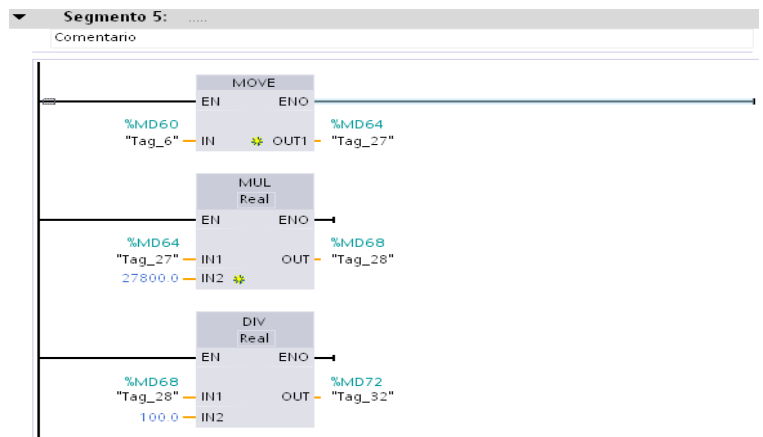


Segmento 3: .....



Segmento 4: .....





**ANEXO "D"**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

“Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y velocidad de un Motor Trifásico utilizando la red Ethernet con los PLC'S S7- 1200 para el Laboratorio de Instrumentación Virtual”.

**POSTULANTE:**

**A/C. PAÚL VINICIO MASAPANTA MEDINA**

**16 DE ABRIL DEL 2012**

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La conexión en red de millones de PC'S en oficinas y la proliferación del Internet alrededor del mundo ha hecho de Ethernet una norma universal en las redes.

Los dispositivos utilizados en Ethernet así como el software asociados han evolucionado hasta el punto que incluso los usuarios inexperimentados pueden configurar redes y conectar computadoras entre sí. Los dispositivos Ethernet son relativamente baratos y pueden ser comprados en cualquier tienda de equipos para oficina, tiendas de computadoras y a través de Internet.

Si bien la popularidad y éxito de las redes Ethernet en el mundo de las oficinas conllevó a la natural introducción de las mismas, en el mundo industrial, hay significativas diferencias en la tecnología utilizada que deben ser especialmente tomadas en cuenta al abordar el tema.

Ethernet es una norma para la capa física, muy similar a RS-232, de la misma manera que lo es una línea telefónica. Tener una conexión física significa que los mensajes pueden ser transmitidos, pero no se garantiza que la comunicación (intercambio de información) sea exitosa.

De esta manera se ha visto la necesidad de que en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico en la Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica inicie una investigación en el campo de las redes Ethernet en los procesos industriales, de esta manera poder determinar los beneficios de esta tecnología y sus diversas aplicaciones en el campo de la automatización.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cómo influyen las comunicaciones Ethernet en los Procesos Industriales actuales?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

La comunicación Ethernet Industrial presenta muchas ventajas con relación a otros tipos de comunicación utilizados por los autómatas o PLC'S por eso es necesario que ITSA realice una investigación de este tipo de tecnología ya que de este modo los estudiantes podrán adquirir mayores conocimientos prácticos, para complementar el conocimiento teórico impartido en las aulas.

El avance de la tecnología Ethernet en el sector industrial es fuerte gracias a su adaptación a los retos que su nuevo ambiente plantea. La permanencia de Ethernet como solución en el tiempo está garantizada por el tremendo apoyo que recibe por parte de los fabricantes de equipos de control, integradores y clientes de sistemas industriales.

El uso de Ethernet ha contribuido a integrar los avances en materia de instrumentación en el control de procesos, con las tecnologías de la información (IT), y ha sacado a las industrias de un virtual aislamiento. Gracias a esto es posible acceder a los datos y/o realizar el control de una planta que se encuentra en otra parte del mundo.

Con esta investigación se desea lograr que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico vaya a la par con otros Institutos donde ya se ha implementado este

tipo de tecnología, y que los estudiantes de la carrera de Electrónica se familiaricen con equipos que manejen comunicación Ethernet.

A través de este trabajo investigativo podrán ser beneficiarios los docentes, militares y estudiantes civiles de la Carrera de Electrónica, de esta manera ayudar a encaminarnos por el sendero de su misión que es la de formar los mejores profesionales aeronáuticos integrales y competitivos, a través de su aprendizaje, aportando de esta manera al desarrollo del país y llegar a cumplir con el objetivo de ser el mejor Instituto de Educación Superior a nivel Nacional y Latinoamericano.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Realizar un estudio de las ventajas y desventajas de la comunicación Ethernet en los procesos Industriales.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar las ventajas que representa la utilización de la comunicación Ethernet y los beneficios en la industria.
- Identificar los elementos y dispositivos que interactúan en el funcionamiento de una red Ethernet.
- Recopilar información acerca de PLC'S y ver la versatilidad para comunicaciones Ethernet.
- Obtener información necesaria de docentes de la Institución para realizar de manera adecuada el desarrollo del trabajo investigativo.

## **1.5 ALCANCE**

Con la presente investigación se conocerá las ventajas y desventajas que presenta la utilización de módulos de comunicación Ethernet en la industria, establecer cuáles son los tipos de PLC utilizados y cuales son utilizados para la enseñanza hacia los estudiantes y así poder aportar con conocimientos para mejorar el aprendizaje de los alumnos.



## **CAPITULO II**

### **PLAN METODOLÓGICO**

#### **2.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.**

##### **2.1.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

La investigación bibliográfica será la base del marco teórico, generando más conocimientos a partir del uso adecuado y creativo de dicha información.

“Es aquella que se caracteriza por utilizar material de información escrito, gráfico y audio-visual que, en síntesis, es la bibliografía; este material se lo puede encontrar en sitios tales como bibliotecas, archivos o centros de documentación”  
”<sup>3</sup>.

##### **2.1.2. DE CAMPO.**

Realizar este tipo de investigación, es ponerse en contacto directo con el fenómeno, hecho o lugar que es motivo de nuestro interés o de nuestra investigación.

---

<sup>3</sup> Nociones Elementales de investigación Científica-Patricio Alvarado- 1983

“En esta modalidad el investigador toma contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetos del proyecto”<sup>4</sup>.

“La técnica de observación consiste en que el observador simplemente utiliza sus sentidos para captar el objeto o el fenómeno en estudio sin la utilización de medios ni aparatos auxiliares, es denominada observación simple”<sup>5</sup>.

Analizando este concepto se puede decir que, en nuestros actos ordinarios, no nos detenemos a mirar detenidamente los fenómenos, los hechos en el mundo y lo vemos de una manera superficial cosa que no debe suceder si aplicamos la técnica de la observación.

La técnica de la entrevista nos permite recabar información científica esta información que recibimos deberá ser acumulada y procesada convenientemente se aplicara a las personas con el conocimiento suficiente sobre el tema como ingenieros de la carrera de Electrónica del ITSA.

## **2.2 TIPOS DE INVESTIGACION**

### **2.2.1 NO EXPERIMENTAL.**

Consiste en llegar a conocer situaciones de una forma más habitual y acorde a la realidad por medio de la investigación puntual de los procesos, actividades, objetos que ya ocurrieron en el entorno real, se hará uso de la investigación no experimental porque las variables no pueden ser intervenidas, esto implica observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

De esta manera se podrá identificar claramente las formas y métodos de aplicación más eficientes enfocados en los módulos robóticos.

---

<sup>4</sup> Folleto de introducción a proyectos- M.Sc. Giovanni Vizúete- 2011

<sup>5</sup> Nociones Elementales de investigación Científica-Patricio Alvarado- 1983

## **2.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. DESCRIPTIVO.**

La descripción ayuda a aprehender las características extremas que sirvan para profundizar en el conocimiento objetivo del problema, este tipo de investigación es preparatoria o preliminar al fenómeno o hecho que se pretende investigar.

## **2.4 UNIVERSO Y MUESTRA**

Universo, es la totalidad de unidades de análisis (sujetos u objetos) a investigar que por identificarse entre si por su similitud de características se circunscriben como miembros de una clase particular.

La población es la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica en común, la cual se estudia y da origen a los datos de investigación. Esta población estará conformada por el personal docente de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

## **2.5 RECOLECCIÓN DE DATOS.**

La recopilación de datos se lo obtendrá de las fuentes que proveerán información, para ello se recurrirá al empleo de técnicas bibliográficas información registrada en libros, manuales e información de campo, que luego de ser analizadas contribuirán con soluciones para el problema planteado.

Bibliográfica Documental: Constituye una manera primordial de obtener información, se recurrirá a libros, visitas técnicas, tesis e internet para extraer búsqueda acerca del problema tratado.

La observación: En este tipo de investigación se realizará la observación del laboratorio de Instrumentación Virtual y además la realización de una entrevista al docente implicado en la materia ya que brindará una mayor aportación a nuestro estudio.

## **2.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

El procesamiento de la información se obtendrá tomando en cuenta los resultados obtenidos al aplicar las técnicas de campo de igual manera al obtener la información bibliográfica, para poder analizarlos en base a su grado de importancia además ayudará a depurar información contradictoria, confusa e incompleta.

## **2.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.**

Esta etapa de procesamiento de datos incluye la interpretación de los datos obtenidos en la entrevista, consiste en un conjunto de pasos previos al establecimiento de las conclusiones del estudio.

## **2.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Las conclusiones del estudio están íntimamente relacionadas con el procesamiento de datos, estas deben redactarse de manera clara y directa, se incluirán los principales hallazgos y el significado de los datos obtenidos. Las conclusiones deben tener relación directa con los objetivos y el marco teórico.

Las recomendaciones señalarán sugerencias válidas para trabajos posteriores, haciendo notar los conocimientos que deban ser tratados con mayor profundidad, además deben dar a conocer los posibles errores cometidos en cuanto al diseño y aplicación. Estas deben apoyarse en los resultados de la investigación.

## CAPÍTULO III

### EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

#### 3. EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

##### 3.1 MARCO TEÓRICO

###### 3.1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes que se han tomado como referencia para la realización de este trabajo de investigación son dos proyectos, los cuales hacen referencia al uso de las comunicaciones Ethernet en la Industria.

- Proyecto de Grado presentado por: Miguel Álvaro Yunta, en el año 2008 que consiste en: **“IMPLEMENTACIÓN DE LAS COMUNICACIONES PC-AUTÓMATA-ROBOT MEDIANTE INTERFAZ ETHERNET INDUSTRIAL”**<sup>6</sup> el autor propuso el siguiente objetivo general: “Implementación de una red de comunicación Ethernet formada por un PC, un autómata siemens S7 y el controlador del robot ABB IRC5”.
- Proyecto de Grado presentado por: Wilson Gustavo Chango Sailema, en el año 2009 que consiste en: **“INTEGRACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE UNA RED ETHERNET DEDICADA PARA PLCS DE DIFERENTES FABRICANTES APLICADA EN CECATTEC**

---

<sup>6</sup>Proyecto de grado elaborado por: Miguel Álvaro Yunta

**(MARATÓNICOS)**<sup>7</sup> el autor propuso el siguiente objetivo general: “Integrar los procesos industriales a través de una red Ethernet dedicada para PLC’S de diferentes fabricantes”.

### **3.1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1.2.1. COMUNICACIONES INDUSTRIALES**

Las comunicaciones industriales son una de las áreas en auge dentro del amplio mundo de las comunicaciones, al unirse en un mismo entorno los temas empresariales (y más en detalle, los temas de fabricación) y las comunicaciones, como soporte para la implantación tecnológica dentro de la empresa.

Los objetivos de todo sistema de comunicación en el entorno industrial son:

- Coordinar acciones de unidades automatizadas y controlar la transferencia de componentes, a través del intercambio de datos entre las diferentes unidades (autómatas programables y PC’S industriales) que controlan el proceso productivo.
- Monitorizar y modificar estrategias de control desde el puesto de operación, que puede estar situado en la propia planta o en cualquier otro lugar mediante una conexión a través de redes de datos públicas o privadas.
- Proveer los recursos necesarios para aumentar la confiabilidad y seguridad en los procesos de producción mediante: detección temprana de condiciones de alarma, supervisión y control continuo de procesos de alto riesgo, verificación del estado de las instalaciones y seguimiento de las condiciones de operación de estaciones remotas.
- Proveer servicios de transmisión de voz e imágenes.

---

<sup>7</sup>Proyecto de grado elaborado por: Wilson Gustavo Chango Sailema

- Integración completa del proceso productivo (desde el operario hasta los gestores o clientes).

Como se puede observar, desde el punto de vista industrial, la necesidad de comunicación no se restringe únicamente a la producción. Diferentes departamentos de la industria pueden participar en la red de comunicaciones para permitir un control global del sistema. De este modo, no sólo se controla el propio funcionamiento de la planta de fabricación, sino que en función de las decisiones tomadas en las capas administrativas de la empresa, podría actuarse directamente sobre la producción.

Por lo tanto, la red integrada de comunicación industrial debe estructurarse en base a una arquitectura bien definida y bajo las premisas de racionalización, conectividad, calidad y confianza.

La integración de los diferentes equipos y dispositivos existentes en una industria se hace dividiendo las tareas entre grupos de procesadores con una organización jerárquica. Así, dependiendo de la función y el tipo de conexiones, se suelen distinguir cuatro niveles en una red industrial:

**Nivel de gestión:** es el nivel más elevado y se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network).

**Nivel de control:** se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados a diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.

**Nivel de campo y proceso:** se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de sub-redes o "islas". En el nivel más alto de estas redes se suelen

encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses de campo.

**Nivel de E/S:** es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión.



**Ilustración 1** Jerarquía de comunicaciones industriales  
Fuente: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes>

Esta jerarquía no es universal pues varía según el modelo de fabricación y sus características particulares.

### 3.1.2.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES

En principio 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. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

“Un importante número de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación Industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso”<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>



La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones.
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo.
- Diagnóstico remoto de componentes

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados (Ilustración 1). Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

- HART
- Profibus
- Fieldbus Foundation

Redes Land Industriales son las redes más elevadas jerárquicamente. Los estándares más conocidos y extendidos son dos:

- **MAP (Manufacturing Automation Protocol):** nació como un producto especialmente diseñado para el entorno industrial, lo que hace que sea de mayor éxito en LAN industriales. Fue impulsado por General Motors y

normalizado por el IEEE. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración en redes WAN.

- **ETHERNET:** diseñada por Xerox Corporation y registrada posteriormente junto con Digital e Intel. Es compatible con el modelo OSI en los niveles 1, 2 y 3 (el último a través de puentes). Permite topología en Bus o árbol con comunicación semidúplex. Las velocidades van desde los 10 Mbits/s a los 100 Mbits/s de Fast-Ethernet. Es uno de los estándares de red que más rápidamente evolucionan, debido a su uso masivo en redes ofimáticas.

### **3.1.2.3. ETHERNET INDUSTRIAL**

Ethernet Industrial va creciendo en el mercado a pasos agigantados debido a sus grandes ventajas como son la rapidez, simple ampliación y apertura y costes de instalación y configuración muy bajos entre otras, a la forma de interconectarlo y a las formas de diagnosticar su funcionamiento. Además otra característica importante que presenta es que permite la comunicación por protocolo TCP/IP con equipos ajenos.

En pocos años ha podido verse cambios en las redes industriales esto debido a la aceptación de Ethernet, en el mundo de la automatización.

Actualmente Industrial Ethernet aún no domina el mercado de la comunicación industrial ya que tienen algunas deficiencias como es que los segmentos de cable se limitan a 100 metros, necesita concentradores, y los concentradores requieren un puerto cada uno para poder conectarse. Por otra parte Ethernet provee a los sistemas de control de más ancho de banda y puede tener redundancia de medio físico.

Por otra parte las ventajas de utilizar comunicación Ethernet son las siguientes:

1. Interoperabilidad, que es la posibilidad de conectar dos dispositivos a través del mismo medio sin conflictos. Los dispositivos deben poder abordar el

mismo medio físico. Esto da a las soluciones basadas en Ethernet la posibilidad de que varios protocolos puedan convivir entre ellos, utilizando si es necesario el mismo medio físico que se usa para conectar los PCs de las oficinas, las cámaras de vigilancia, e incluso las impresoras de red.

2. Plug'n'Play: mediante este sistema se facilita el trabajo al usuario y se reducen costes en el mantenimiento o instalaciones tediosas y largas. Esto se traduce en un sistema que minimice o incluso no necesite un manual de configuración o parametrización. La conectividad de Ethernet, y la facilidad de los equipos que utilizan esta tecnología, se encuentra al alcance de todos los usuarios, pudiendo realizar cualquier trabajador las labores de instalación y configuración mediante software de manera rápida y fácil.
3. Robustez. Una caída de la red industrial puede ser extremadamente dañina a los servicios de control, así Ethernet está preparada para estos fallos. Ethernet suele utilizar varios niveles de redundancia que refuerzan las comunicaciones de los componentes. Adicionalmente a esta redundancia de cableado, Ethernet dispone de mecanismos que se utilizan para encontrar rutas alternativas a la comunicación cuando se produce un fallo en un posible camino.

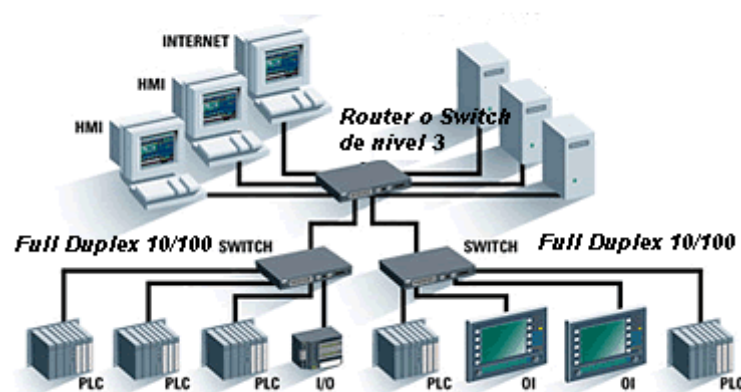
A nivel Físico:

4. La fibra óptica utilizada en Ethernet puede utilizarse en varias áreas donde se necesiten cubrir grandes distancias e incluso en zonas donde la interferencia electromagnética sea muy elevada. Los conectores creados para Industrial Ethernet soportan golpes, vibraciones y temperaturas extremas. El cableado por último también está más que preparado, ya que el par trenzado empleado posee una buena relación S/N (señal-ruido) y realiza un filtrado del ruido a altas frecuencias de transmisión.
5. Control y mantenimiento remoto. A través de Ethernet y gracias a la tecnología IP, los controladores de un proceso pueden estar dotados con servidores

Webs, y éstos tienen acceso a los datos del proceso. Así, podríamos fácilmente por ejemplo comprobar el estado de cientos de sensores, por los que se podría navegar si sus procesos estuvieran en un servidor Web. La reducción de costes por establecimiento de conexiones vía MODEM, impedir que la distancia sea una limitación al trabajo, y permitir la carga de programas vía Internet, son algunas de sus cualidades.

6. Posibilidad de atravesar la frontera del cableado físico mediante la solución Wireless Ethernet. A nivel físico, los Hubs, Bridges, Routers y Switches son el pilar básico de una red basada en Ethernet. Casi igual de importante es elegir estos dispositivos como el cableado que los une.

Ethernet originalmente fue diseñada para trabajar con cableado coaxial, aunque ya prácticamente obsoleto suele utilizarse en su defecto el par trenzado UTP y las fibras ópticas. UTP se encuentra disponible en varias categorías. Utilizando las categorías más altas puede llegarse a soportar frecuencias de 100 Mhz. La fibra óptica ofrece una muy buena inmunidad al ruido y la posibilidad de cubrir distancias de cientos de metros en un único segmento. Las LAN (Local Area Network) tradicionales se diseñan conectando un área de trabajo con un simple bridge a una red central o Backbone. A continuación se muestra un ejemplo de arquitectura de red:



**Ilustración 2** Ejemplo de la arquitectura de una red Ethernet  
**Fuente:** Investigación de Campo

Los equipos de automatización se conectan mediante switches 10/100 Mbits/s full duplex como si fueran PCs tradicionales. Los equipos de planta, y los de oficina,

se conectan a través de un switch con capacidad de nivel 3 (capacidad de leer paquetes a nivel de red), lo cual permite, si se requiere, aislar el tráfico de la oficina con el tráfico de la planta industrial. Este hecho provee a la red de un cierto grado de seguridad.

Actualmente existen unos 14 estándares diferentes en lo relativo a protocolos basados en Industrial Ethernet, todos ellos con sus características propias. Los principales son: EtherCAT, Ethernet PowerLink, Ethernet/IP y Profinet.

### 3.1.2.4. MODELO DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Existen tres procedimientos o modelos distintos usados dentro de la comunicación en el área de las comunicaciones industriales:

- Modelo cliente-servidor.
- Modelo productor-consumidor.
- Modelo de publicación-suscripción

	<b>Modelo Cliente-Servidor</b>	<b>Modelo Productor-Consumidor</b>	<b>Modelo de Publicación-Suscripción</b>
<b>Tipo de Comunicación</b>	Entre iguales (peer to peer)	Difusión (Broadcast)	Multifusión (Multicast)
<b>Estilo de comunicación</b>	Orientada a la conexión	Sin conexión Explícita	Sin conexión explícita
<b>Relación maestro-esclavo</b>	Uno o varios maestros	Varios maestros	Varios maestros
<b>Servicios de Comunicaciones</b>	Confirmados, sin confirmar, con confirmación	Sin confirmar, con confirmación	Sin confirmar, con confirmación
<b>Clases de aplicaciones</b>	Transferencia de parámetros comunicación	Notificación de eventos, alarmas,	Cambios de estado notificación de

cíclica.	sincronización	eventos
----------	----------------	---------

**Tabla 5** Modelo de Sistemas Distribuidos  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

### 3.1.2.5. PLC' S

“El término PLC proviene de las siglas en inglés para Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

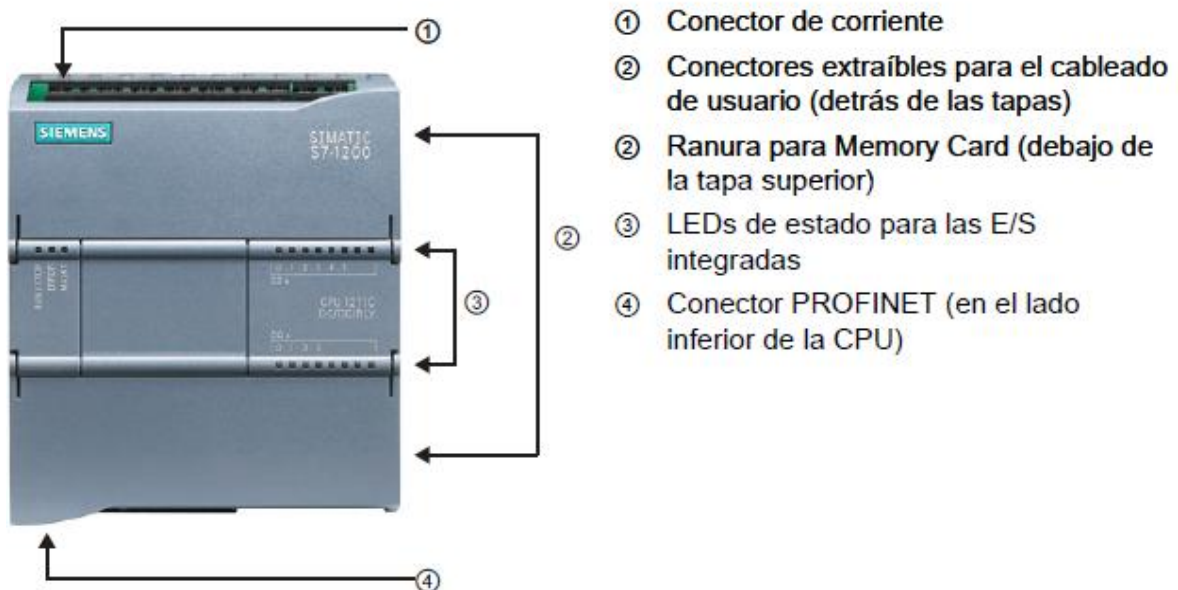
Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos

programables, o PLC, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento”<sup>9</sup>.

### 3.1.2.6 PLC S7 1200

Siemens es una empresa dedicada a la fabricación de múltiples equipos tecnológicos, S7 1200 es un PLC diseñado por esta empresa el cual presenta las siguientes características:



**Ilustración 3** PLC S7 1200  
Fuente: Manual de Sistema SIMATIC S7-1200

### Diseño escalable y flexible

Hasta ocho módulos de señales puede ser conectado a la CPU principal. Una Junta de señal se puede conectar a todas las CPU, lo que le permite personalizar la CPU mediante la adición de digital o analógico de E / S al controlador sin afectar a su tamaño físico. El concepto modular proporcionada por el SIMATIC S7-1200 le permite diseñar un sistema de control para adaptarse exactamente a sus necesidades de aplicación.

### Memoria

<sup>9</sup><http://www.misrespuestas.com/que-es-un-plc.html>

Hasta 50 KB de la memoria de trabajo integrado está provisto de un límite flotante entre el programa de usuario y los datos de usuario. Hasta 2 MB de memoria de carga integrada y 2 KB de memoria retentiva integrado también se proporcionan.

## **Comunicación**

Hasta 3 módulos de comunicación se puede agregar a cualquiera de los SIMATIC S7-1200. El RS485 y RS232 Módulos de comunicación proporcionan la conexión para la realización de Punto-a-Punto de comunicación en serie. Esta comunicación se ha configurado y programado siguiendo las instrucciones extendidas o con las funciones de la biblioteca, la unidad de protocolo USS y Modbus RTU maestro y los protocolos de esclavos, que se incluyen en el STEP 7, sistema de ingeniería básica.

## **Interfaz PROFINET**

La interfaz PROFINET integrada se utiliza para la programación, así como para HMI y la comunicación del PLC a PLC. Además, permite la comunicación con dispositivos de otros fabricantes que utilizan protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz cuenta con un conector RJ45 con funcionalidad de auto-crossover y ofrece tasas de transmisión de datos a 10/100 Mbit / s. Soporta hasta 16 conexiones Ethernet y los siguientes protocolos: TCP / IP nativo, ISO en TCP, y la comunicación S7.

## **Entradas de alta velocidad**

El nuevo SIMATIC S7-1200 viene con un máximo de 6 contadores de alta velocidad. Tres entradas a 100 kHz y tres entradas a 30 kHz se integran para contar y medir

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.



Los PLC son muy utilizados en el campo de los procesos Industriales, y una de las ventajas más importantes del PLC S7- 1200 es que dispone de un puerto Profinet incorporado el cual permite comunicaciones Ethernet que a diferencia de otros autómatas requieren de conversores.

Para realizar la comunicación Ethernet entre varios PLC requieren de un Switch o Router uno de estos es el equipo CSM 1277 que permite construir a bajo coste redes Industrial Ethernet con topología en línea y estrella con funcionalidad de conmutación (Switching).

### **3.1.2.7 CSM 1277**

CSM 1277 permite construir a bajo coste redes Industrial Ethernet con topología en línea y estrella con funcionalidad de conmutación (Switching).El CSM 1277 cuenta con cuatro conectores hembra RJ45 para la conexión de equipos terminales o de otros segmentos de red.



**Ilustración 4** Switch CSM 1277  
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

### **3.1.2.8 STEP 7**

STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC.

El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de Automatización, tales como:

- crear y gestionar proyectos
- configurar y parametrizar el hardware y la comunicación
- gestionar símbolos
- crear programas, p. ej. para sistemas de destino S7
- cargar programas en sistemas de destino
- comprobar el sistema automatizado
- diagnosticar fallos de la instalación

El interface de usuario del software STEP 7 ha sido diseñado siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones. La documentación del software STEP 7 contiene la información completa en la Ayuda en pantalla y en los manuales electrónicos en formato PDF.

## **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

La modalidad de campo por medio de la técnica de observación determino el material disponible en los diferentes Laboratorios del ITSA en la carrera de Electrónica en lo cual se pudo constatar varios autómatas y un PLC S7- 1200 pero se pudo evidenciar la falta de un Switch o router para comunicaciones Ethernet así como también los cables y otro PLC S7 1200 para la realización de una red, para que permita a los estudiantes relacionarse con la comunicación Ethernet Industrial.

### **3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL.**

Con esta investigación se encontraron varios trabajos, manuales y tesis publicadas en la web con lo que se pudo profundizar y reforzar el desarrollo de

esta investigación, las tesis encontradas hacen referencia a varias aplicaciones utilizando comunicación Ethernet.

Se revisaron manuales y bibliografías entre las cuales se pueden citar:

- Sicmatic S7 1200 Manual de Sistema.
- Comunicaciones Industriales con Sicmatic S7, Victor M. Sempere & Sergio Cerdá Fernandez

### **3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL**

Como se explicó en el numeral 3.2.1 el ITSA no dispone de los equipos suficientes para realizar una red Ethernet para controlar Procesos Industriales lo cual perjudica al aprendizaje de los estudiantes en esta área que en la actualidad es de mucha importancia debido a que en las industrias se está utilizando estos protocolos de comunicación, por medio de la entrevista realizada al Ing. Marco Pilatasig se requiere cubrir esta necesidad, puesto que sería un gran aporte para el proceso de aprendizaje del estudiante.

### **3.4 NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1. DESCRIPTIVO**

La revisión de los Laboratorios que posee el ITSA y con la investigación realizada se manifiesta que las Comunicaciones Ethernet aportarían al aprendizaje de los estudiantes ya que teóricamente estos temas si son tratados en clase pero no se pueden realizar prácticas relacionadas con la misma, ya que no se dispone de los equipos necesarios para complementar este estudio.

### **3.5 UNIVERSO POBLACIÓN Y MUESTRA**

La única muestra que se obtiene es la entrevista realizada al Ingeniero Marco Pilatasig docente del ITSA, debido a que es la persona que utiliza el laboratorio de Electrónica para impartir clases relacionadas con el Control de Procesos.

**Nombre:** Ing. Marco Pilatasig.

**Especialidad:** Ingeniería Electrónica.

**Cargo:** Docente del ITSA.

### **3.6 RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de datos se la realizó en base a la observación directa que permitió el análisis que se requería, cabe mencionar que la recolección de datos también fue realizada por medio de páginas de internet y de la entrevista realizada al Ing. Marco Pilatasig

### **3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

En este punto mediante la información necesaria que fue recolectada para nuestro proceso de investigación por medio de la observación, la entrevista, libros en línea, etc. siendo considerados como muestra para un mejor desenvolvimiento de la investigación.

La entrevista fue exitosamente confiable ya que fue representativa y por ofrecer la ventaja de ser más práctica, económica, y la más eficiente en la investigación. Por lo que al término de la entrevista se procedió analizar los resultados de las preguntas previamente formuladas (ver anexo A formato de la entrevista).

### **3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Entrevista realizada al Sr. Ing. Marco Pilatasig docente del ITSA.

## **ENTREVISTA**

## **PREGUNTA 1**

**¿Conoce usted sobre la comunicación Ethernet y Ethernet Industrial?**

### **ANÁLISIS**

Si, Ethernet es un protocolo de comunicación utilizado desde sus inicios para proporcionar internet a las computadoras por medio de las tarjetas de red el avance de esta comunicación en el sector industrial es fuerte gracias a su adaptación a los retos que su nuevo ambiente plantea, Ethernet Industrial sirve para la automatización de procesos.

## **PREGUNTA 2**

**¿Qué beneficios tenemos al utilizar la comunicación Ethernet Industrial?**

### **ANÁLISIS**

La principal ventaja o beneficio es su bajo costo ya que el medio físico para su comunicación es el cable UTP una ventaja sería la velocidad de transmisión de datos y también poder tener la información del proceso a largas distancias utilizando internet.

## **PREGUNTA 3**

**¿Cuáles equipos considera que se puedan conectar mediante una red Ethernet?**

### **ANÁLISIS**

Mediante una red Ethernet se puede realizar una red de computadoras, así como también Ethernet Industrial permite integrar ciertos autómatas o PLC para realizar una red y tener el control de los procesos, en la industria los equipos utilizados pueden ser variadores de frecuencia, PLC S7- 300, S7- 200 y algunos que tiene el puerto de comunicación Ethernet incluido como el S7- 1200.

## **PREGUNTA 4**

**¿Conoce usted acerca del PLC S7- 1200 y su puerto PROFINET?**

### **ANÁLISIS**

Si, el PLC S7 – 1200 es un autómatas muy utilizado en el campo de la industria una de las ventajas de este equipo es la integración del puerto PROFINET en su estructura, este permite la comunicación Ethernet con la computadora o también con otros equipos que utilizan esta comunicación, por medio del software STEP 7 se puede configurar este puerto.

### **PREGUNTA 5**

**¿Cuáles serían los beneficios de la comunicación Ethernet con PLC'S?**

### **ANÁLISIS**

Los beneficios de utilizar PLC en la industria son amplios ya que son dispositivos que tienen entradas y salidas digitales entradas analógicas para poder utilizarlos en cualquier aplicación, complementado con la comunicación Ethernet permitirá tener la información del proceso a largas distancias, el costo de los cables es bajo y el direccionamientos entre maestro y esclavo a través de la direcciones IP es más fácil.

### **PREGUNTA 6**

**¿Cree usted que se debería implementar módulos de comunicación Ethernet en el Laboratorio de Instrumentación Virtual y cuáles serían los beneficios para los estudiantes?**

### **ANÁLISIS**

Es importante implementar módulos para la comunicación Ethernet en el Laboratorio, para que los estudiantes tengan conocimientos nuevos y puedan desenvolverse de mejor manera en el campo profesional.

### **3.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.9.1. CONCLUSIONES**

- Ethernet Industrial presenta muchas ventajas como son la rapidez, simple ampliación, apertura, costes de instalación y configuración muy bajos la forma de interconectarlo y las formas de diagnosticar su funcionamiento. Además otra característica importante que presenta es que permite la comunicación por protocolo TCP/IP.
- El avance de la tecnología Ethernet en el sector industrial es fuerte gracias a su adaptación a los retos que su nuevo ambiente plantea. La permanencia de Ethernet como solución en el tiempo está garantizada por el tremendo apoyo que recibe por parte de los fabricantes de equipos de control, integradores y clientes de sistemas industriales.
- El PLC S7 1200 es un autómata muy útil en el campo de la automatización por sus grandes ventajas expuestas y no requiere de un adaptador para puertos RJ45 ya que este dispone del puerto Profinet incorporado el cual permite las comunicaciones Ethernet.
- El software Step 7 permitirá programar las diversas aplicaciones para los PLC así como también servirá para programar las direcciones de los PLC'S que se utilizan en la red Ethernet.
- Los estudiantes podrán complementar los conocimientos impartidos en la materia de Control de Procesos ya que con la adquisición de equipos que permitan comunicación Ethernet con PLC podrán desarrollar varias

prácticas y así obtengan nuevos conocimientos y puedan desenvolverse de mejor manera en el campo profesional.

- En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no dispone de los equipos necesarios para realizar una red Ethernet como son otro PLC S7 1200 y un Switch CSM 1277, así como también cables UTP.

### **3.9.2. RECOMENDACIONES**

- Se debe adquirir los equipos necesarios para que se puede implementar una red Ethernet con PLC y así poder conocer todas las ventajas que esta presenta en su funcionamiento.
- Los cables UTP son un medio de conexión, para evitar problemas como por ejemplo el mal funcionamiento de una red, se debe saber todo lo correspondiente a cables UTP (reglamento, normas, clases de cables, etc.) también es necesario identificar si en realidad el problema proviene de estar mal ponchado el cable o puede ser que sus cables internos no tengan conexión.



## CAPÍTULO IV

### FACTIBILIDAD DEL TEMA

#### 4.1 Técnica

Consiste en realizar un estudio de la tecnología existente en el ITSA y comparar con los equipos que se propone adquirir para realizar la implementación de una Red Ethernet con los PLC'S S7 1200 para la integración de procesos industriales.

ASPECTO	SITUACION ACTUAL (ITSA)	DEBERIA SER (ITSA)
Red Ethernet con los PLC'S S7 1200	No se dispone de una red Ethernet entre PLC.	Contaremos con el equipo necesario para realizar una Red Ethernet entre PLC.
Funcionamiento	No conocemos las ventajas y beneficios que puede proporcionar una Red Ethernet en los Procesos Industriales.	Conoceremos y podremos manipular PLC los cuales utilizaran una Red Ethernet lo cual permitirá fortalecer los conocimientos impartidos en clase
Mantenimiento, inspección	No se ha realizado prácticas utilizando PLC con una Red Ethernet	Podremos realizar prácticas con este equipo el cual permitirá desarrollar diferentes aplicaciones.

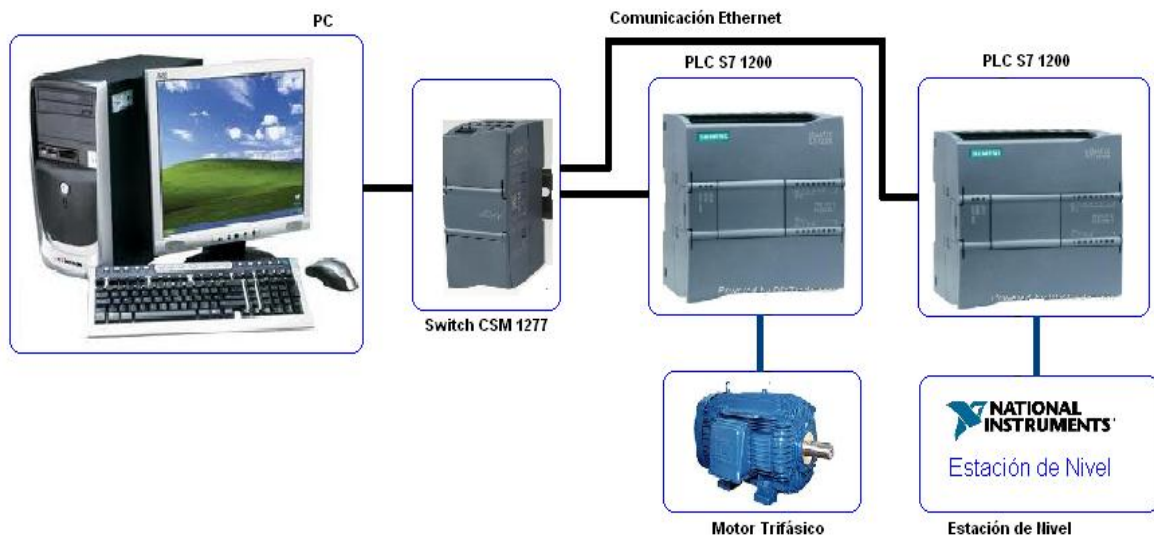
**Tabla 6** Tabla de comparación de diferentes aspectos.  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

## 4.2 Operacional

1.- Por medio del Softwar Step 7 se programara los Procesos que realizaran los PLC S7 1200 en este caso el control de la estación de nivel y el control del motor trifasico del Laboratorio de Instrumentación Virtual.

2.- Se realizara la adquisicion del Switch CSM 1277 el cual permitira conectar por medio de la cables UTP y los conectores RJ 45 los dos PLC S7 1200 y este a su vez se conectara a la PC.

3.- Una vez realizado las conexiones en la PC se realizara el control y monitoreo de los dos procesos que se estaran llevando acabo en tiempo real.



**Ilustración 5** Esquemático de la Comunicación Ethernet  
**Elaborado por:** Paúl Masapanta

## 4.3 Económico

El recurso económico que se necesita se determinó después de las averiguaciones pertinentes de los materiales y herramientas que se utilizarán en el proyecto.

Por eso se determinó que el proyecto es factible para ejecutar en los pasos

requeridos, los costos que lleva adquirir los materiales son los siguientes:

Implementación de Equipos Tecnológicos:

<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado</b>
PLC S7 1200 CPU 1214 C	\$475
Cable cruzado con conectores RJ45	\$50
Switch Ethernet CSM 1277	\$150
<b>TOTAL</b>	<b>\$675</b>

**Tabla 7** Gastos Tecnológicos  
Elaborado por: Paúl Masapanta

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Útiles de oficina	\$10
Internet	\$25
Impresiones	\$35
Anillado	\$10
Copias	\$10
<b>TOTAL</b>	<b>\$90</b>

**Tabla 8** Gastos Primarios  
Elaborado por: Paúl Masapanta

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Alimentación	\$ 25
Movilización	\$ 25
<b>TOTAL</b>	<b>\$50</b>

**Tabla 9** Gastos secundarios  
Elaborado por: Paúl Masapanta

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Gastos principales	\$675
Gastos primarios	\$90
Gastos secundarios	\$50
<b>TOTAL</b>	<b>\$815</b>

**Tabla 10** Total de gastos para realizar el proyecto  
Elaborado por: Paúl Masapanta

## **CAPITULO V**

### **DENUNCIA DEL TEMA**

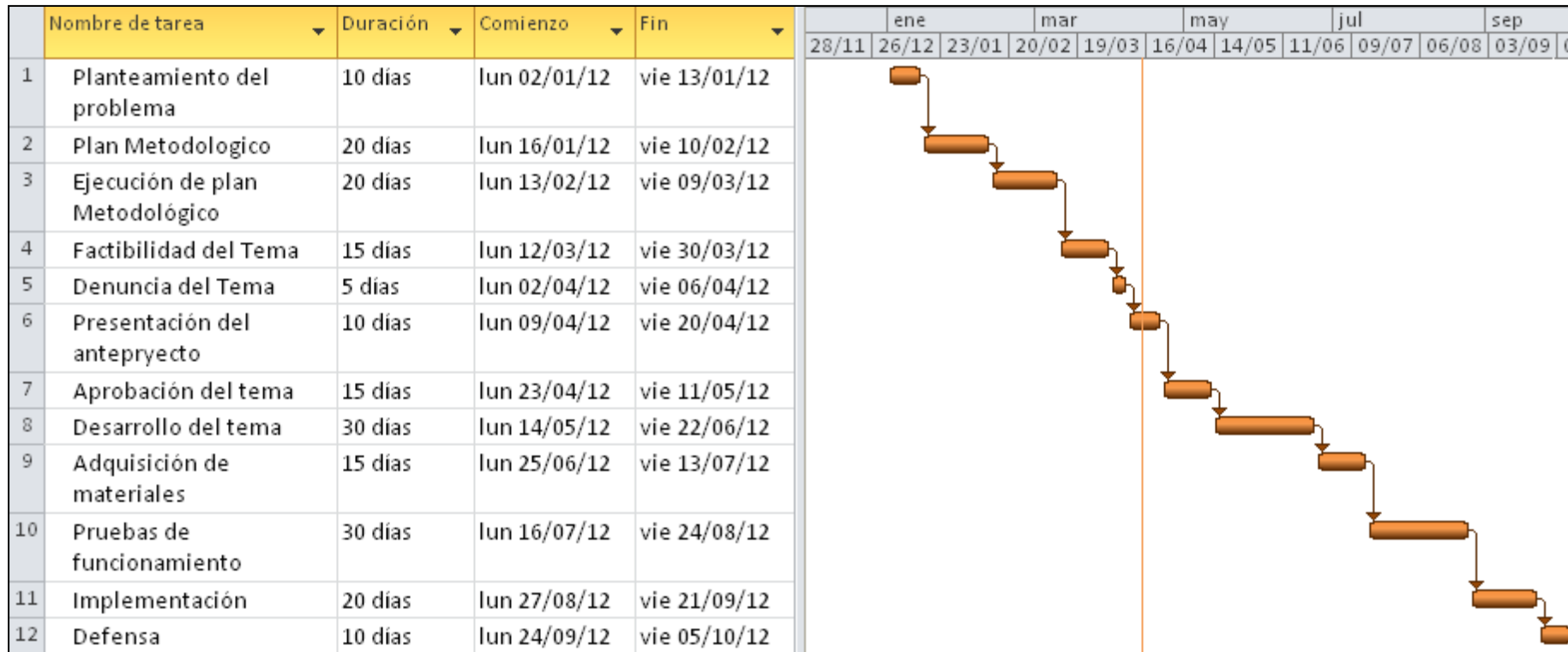
En base a la investigación realizada se ha podido detallar que las redes Ethernet en la industria son ampliamente utilizadas y los PLC's S7 1200 poseen un puerto de comunicación PROFINET el cual permite esta comunicación, este estudio permitirá mejorar el aprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica.

Por lo anteriormente mencionado se ha expuesto el siguiente tema:

“Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y velocidad de un Motor Trifásico utilizando la red Ethernet con los PLC'S S7- 1200 para el Laboratorio de Instrumentación Virtual”.

## CRONOGRAMA

Tabla 11 Cronograma



A/C. Paul Vinicio Masapanta Medina

**INVESTIGADOR**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Accionadores.-** Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:

**Backbone.-** Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante cables de fibra óptica

**Bridge.-** Un puente de red o bridge es un dispositivo de interconexión de redes de ordenadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Este interconecta segmentos de red (o divide una red en segmentos) haciendo la transferencia de datos de una red hacia otra con base en la dirección física de destino de cada paquete

**Hubs.-** Un concentrador o hub es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

**Interoperabilidad.-** La habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.

**Ofimáticas.-** Equipamiento hardware y software usado para crear, coleccionar, almacenar, manipular y transmitir digitalmente la información necesaria en una oficina para realizar tareas y lograr objetivos básicos.

**OSI.-** Modelo de interconexión de sistemas abiertos, también llamado OSI (en inglés open system interconnection) es el modelo de red descriptivo creado por la Organización Internacional para la Estandarización en el año 1984. Es decir, es un marco de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones

**Parametrización.-** Es la propiedad de un módulo, o de una construcción sintáctica del lenguaje, para utilizar datos de varios tipos. Es un mecanismo muy útil porque permite aplicar el mismo algoritmo a tipos de datos diferentes; es una facilidad que permite separar los algoritmos de los tipos de datos, aumentando de esta manera la modularidad de los programas y minimizando la duplicación de código

**Profinet.-** Se basa en estándares de TI acreditados y ofrece funcionalidad de TCP/IP completa para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles.

**Redundancia.-** Es una propiedad de los mensajes, consistente en tener partes predictibles a partir del resto del mensaje y que por tanto en sí mismo no aportan nueva información o "repiten" parte de la información.

**Router.-** También conocido como encaminador, enrutador, direccionador o ruteador es un dispositivo de hardware usado para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el direccionamiento de paquetes de datos entre ellas o determinar la mejor ruta que deben tomar

**Semiduplex.-** Se denomina semidúplex a un modo de intercambio de datos entre dos terminales, en la que la transmisión se lleva a cabo de manera alternativa. Esto es, mientras un terminal está transmitiendo el otro solo puede recibir y viceversa.

**Servidor Web.-** Un servidor web o servidor HTTP es un programa informático que procesa una aplicación del lado del servidor realizando conexiones bidireccionales y/o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente generando o cediendo una respuesta en cualquier lenguaje o Aplicación del lado del cliente.

**TCP/IP.-** Es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN).

**Wireless.-** La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

### **LIBROS**

- Folleto de introducción a proyectos- M.Sc. Giovanni Vizuete- 2011
- Nociones Elementales de investigación Científica-Patricio Alvarado- 1983
- Comunicaciones Industriales con Sicmatic S7, Víctor M. Sempere & Sergio Cerdá Fernandez.
- Proyecto de grado elaborado por: Wilson Gustavo Chango Sailema
- Proyecto de grado elaborado por: Miguel Álvaro Yunta

### **PAGINAS WEB**

- <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>
- <http://www.misrespuestas.com/que-es-un-plc.html>
- [http://acelab.com/ACELAB/index.php?main\\_page=index&cPath=1\\_20\\_7](http://acelab.com/ACELAB/index.php?main_page=index&cPath=1_20_7)
- <http://rowse4automation.com/6gk72771aa000aa0-p-12302.html>
- <http://cableutpnubiaardila.blogspot.com/>



**ANEXOS**

## ANEXO "A"

### INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

#### CARRERA ELECTRÓNICA

ENTREVISTA DIRIGIDA AL INGENIERO MARCO PILATASIG DOCENTE DEL  
ITSA.

#### OBJETIVO:

Recopilar información sobre las necesidades de equipos didácticos dentro de los laboratorios del ITSA.

#### DATOS INFORMATIVOS

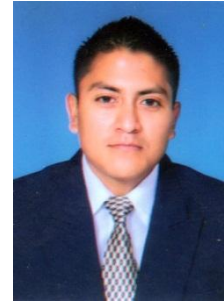
**Lugar:** Laboratorio de Instrumentación Virtual  
**Fecha:** 27/03/2012  
**Entrevistador:** Paúl Masapanta  
**Entrevistado:** Ing. Marco Pilatasig  
**Tipo de entrevista:** Estructurada.

1. ¿Conoce usted sobre la comunicación Ethernet y Ethernet Industrial?
2. ¿Qué beneficios tenemos al utilizar comunicación Ethernet Industrial?
3. ¿Cuáles equipos considera que se pueden conectar mediante una red Ethernet?
4. ¿Conoce usted acerca del PLC S7 1200 y su puerto PROFINET?
5. ¿Cuáles serían los beneficios de una comunicación Ethernet con PLC'S?
6. ¿Cree usted que se debería implementar módulos de comunicación Ethernet en el Laboratorio de Instrumentación Virtual y cuáles serían los beneficios hacia los estudiantes?

# CURRICULUM VITAE

## **DATOS PERSONALES**

Apellidos: MASAPANTA MEDINA  
Nombres: PAUL VINICIO  
Cedula de ciudadanía: 050314475-0  
Estado Civil: SOLTERO  
Ciudad: LATACUNGA  
Dirección Domiciliaria: AV. UNIDAD NACIONAL Y GABRIELA MISTRAL  
Teléfono: 0979115367



## **ESTUDIOS REALIZADOS:**

### **Primaria:**

- ❖ ESCUELA FISCAL "DR. ISIDRO AYORA"

### **Secundaria:**

- ❖ INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR "VICENTE LEÓN"

### **Superior:**

- ❖ INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAUTICO - Egresado

### **TÍTULOS OBTENIDOS:**

- ❖ BACHILLER FÍSICO-MATEMÁTICO
- ❖ TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA
- ❖ SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLÉS

### **CURSOS REALIZADOS:**

- ❖ SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLÉS

### **EXPERIENCIAS LABORALES:**

- ❖ .MINGA S.A.
- ❖ EMPRESA DE EMBUTIDOS "DON JORGE" ÁREA DE MOTORES TRIFÁSICOS

## ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, 6 de Marzo del 2013

Yo, ING PABLO PILATÁSIG en calidad de encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, me permito informar lo siguiente:

El proyecto de graduación elaborado por el Sr. **MASAPANTA MEDINA PAÚL VINICIO**, con el tema: “**MONITOREO Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE NIVEL Y VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO UTILIZANDO LA RED ETHERNET CON LOS PLC'S S7- 1200 PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.**”, ha sido efectuado de forma satisfactoria en las dependencias de mi cargo y que la misma cuenta con todas las garantías de funcionamiento, por lo cual extiendo este aval que respalda el trabajo realizado por el mencionado estudiante.

Por tanto me hago cargo de todas las instalaciones realizadas por el Sr. estudiante.

**Atentamente**

---

**ING. PABLO PILATÁSIG**  
**ENCARGADO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL**

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR**

---

**MASAPANTA MEDINA PAÚL VINICIO**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

---

**Ing. Pablo Pilatásig Director Carrera de Electrónica Mención  
Instrumentación & Aviónica**

Latacunga, 6 de Marzo del 2013

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, **MASAPANTA MEDINA PAÚL VINICIO**, Egresado de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2012 con Cédula de Ciudadanía N° **050314475-0**, autor del Trabajo de Graduación **Monitoreo y Control de la Estación de Nivel y Velocidad de un Motor Trifásico utilizando la red Ethernet con los PLC'S S7- 1200 para el Laboratorio de Instrumentación Virtual**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Masapanta Medina Paúl Vinicio**

**CI.050314475-0**

Latacunga, 6 de Marzo del 2013