



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

TEMA:

**“MÓDULO DE RED DE CONTROL INDUSTRIAL MEDIANTE PROFINET
MODBUS ETHERNET-SERIAL Y COMUNICACIÓN RS-485”**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

AUTOR: KAREN NATALIA GUERRERO GRIJALVA

DIRECTOR: ING. WASHINGTON MOSQUERA

Ibarra, 28 de febrero 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVESIDAD TÉCNICA DE NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	040165614
Apellidos y Nombres	Guerreo Grijalva Karen Natalia
Email	Karen_natalia_guerrero@hotmail.com
Teléfono fijo	
Teléfono móvil	0386287325
DATOS DE LA OBRA	
Título	MÓDULO DE RED DE CONTROL INDUSTRIAL MEDIANTE PROFINET MODBUS ETHERNET-SERIAL Y COMUNICACIÓN RS-485”
Autor	Karen Natalia Guerrero Grijalva.
Fecha	21 de Junio de 2016
Programa	
Título por el que se aspira	Ingeniero Mecatrónico

2. AUTORIZACIÓN USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Karen Natalia Guerrero Grijalva, con cédula de Identidad N°. 0401656814, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la ley de educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

La autora manifestó que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor a tercero, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido der la misma y que saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



Guerrero Grijalva Karen Natalia
CI 040165614

DECLARACIÓN

Yo, Karen Natalia Guerrero Grijalva, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

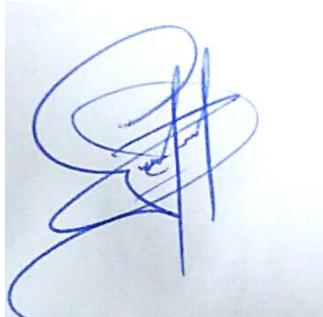
A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.



C.I 0401656814

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Karen Natalia Guerrero Grijalva, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a vertical line, positioned above a horizontal line.

ING. Washington Mosquera MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y estar cumpliendo una meta más, a mis padres por su apoyo incondicional paciencia y comprensión y a esta casona por abrirme sus puertas para hacer realidad mi sueño, sueño de convertirme en una profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi hermana que es el pilar fundamental de mi vida y a todas las personas que creyeron en mí, las que me impulsaron día a día a crecer y hoy se convierte en realidad ese escalón esa meta más hacia el éxito.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
REDES INDUSTRIALES	1
1.1 RED INDUSTRIAL	1
1.2 TIPOS DE RED DE CONTROL	2
1.2.1 RED DE CONTROL PROFIBUS	3
1.2.2 RED DE CONTROL PROFINET	3
1.2.3 RED DE CONTROL ETHERNET	4
1.2.4 RED DE CONTROL DEVICENET	5
1.2.5 RED DE CONTROL RS 485 - RS 232	5
1.2.6 RED DE CONTROL MODBUS TCP/IP	6
1.2.7 TOPOLOGÍAS DE RED	6
1.2.7.1 Fast Ethernet	7
1.2.7.2 Gigabit Ethernet	7
1.2.7.3 Full Duplex	7
1.2.7.4 Switching	7
1.2.7.5 Autocrossover	7
1.2.7.6 Autosensing	7
1.2.7.7 Autonegotiation	7
1.2.8 CABLES DE COMUNICACIÓN	8
1.2.8.1 Características	8
1.2.8.2 Conector RJ45	8
1.3 CONTROL INDUSTRIAL AUTOMÁTICO	9
1.3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	9
1.3.2 INTERFAZ HOMBRE MAQUINA HMI	10
1.4 SENSORES	11
1.5 ACTUADORES	11
CAPÍTULO II	13
DISEÑO DEL SISTEMA	13
2.1 DISEÑO DE RED DE CONTROL	14
2.1.1 CANTIDAD DE DATOS EN EL PROCESO DE TRANSMISIÓN	14
2.1.1.1 Multímetro digital	14
2.1.1.2 Variador de velocidad	16
2.1.1.3 Sensor de distancia	17
2.1.1.4 Pantalla HMI	17
2.1.2 ARQUITECTURA DE LAS REDES DE CONTROL	17
2.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA UNIDAD DE AUTOMATIZACIÓN	18
2.1.4 CONFIGURACIÓN DE UNA LÍNEA DE RED DE CONTROL	19
2.1.5 VARIANTES DE LA RED DE CONTROL	19
2.1.6 TOPOLOGÍA DE LA RED DE CONTROL	19
2.1.7 VELOCIDAD Y DISTANCIA DE TRANSMISIÓN DE DATOS	20
2.1.8 VERSIÓN DE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	20
2.1.9 TIEMPO DE CICLO DE BUS	21
2.2 DISPOSITIVOS ESCLAVOS UTILIZADOS	22
2.2.1 PLC S7 1200 1212 DC DC	23
2.2.2 MÓDULO DE EXPANSIÓN CM 1241 MODBUS RTU-USS	23
2.2.2.1 Característica de los datos de comunicación S7	24
2.2.3 MULTIMETRO SENTRO PAC3200	24

2.2.4 VARIADOR DE FRECUENCIA	26
2.2.4.1 Funciones de variador de velocidad	26
2.2.4.2.1 <i>Característica de la función control del convertidor</i>	27
2.2.4.2.2 <i>Característica de la función fuentes de mando</i>	27
2.2.4.2.3 <i>Característica de la fuente de consigna</i>	27
2.2.4.2.4 <i>Configuración de consignas</i>	27
2.2.4.2.5 <i>Regulación del motor</i>	27
2.2.4.2.1 <i>Protecciones</i>	28
2.2.4.2.2 <i>Avisos de estado</i>	28
2.2.4.2.3 <i>Funciones específicas</i>	28
2.2.5 PANTALLA HMI KP-400 COLOR	28
2.2.6 CONVERTIDOR RS485-232	29
2.2.7 TARJETA ARDUINO	30
2.2.8 SWITCH DE COMUNICACIÓN	31
2.2.9 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE 24 VDC	31
2.2.10 TARJETA ELECTRÓNICA DE 5-10 VDC	32
2.2.11 DIMENSIONAMIENTO MOTOR TRIFÁSICO	32
2.2.11.1 Potencia	32
2.2.11.2 Velocidad	33
2.2.11.3 Voltaje y frecuencia	34
2.2.11.4 Tamaño y forma constructiva	34
2.2.11.5 Hermeticidad o grado de protección	35
2.2.11.6 Condiciones de servicio	36
2.2.11.7 Limitaciones de corriente de arranque	36
2.2.12 FUSIBLES	36
2.2.13 DISYUNTORES Y RELES	37
2.2.14 DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO	37
2.2.12.1 Descripción del funcionamiento	38
2.2.12.2 Selección de los cilindros neumáticos	39
2.2.12.2.1 <i>Fuerza Máxima</i>	39
2.2.12.2.2 <i>Diámetro mínimo de vástago</i>	40
2.2.12.2.3 <i>Fuerza Teórica (SMC, 2003)</i>	40
2.2.12.2.4 <i>Consumo de aire en el cilindro</i>	42
2.2.12.2.5 <i>Electroválvulas</i>	43
2.2.12.2.6 <i>Tubería</i>	44
2.2.12.2.7 <i>Elementos adicionales</i>	45
2.2.12.2.8 <i>Selección unidad técnica de mantenimiento (UTM)</i>	45
2.2.12.2.9 <i>Compresor</i>	46
2.2.15 COMUNICACIONES	48
2.2.13.1 Configuración Servidor TCP/IP con Labview NI OPCSERVER	48
2.2.13.2 Agregar un dispositivo al canal de comunicación	51
2.2.13.3 Configuración de TAGS	55
2.2.16 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN EN LABVIEW	56
2.2.17 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA HMI EN LABVIEW	59
2.2.18 PROGRAMACION PLC S7-1200 TIA PORTAL	61
2.2.16.1 Selección de la CPU	61
2.2.16.2 Configuración de la red	62
2.2.16.3 Configuración Ethernet del PLC S7	62
2.2.16.4 Configuración Modbus TCP/IP	63
2.2.16.5 Configuración USS y Modbus RTU	65
2.2.16.6 Programación y configuración de sensor de distancia	67
2.2.16.7 Configuración Profinet	69

CAPÍTULO III	72
CONSTRUCCIÓN	72
3.1 ELECTRÓNICA Y CONTROL	72
3.1.1 TABLERO DE CONTROL	73
3.1.2 SENSOR ULTRASÓNICO	76
3.1.3 VARIADOR DE VELOCIDAD	77
3.1.4 MÓDULO ARDUINO UNO	78
3.1.5 CONVERTOR DE VOLTAJE	79
3.1.6 MONTAJE HMI POR COMPUTADOR	80
3.2 ELECTRONEUMÁTICA	81
3.3 PRUEBAS DEL SISTEMA	82
3.3.1 PRUEBA RED DE CAMPO MODBUS	82
3.3.1.1 Prueba modbus tcp/ip	82
3.3.1.2 Prueba Modbus Serial	83
3.3.2 PRUEBA DE RED DE CAMPO PROFINET	84
3.3.3 PRUEBA RED DE CAMPO SERIAL 485	84
CAPITULO IV	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
4.1 CONCLUSIONES	86
4.2 RECOMENDACIONES	87
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	88
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1. 1 Comparación cableado tradicional y de campo	1
Figura 1. 2 Tipos de red de control	2
Figura 1. 3 Redes Industriales	2
Figura 1. 4 Red de campo Profibus	3
Figura 1. 5 Red de campo PROFINET	4
Figura 1. 6 Red de campo Ethernet	4
Figura 1. 7 Red de control DEVICENET	5
Figura 1. 8 Configuración RS 485-RS 232	6
Figura 1. 9 Red de Campo Modbus TCP/IP	6
Figura 1. 10 Cable de conexión	8
Figura 1. 11 Cable y conector	8
Figura 1.12 Controlador Lógico Programable	9
Figura 1.13 Pantalla HMI	10
Figura 1. 14 Esquema general de adquisición de datos	10

Figura 1. 15 Sensores.....	11
Figura 1. 16 Actuadores	11
Figura 1. 17 Esquema general de actuadores neumáticos	12

CAPITULO 2

Figura 2. 1 Esquema general del sistema	13
Figura 2. 2 Arquitectura de la red	18
Figura 2. 3 Topología de forma estrella	20
Figura 2. 4 PLC s7-1200	23
Figura 2. 5 CM1241.....	24
Figura 2. 6 PAC 3200 Multimedidor.....	25
Figura 2. 7 Borneras PAC3200.....	25
Figura 2. 8 Variador de velocidad.....	26
Figura 2. 9 Pantalla Kp- 400	29
Figura 2. 10 Conversor Rs485.....	29
Figura 2. 11 Programación Arduino.....	30
Figura 2. 12 Switch.....	31
Figura 2. 13 Fuente Conmutada SP	31
Figura 2. 14 Circuito conversor 5-10 VDC.....	32
Figura 2. 15 Forma Constructiva	35
Figura 2. 16 Motor eléctrico 1 HP	36
Figura 2. 65 Fusibles.....	37
Figura 2. 66 Disyuntor y reles	37
Figura 2. 17 Circuito Neumático	38
Figura 2. 18 Simulación en FluidSim	39
Figura 2. 19 Característica electroválvula MetalWork2009.....	44
Figura 2. 20 Ventana inicial del software NI OPCServer	48
Figura 2. 21 Configuración del canal de comunicación.....	49
Figura 2. 22 Selección del driver	49
Figura 2. 23 Selección tarjeta de red.....	50
Figura 2. 24 Optimización de escritura	50
Figura 2. 25 Ventana fin de configuración	50
Figura 2. 26 Agregar dispositivo al canal.....	51
Figura 2. 27 Ventana para agregar la serie del PLC.....	52
Figura 2. 28 Configuración dirección IP.....	52
Figura 2. 29 Tiempos de comunicación.....	52
Figura 2. 30 Auto Demotion	53
Figura 2. 31 Parámetros de comunicación.....	53
Figura 2. 32 Parámetros de comunicación de S7	54
Figura 2. 33 Opciones de direccionamiento	54
Figura 2. 34 Datos configurados de finalización.....	54

Figura 2. 35 Ventana de configuración del canal	55
Figura 2. 36 Configuración de TAGS del sistema	55
Figura 2. 37 Pantalla principal de Labview	56
Figura 2. 38 Ventana de proyecto del sistema HMI	56
Figura 2. 39 Creación de Nuevo I/O Server	57
Figura 2. 40 Agregar variables del PLC S71200	57
Figura 2. 41 Propiedades de las Variables.....	58
Figura 2. 42 Árbol del Proyecto después de agregar variables	58
Figura 2. 43 Creación de nuevo VI en el Árbol de proyectos.....	59
Figura 2. 44 HMI por computador en Labview	60
Figura 2. 45 Entorno de programación de Labview	60
Figura 2. 46 Ventana inicial de TiaPortal V 13.0.1	61
Figura 2. 47 Dispositivos agregados en tiempo de diseño	61
Figura 2. 48 Red TCP/IP Ethernet, Profibus, RS485 y Modbus diseñada	62
Figura 2. 49 Activación de la comunicación	62
Figura 2. 50 Configuración IP del PLC	63
Figura 2. 51 Configuración del modulo PAC3200	63
Figura 2. 52 Programación Modbus tcp/IP	64
Figura 2. 53 Configuración Comunicación 485	65
Figura 2. 54 Dirección ID del modulo CM1241	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. 55 Bloque de programación USS.....	66
Figura 2. 56 Bloque de programación Modbus RTU.....	66
Figura 2. 57 Configuración del CANAL0 de la entrada analógica	67
Figura 2. 58 Bloque de adquisición de señal analógica del sensor de proximidad	67
Figura 2. 59 Bloque de escala de la señal analógica.....	68
Figura 2. 60 Configuración HMI KP-400 Profinet	69
Figura 2. 61 Pantalla de inicio y direccionamiento de variables	69
Figura 2. 62 Ventana grafica del PAC3200	70
Figura 2. 63 Ventana de control de cilindros y visualización de sensores	70
Figura 2. 64 Árbol de métodos del PLC.....	71

CAPITULO 3

Figura 3. 1 Tablero de red de control.....	73
Figura 3. 2 PLC Siemens s7	75
Figura 3. 3 Variador de velocidad	78
Figura 3. 4 Módulo Arduino instalada	79
Figura 3. 5 Diseño circuito conversor en CAD.....	80
Figura 3. 6 Montaje circuito conversor.....	80
Figura 3. 7 Conexión HMI para el control de red	81
Figura 3. 8 Montaje de sistemas electroneumático en tablero	82
Figura 3. 9 MODBUS ethernet pantalla HMI y LABVIEW	83

Figura 3. 10 Prueba Modbus Serial USS	83
Figura 3. 11 Control de cilindros neumáticos	84
Figura 3. 12 Comunicación serial.....	84
Figura 3. 13 Sistema HMI para red de control.....	85

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2. 1 Transmisión de datos por el Multimetro	14
Tabla 2. 2 Transmisión de datos del variador de velocidad.....	16
Tabla 2. 3 Transmisión de datos del sensor ultrasónico	17
Tabla 2. 4 Tabla de comparación de elementos de red	17
Tabla 2. 5 Variantes entre las red de control.....	19
Tabla 2. 6 Versiones de la red de control	21
Tabla 2. 7 Funciones de las bornas del multimetro pac 3200	25
Tabla 2. 8 Consumo de Corriente DC	32
Tabla 2. 9 Formas de protección térmica para motor eléctrico.....	33
Tabla 2. 10 Tensión de alimentación de motor eléctrico.....	34
Tabla 2. 11 Grado de protección	35
Tabla 2. 12 Especificaciones motor trifásico	36
Tabla 2. 13 Descripción del sistema neumático	38
Tabla 2. 14 Diagrama de fase.....	38
Tabla 2. 15 Coeficiente por longitud libre	40
Tabla 2. 16 Características técnicas del cilindro neumático	42
Tabla 2. 17 Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción según catálogo general METALWORK 2009	42
Tabla 2. 18 Selección de Electroválvulas	43
Tabla 2. 19 Tubo poliuretano	44
Tabla 2. 20 Conector rápido T	45
Tabla 2. 21 Conector rápido recto	45
Tabla 2. 22 Silenciador.....	45
Tabla 2. 23 Selección FRL.....	46
Tabla 2. 24 Pérdidas en los elementos neumáticos.....	47
Tabla 2. 25 Propiedades del compresor.....	48
Tabla 2. 26 Direcciones de memoria PAC3200	64
Tabla 2. 27 Valores de conversión análogo digital.....	68

CAPITULO III

Tabla 3. 1 Tabla de distribución.....	75
Tabla 3. 2 Calibración del sensor ultrasónico.....	76
Tabla 3. 3 Tabla de conversión Siemens.....	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO II

Ecuación 2. 1Tiempo de ciclo.....	21
Ecuación 2. 2 Tasa de transmisión.....	21
Ecuación 2. 3Ecuación Velocidad Síncrona.....	34
Ecuación 2. 4Ecuación Velocidad Asíncrona.....	34
Ecuación 2. 5Fuerza máxima aplicada.....	39
Ecuación 2. 6 Diámetro mínimo del vástago.....	40
Ecuación 2. 7 Fuerza teórica Avance.....	40
Ecuación 2. 8 Fuerza al retroceso.....	41
Ecuación 2. 9 Caudal requerido.....	43
Ecuación 2. 10 Presión de entrega al compresor.....	47
Ecuación 2. 11Potencia requerida.....	47

RESUMEN

Los sistemas de redes de control en la actualidad son importantes para el desarrollo de sistemas de automatización a nivel industrial para mejorar el rendimiento, calidad y eficiencia en los procesos de desarrollo productivos, de tal forma es necesario que la carrera en Mecatrónica brinde conocimientos de forma práctica sobre estos temas.

Por esta necesidad el presente trabajo de grado tiene como objetivo construir el módulo de red de control industrial mediante los tres protocolos profinet, modbus serial Ethernet y COM 485 para el desarrollo de prácticas en laboratorio.

La red de control está diseñada para la interconexión de los protocolos de comunicación industrial, la comunicación profinet que soporta con el PLC siemens s7 conecta a la pantalla HMI Kp-400 para la visualización de información.

Modbus Ethernet conecta al sistema Pac3200 para la adquisición de datos de líneas de voltaje en alterna, frecuencias y potencias.

La red Modbus serial permite la conexión con el variador de velocidad Siemens que permite el arranque, sentido de giro y control de velocidad del motor.

El COM Serial 485 permite la conexión de la tarjeta arduino para el TX Rx del sensor de posición. Toda esta información se visualiza en la pantalla y el software realizada en Labview.

ABSTRACT

Systems control networks today are important for the development of automation systems at industrial level to improve performance, quality and efficiency in the process of productive development, so it is necessary that the race in Mechatronics provide knowledge so practice on these issues.

For this need this degree work aims to build the network module industrial control profinet by the three protocols, Ethernet and serial Modbus COM 485 for the development of laboratory practices.

The control network is designed for the interconnection of industrial communication protocols, which supports PROFINET communication with Siemens S7 PLC connected to the HMI Kp-400 screen for displaying information.

Modbus Ethernet connects to PAC3200 system for data acquisition AC line voltage, frequency and power.

The serial Modbus network allows the connection to the Siemens drive speed that allows the start, direction of rotation and engine speed control.

Serial COM 485 allows connection of arduino TX Rx card for the position sensor. All this information is displayed on the screen and the software made in Labview.

PRESENTACIÓN

Los cambios y el constante desarrollo de la tecnología hacen que las innovaciones en procesos industriales están dando pasos agigantados por la adaptación de tecnologías para procesos a nivel industrial complejas, por ésta razón los estudiantes de ingeniería nos vemos obligados en adquirir más experiencia en el manejo de nuevos equipos tecnológicos.

El presente Módulo Didáctico de red de control industrial está enfocado al desarrollo e innovación para empresas industriales que necesitan mejorar sus procesos industriales motivando en el aprendizaje en laboratorios de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, siendo las fases fundamentales de la ingeniería: a) Diseño Mecánico, b) Neumática, c) Electrónica Control y redes industriales, mismas que abarcan todo lo esencial de mecatrónica, el documento consta de 4 capítulos en los que se describen el procedimiento seguido para el desarrollo del proyecto planteado.

El primer capítulo se enfoca en los conceptos, principios y fundamentos eléctricos electrónicos y de control de los elementos que en conjunto forman en el desarrollo del módulo didáctico de red de control.

El segundo capítulo está encaminado en el dimensionamiento y diseño eléctrico, electrónico, neumático, control y redes de automatización industrial del módulo didáctico de redes de control.

El tercer capítulo constituye la parte de construcción y pruebas de funcionamiento, es decir, la implementación de todos los sistemas mecatrónicos en el módulo para su posterior prueba de funcionamiento.

En el cuarto capítulo se describe las conclusiones, recomendaciones y anexos obtenidos luego de realizar el presente proyecto.

CAPÍTULO I

REDES INDUSTRIALES

Las industrias necesitan controlar uno o varios actuadores y adquirir datos físicos en varios procesos de producción para ser registrados en bases de datos y que sean visualizados por pantalla de un computador o sistemas móviles, la automatización industrial logra realizar estos aspectos necesarios para la producción, si los dispositivos a controlar se encuentran a largas distancias para realizar de forma remota o para ser controlados a cortas distancias.

1.1 RED INDUSTRIAL

Las redes industriales es la interconexión entre uno o varios dispositivos a nivel industrial (PLC, sensores, actuadores) mediante un medio o dispositivo de red, los tipos de red dependen de la aplicación a realizar.

Los dispositivos de campo actúan directamente sobre el proceso productivo que a este nivel deben poseer características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real en un ambiente hostil donde existe cantidad de ruido electromecánico y condiciones ambientales duras.

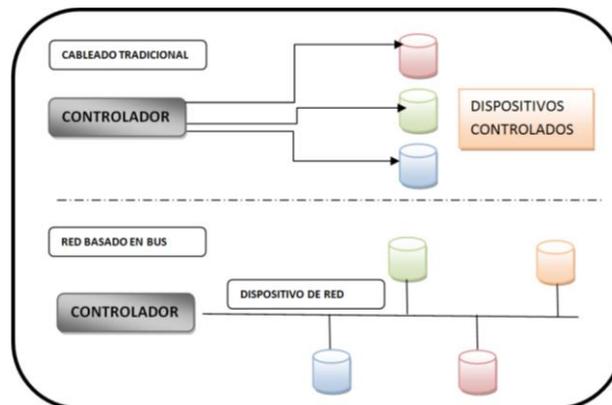


Figura 1. 1 Comparación cableado tradicional y de campo

Fuente: Propia

Por una sola línea de comunicación basado en una red de bus los dispositivos industriales logran comunicarse entre sí y realizar las acciones programadas durante el proceso industrial, estas acciones pueden observarse desde el computador o por un HMI externo, figura 1.1

1.2 TIPOS DE RED DE CONTROL

Las conexiones de red entre los dispositivos industriales como PLC, sensores, actuadores, son de forma local LAN (Local Area Network) o de forma global para supervisar a largas distancias o desde otras ciudades WAN (World Area Network) mediante otros dispositivos de campo.

Al realizar la configuración de red de bus de campo (figura 1.1), existe un máster que envía que organiza y envía la comunicación y las peticiones que el Slave recibe para responder las órdenes del máster, la conexión de que cada elemento de la red forma los nodos, teniendo dirección independiente a la otra subred (figura 1.3)

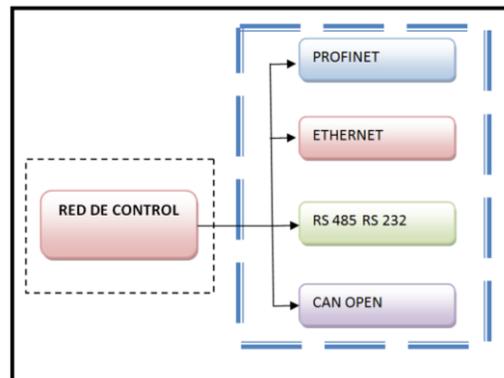


Figura 1. 2 Tipos de red de control

Fuente: Propia

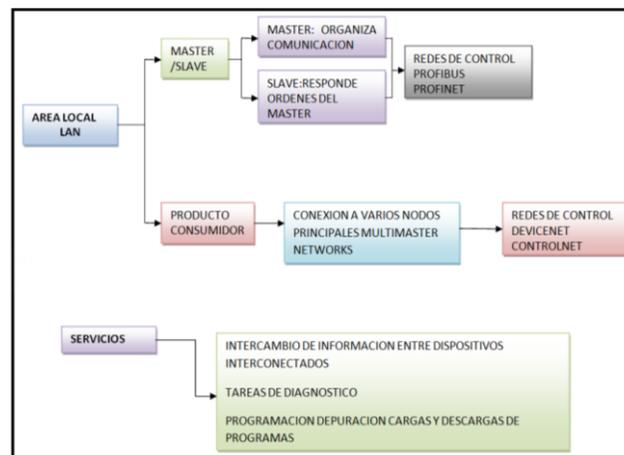


Figura 1. 3 Redes Industriales

Fuente: Propia

1.2.1 RED DE CONTROL PROFIBUS

(Guerrero, Yuste, & Luis, 2009)"Este tipo de red de control permite la comunicación entre diferentes dispositivos de campo sin ningún ajuste de sus características como velocidad de transmisión o flujo de datos".

Son utilizados en aplicaciones o procesos industriales con un nivel crítico de operación de alta velocidad con tareas de comunicación complejas como se indica en la figura 1.4, esta red de control es abierto, es decir, es independiente del fabricante para que otras marcas o dispositivos de Profibus puedan ser conectado y transmitir información sin ningún problema de compatibilidad. Profibus es el sistema de comunicación industrial más preparado para el futuro.

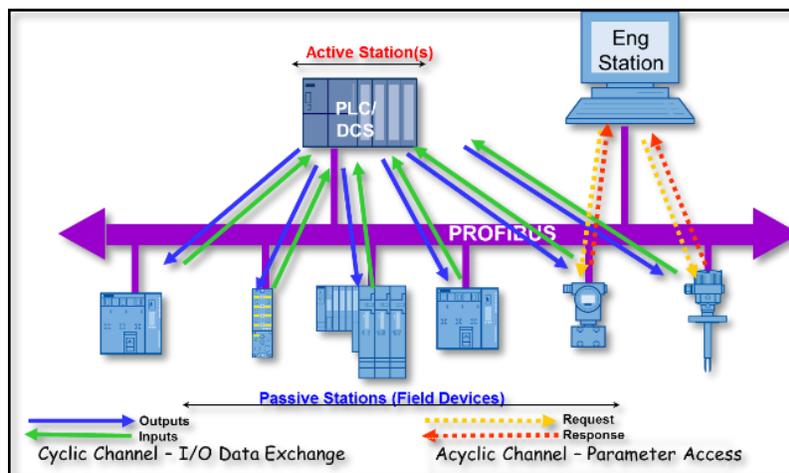


Figura 1. 4 Red de campo Profibus

Fuente: (PI, 2015)<http://us.profinet.com/technology/profibus/>

1.2.2 RED DE CONTROL PROFINET

(Guerrero, Yuste, & Luis, 2009)"La red de control ProfiNet tiene las mismas características del Profibus, pero se agrega la red de control Ethernet, se le asigna una dirección IP a cada dispositivo de campo, y toda la información que circula por el sistema es mediante una red LAN o también a una red mundial WAN para un control efectivo si a largas distancias los dispositivos de campo se encuentren." Figura 1.5

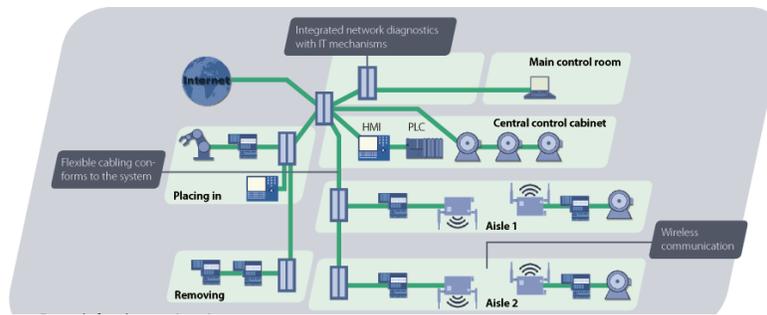


Figura 1. 5 Red de campo PROFINET

Fuente: (PI, 2015) <http://www.profibus.com/technology/profinet/benefits/>

1.2.3 RED DE CONTROL ETHERNET

(Guerrero, Yuste, & Luis, 2009) "Es una forma de comunicación industrial capaz de transmitir información a distancias muy grandes dentro de la industria, su conexión es de la forma LAN (Local Area Network) y su método de transmisión es mediante un acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, esto quiere decir que si la información que se va enviar por uno de los nodos, el primer nodo que envíe dicha información espera y verifica si algún otro nodo está transfiriendo información hacia un dispositivo de campo, al no ser así este primer nodo transferirá los datos por la red hacia su destino. Todos los otros nodos podrán saber de esta acción de transferencia de datos y el nodo seleccionado recibirá la información. En caso de conflicto de envío de información al mismo tiempo cada nodo esperara un determinado tiempo antes de volver hacer un envío." Ver figura 1.6

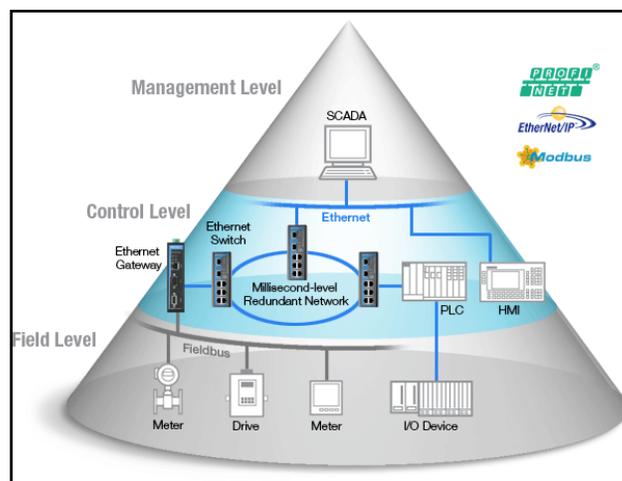


Figura 1. 6 Red de campo Ethernet

Fuente: (Moxa, 2015) http://www.moxa.com/Event/IES/2013/Industrial_Ethernet_Switches_and_Gateways/Index.htm

1.2.4 RED DE CONTROL DEVICENET

(Automation, 2015) "Utilizando principalmente en la interrogación de controladores industriales y dispositivos de entrada - salida entre sensores actuadores y sistemas de automatización industrial en general, la red de control sigue el modelo producto consumidor, soporta múltiples modos de comunicación y tiene una máxima flexibilidad entre los equipos de campo e interoperabilidad entre diferentes fabricantes con un cableado simple y rentable". Ver figura 1.7

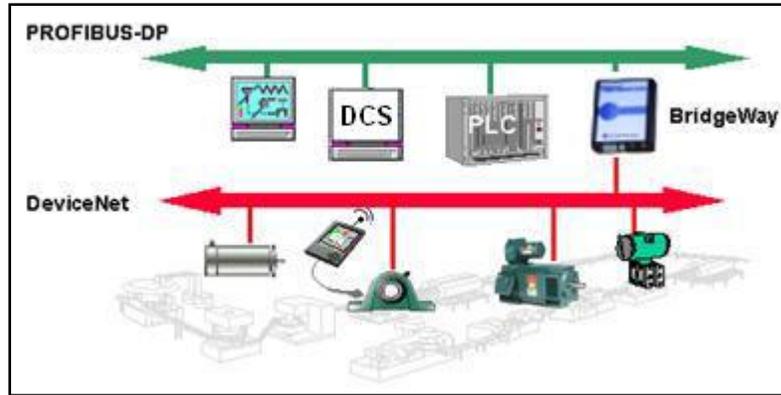


Figura 1. 7 Red de control DEVICENET

Fuente: <http://www.elec-intro.com/cms/plus/view.php?aid=7446>

1.2.5 RED DE CONTROL RS 485 - RS 232

La interfaz RS485 fue desarrollada para que los datos sean transmitidos en serie de alta velocidad a largas distancias entre 3 a 500 metros y existe bastante aplicación en el área industrial para la automatización de procesos, la RS485 está constituido como un sistema bidireccional conectándose hasta 32 equipos de instrumentación.

(Pipelara, 2015)"La norma serial RS-232 fue diseñada para conectar equipos terminales de datos como un terminal COM de un ordenador con equipos de comunicación de datos, como módems, etc. La RS-232 permite la transmisión asíncrona de información. La transmisión asíncrona es sin duda la más frecuente y que se lleva a cabo con la siguiente configuración: 5- 8 bits de datos, 0 - 1 bit de paridad puede ser paridad par o impar (Even- Odd), siempre a cero y siempre a uno (Reset-Set) y 1- 2 bits de STOP o parada. La desventaja de este medio de comunicación es la de no contar con distancias de largo alcance, estas no pueden superar más de los 3 m de cableado."(Figura 1.8)

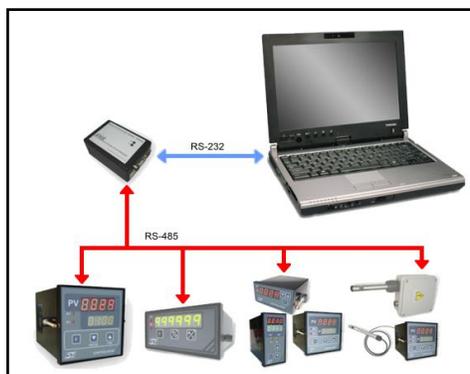


Figura 1. 8 Configuración RS 485-RS 232

Fuente: <http://www.se-controles.com.ar/ModBus%20RS-485.htm>

1.2.6 RED DE CONTROL MODBUS TCP/IP

(Barragan, 2015) “Es la evolución más utilizada, una versión del protocolo Modbus que permite la implementación de este protocolo sobre redes Ethernet IP, en consecuencia, aumenta el grado de conectividad. Es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP (puerto del sistema 502, identificador asa-appl-PROTO). Esta versión del protocolo encapsula la trama base del protocolo Modbus en la capa de aplicación TCP/IP de forma sencilla. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo” (Figura 1.9)

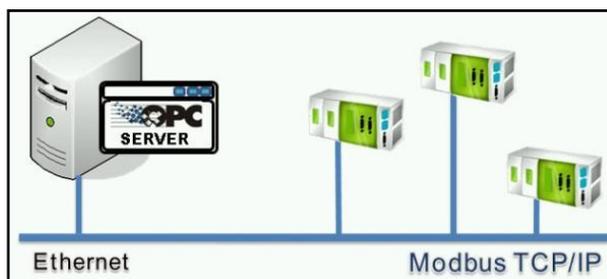


Figura 1. 9 Red de Campo Modbus TCP/IP

Fuente: <http://www.commsvr.com/Products/OPC/>

1.2.7 TOPOLOGÍAS DE RED

Las topologías más comunes son las de árbol, lineal o bus, estrella y anillo. Las topologías mixtas en cables de cobre como de fibra óptica. Para distancias cortas < 15 m se utilizan cables de fibra óptica de plástico y para distancias largas superiores a los 15 m se utilizan cables de fibra óptica de vidrio.

El rendimiento de la red se aumenta se utiliza de forma combinada ethernet con redes de control, el rendimiento es más de 50 veces igual a los 10 Mbits/s.

Las tecnologías se describen a continuación:

1.2.7.1 Fast Ethernet

A 10 Mbits/s, velocidad superior a Ethernet a los 10 Mbits/s, ocupando el bus por poco tiempo.

1.2.7.2 Gigabit Ethernet

A 1024 Mbit/s es 10 veces superior a FastEthernet, reduce el tiempo de ocupación de bus a 1/10

1.2.7.3 Full Duplex

Esta tecnología permite RX y TX datos al mismo tiempo entre dos puntos o estaciones sin tomar en cuenta el riesgo de colisiones, el volumen de transmisión de datos aumenta de forma considerable. Es posible una mayor extensión de red, empleando una fibra óptica de vidrio de 50/125 um se cubre distancias máximas de 26 Km.

1.2.7.4 Switching

Realiza directamente una comunicación de forma paralela, permite circular por la red varias peticiones a la vez, aumentado el rendimiento debido a la simultaneidad de las mismas.

1.2.7.5 Autocrossover

Cruce automático de las líneas de transmisión y recepción en par trenzado omitiendo la utilización de cables de conexión cruzada.

1.2.7.6 Autosensing

Características de nodos de red como equipos terminales y componentes de red detectando de forma automática la velocidad de transferencia de una señal soportando la función de AutoNegotiation.

1.2.7.7 Autonegotiation

Entre una red de dispositivos acuerdan antes de realiza la transferencia de información una forma de transferencia en donde cualquier dispositivo debe dominar (1Gbit/s, 100Mbit/s, 10 Mbit/s, Full and Half Duplex).

1.2.8 CABLES DE COMUNICACIÓN

El cable de conexión entre la pantalla, switch y PLC es el IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2, 6xV1, 840-2AH10, Catplus. Es un cable resistente al ambiente industrial, como ruidos, vibraciones, temperatura humedad etc. La malla apantallada es apta para entornos con interferencia electromagnéticas (figura 1.10)

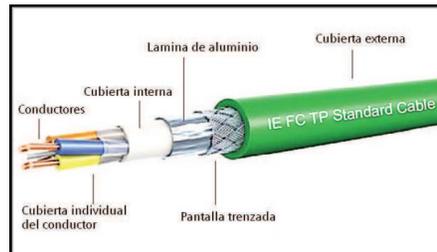


Figura 1. 10 Cable de conexión

Fuente: Multicable

1.2.8.1 Características

- Rápida conexión entre los terminales y puertos, sin herramientas especiales.
- Sistema homogéneo de puesta a tierra.
- Red inmune a perturbaciones por ser cable apantallado.
- No utiliza silicona la cual es apto para la industria automotriz como líneas de pintura.

1.2.8.2 Conector RJ45

Protege perfectamente de perturbaciones durante la transmisión de datos para conectar cables industriales Ethernet FC con salida de cable a 180 grados para componentes de red y Cps / CPu con puerto industrial Ethernet.

Los RJ45 permiten realiza conexiones punto a punto a 100 Mbit/s hasta 100 m entre los terminales de los controladores de red. (Figura 1.11)



Figura 1. 11 Cable y conector

Fuente: Multicable

Las mejores alternativas de red de control para el desarrollo de este proyecto son Modbus TCP/IP, Ethernet, Profinet y RS 485, por tal motivo son las más utilizadas a nivel industrial y basadas en el desarrollo de tecnología actual para controlar los actuadores a pequeñas o a largas distancias y de forma remota.

1.3 CONTROL INDUSTRIAL AUTOMÁTICO

Al principio la automatización industrial se utilizaba relees y contactores, lo que exigía al diseñador tener conocimientos técnicos muy altos para poder realizarlas este tipo de proyectos robustos, así como también su mantenimiento. También cualquier innovación en el proceso implicaba modificar físicamente la mayoría de las conexiones de los montajes. Hoy en día la automatización industrial utiliza los autómatas industriales o también denominados controladores lógicos programables, sustituyendo así a los circuitos electromecánicos.

El PLC (Controlador Lógico Programable) empezó como solución al control de circuitos complejos de automatización. Entonces se puede decir que Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que sustituye los circuitos electromecánicos o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los finales de carrera, pulsadores, etc. (captadores) por un lado, y bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc. y actuadores.

1.3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

(Pablo, 2008) "Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que sustituye los circuitos electromecánicos o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los finales de carrera, pulsadores, etc.(captadores)por un lado, y bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc. y actuadores."



Figura 1.12 Controlador Lógico Programable

Fuente: <http://www.frecuenciayvelocidad.com/automatizacion/simatic-s7-1200>

1.3.2 INTERFAZ HOMBRE MAQUINA HMI

(Sanchez, 2008) "La abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina son las siglas HMI es un software creado en un ordenador que permite la visualización y monitoreo en tiempo real de las operaciones y ejecuciones de un proceso industrial, el medio de visualización puede ser por pantallas táctiles o por un monitor del ordenador" (ver figura 1.12).

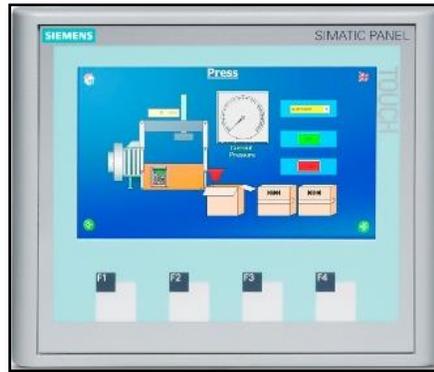


Figura 1.13 Pantalla HMI

Fuente: <https://support.industry.siemens.com>

Los sistemas de control se basan en la adquisición de datos físicos por medio de sensores (temperatura, humedad, velocidad, fuerza, presión, inclinación, etc.) para controlar actuadores que ejecutan alguna acción mecánica o eléctrica, estos datos son procesados para la toma de decisiones y al mismo tiempo ser almacenados como se indica en la figura 1.14

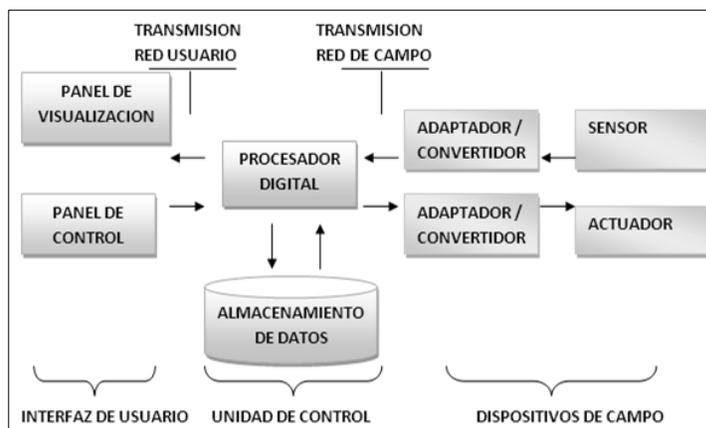


Figura 1. 14 Esquema general de adquisición de datos

Fuente: Autor

1.4SENSORES

(Sole, 2011)"Es un captador eléctrico de señales o de información físicas como temperatura, alturas, presiones contactos ON/OFF etc. que se pueda manipular y cuantificar accionados bien mecánicamente o bien por un campo magnético creado por un imán montado en un pistón".

Los sensores pueden ser análogos o digitales y de tipo magnéticos o electromecánicos como: sensores de temperatura, de humedad, de distancia y contactos etc.



Figura 1. 15 Sensores

Fuente: <http://distribuidor-siemens.control-technics.com/>

1.5ACTUADORES

(SMC, 2003)"Es la combinación de sistemas eléctricos y neumáticos, los sistemas eléctricos actúan como mando o activación de sistemas mecánico, neumáticos o hidráulicos como electroválvulas, es decir, determinan el paso del aire entre sus vías abriendo y cerrando o cambiando sus direcciones internas hacia los actuadores".

El sistema electroneumático tiene actuadores, electroválvulas y compresor, los actuadores son activados mediante las electroválvulas con una señal de entrada de 12 a 24 VDC, permitiendo el flujo de aire comprimido por medio de tubería que el compreso la distribuye según en la figura 1.15.



Figura 1. 16 Actuadores

Fuente: <http://www.pattonalbury.com.au/>

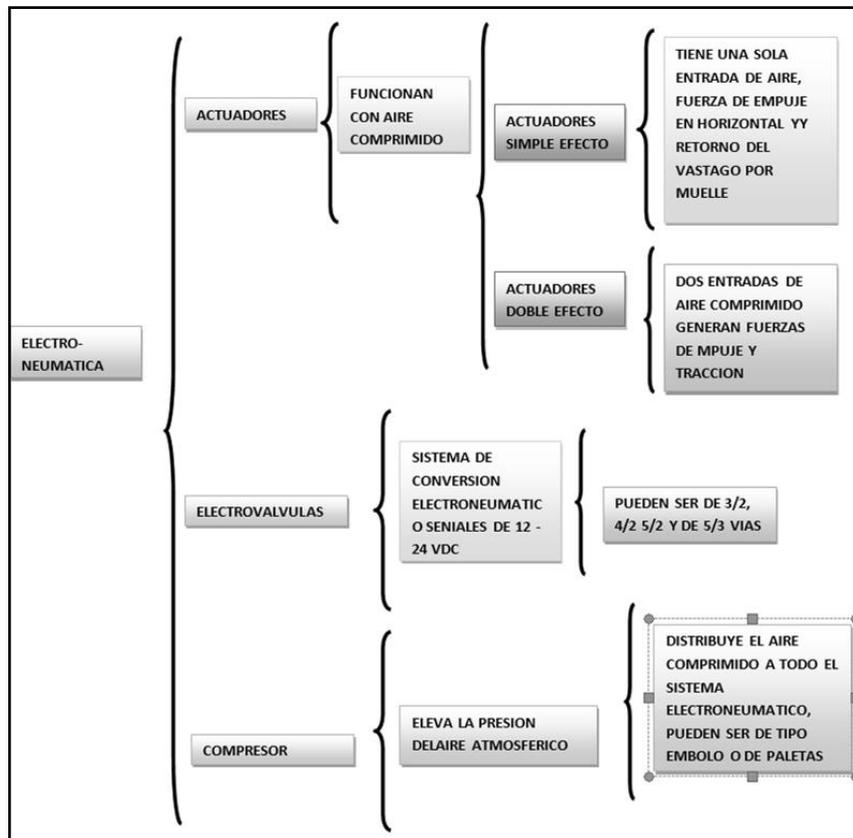


Figura 1. 17 Esquema general de actuadores neumáticos

Fuente: Autor

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se realiza el dimensionamiento de red industrial, sensores, actuadores y sistemas electroneumáticos, la configuración IP de enlaces de red entre los sistemas de comunicación y la programación del sistema de supervisión en Labview.

El sistema se compone según la figura 2.1.

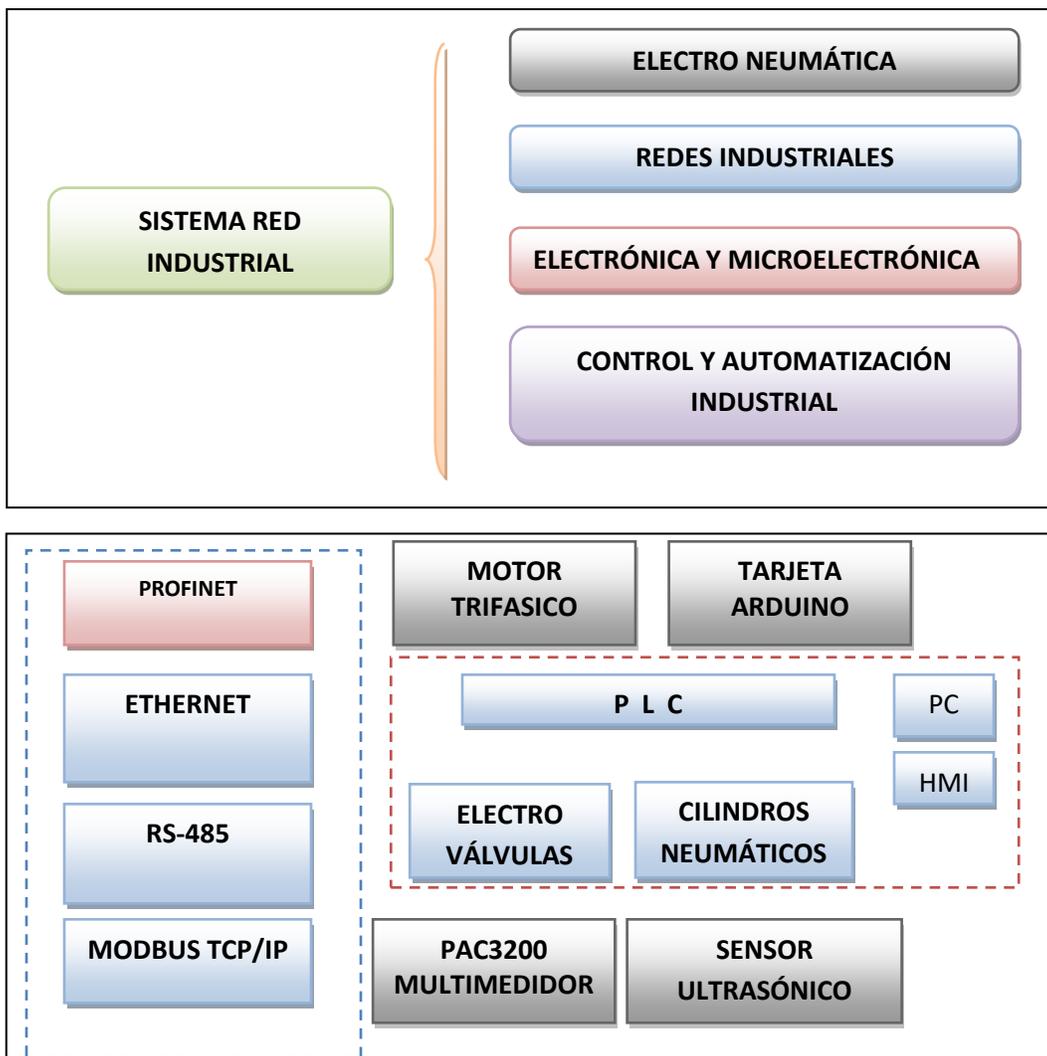


Figura 2. 1 Esquema general del sistema

Fuente: Autor

2.1 DISEÑO DE RED DE CONTROL

Para el dimensionamiento de la red industrial se debe considerar los siguientes parámetros:

- Considerar el tráfico de datos que circula por la red
- Determinar la arquitectura de la red
- La velocidad de transmisión necesaria para tareas propias
- El número requeridos de nodos
- Versión del protocolo de comunicaciones
- El tiempo de ciclo de bus
- La clase de componentes de red requeridos
- Los cables de bus que se deben utilizar
- Longitudes deseadas por los segmentos
- El entorno electromagnético y mecánico de las líneas y cables
- El número de repetidoras RS-485
- En el caso de estructuras extensas con repetidoras se originan largos tiempos de transmisión que eventualmente deberán tener en cuenta al proyectar la red

2.1.1 CANTIDAD DE DATOS EN EL PROCESO DE TRANSMISIÓN

El tamaño de transmisión de información que intercambian los máster y esclavos entre dispositivos normalmente transmiten entre 2 a 20 bytes de I/O, depende del equipo puede sumar hasta una tasa de información máximo de 244 bytes.

La cantidad de información que el máster solicita a cada uno de los esclavos es:

2.1.1.1 Multímetro digital

El máster solicita al multímetro o multimedidor digital el estado de la información de operación y parámetros eléctricos según la tabla 2.1

Tabla 2. 1 Transmisión de datos por el Multimedidor

VARIABLE	TAMAÑO DE BYTES
Tensión L1-N1	4 Bytes
Tensión L2-N2	4 Bytes
Tensión L3-N3	4 Bytes
Tensión máx. L1-N1	4 Bytes

VARIABLE	TAMAÑO DE BYTES
Tensión máx. L2-N2	4 Bytes
Tensión máx. L3-N3	4 Bytes
Corriente máx. L1-N1	4 Bytes
Corriente máx. L2-N2	4 Bytes
Corriente máx. L3-N3	4 Bytes
Potencia activa. L1-N1	4 Bytes
Potencia activa. L2-N2	4 Bytes
Potencia activa. L3-N3	4 Bytes
Potencia activa máx. L1-N1	4 Bytes
Potencia activa máx. L2-N2	4 Bytes
Potencia activa máx. L3-N3	4 Bytes
Potencia reactiva. L1-N1	4 Bytes
Potencia reactiva. L2-N2	4 Bytes
Potencia reactiva. L3-N3	4 Bytes
Potencia reactiva máx. L1-N1	4 Bytes
Potencia reactiva máx. L2-N2	4 Bytes
Potencia reactiva máx. L3-N3	4 Bytes
Potencia aparente. L1-N1	4 Bytes
Potencia aparente. L2-N2	4 Bytes
Potencia aparente. L3-N3	4 Bytes
Potencia aparente máx. L1-N1	4 Bytes
Potencia aparente máx. L2-N2	4 Bytes
Potencia aparente máx. L3-N3	4 Bytes
Energía activa tarifa 1	4 Bytes
Energía reactiva tarifa 1	4 Bytes
Energía aparente tarifa 1	4 Bytes
Factor de potencia L1-N1	4 Bytes
Factor de potencia L2-N2	4 Bytes
Factor de potencia L3-N3	4 Bytes

VARIABLE	TAMAÑO DE BYTES
Factor de potencia Total	4 Bytes
Frecuencia de red min.	4 Bytes
Frecuencia de red	4 Bytes
Frecuencia de red máx.	4 Bytes
Potencia Activa total	4 Bytes
Potencia aparente total	4 Bytes
Potencia reactiva total	4 Bytes
Corriente L1	4 Bytes
Corriente L2	4 Bytes
Corriente L3	4 Bytes
Variable para comprobación de estado Sentron_1	4 Bytes
Total	176 Bytes

Fuente: Manual Técnico Multimedidor Pac3200 Siemens

2.1.1.2 Variador de velocidad

El máster solicita al variador de velocidad el estado de la información de operación y parámetros eléctricos según la tabla 2.2

Tabla 2. 2 Transmisión de datos del variador de velocidad

VARIABLE	TAMAÑO DE BYTES
VELOCIDAD_REAL	4 Bytes
INTENSIDAD_REAL	4 Bytes
PAR_ACTUAL	4 Bytes
FALLO	4 Bytes
SENTIDO DE GIRO	4 Bytes
CONSIGNA DE VELOCIDAD	4 Bytes
PALABRA DE CONTROL	4 Bytes
TOTAL	28 bytes

Fuente: Manual técnico variador Simatics

2.1.1.3 Sensor de distancia

El máster solicita al sensor ultrasónico el estado de la información de operación y parámetros eléctricos según la tabla 2.3

Tabla 2. 3 Transmisión de datos del sensor ultrasónico

VARIABLE	TAMAÑO DE BYTES
Sen_1	4 Bytes
Distancia	2 Bytes
Total	6 Bytes

Fuente: Sensor Ultrasónico DataSheet

2.1.1.4 Pantalla HMI

El máster solicita a la pantalla HMI datos ingresado por el usuario por pantalla, esta información va dependiendo de las peticiones que necesita realizar durante el funcionamiento del sistema soportando 100 Mbits/s.

La tabla 2.4 indica las tramas y el tamaño de bits que circula por la red con los diferentes dispositivos que se conectan entre distintos red de campo, las cuales soportan velocidades en bits/s.

Tabla 2. 4 Tabla de comparación de elementos de red

Modulo	Red de campo	Máster/Slave	Velocidad
Multimedidor	Modbus TCP/IP	Slave	1408 bits/s
Variador de velocidad	Rs-485	Slave	204 bits/s
Sensor de distancia	Ethernet	Slave	48 bits/s
HMI	Profinet	Slave	1300 bits/s
PLC	Medio de transmisión	Máster	1660 bits/s
Scada	Medio de visualización	Máster	100Mbits/s

Fuente: Autor

2.1.2 ARQUITECTURA DE LAS REDES DE CONTROL

Dependiendo de la aplicación de automatización a realizar, la red industrial puede establecer uno varios puntos de nodos (máster - slave) con topología en forma de estrella y en forma lineal o bus. La topología de red indica de forma básica la red implementada dividida entre el nivel de operador, nivel de red y de control, nivel de campo y de procesos técnicos ver figura 2.2

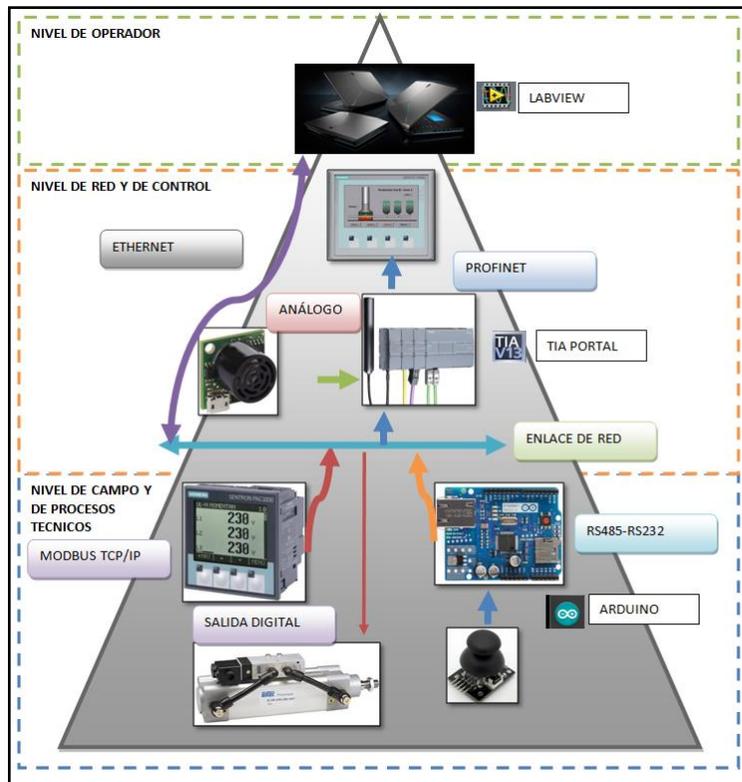


Figura 2. 2 Arquitectura de la red

Fuente: Autor

2.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA UNIDAD DE AUTOMATIZACIÓN

Se requiere un número específico de esclavos para ejecutar tareas individuales en una unidad de automatización como las redes de control, entradas y salidas remotas, actuadores, sensores etc.

El número máximo de nodos entre esclavos y máster conectado mediante un bus de datos es de 126 que puede estar en topología de bus, a menudo la cantidad de nodos en la práctica es menor al máximo permitido.

Para conectar un número considerado de nodos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La velocidad de transmisión
- Cantidad de datos de esclavos
- Consumo de potencia de los esclavos
- Tiempo de ciclo máximo permisible

2.1.4 CONFIGURACIÓN DE UNA LÍNEA DE RED DE CONTROL

Uno o varias conexiones de segmentos de bus para cada línea de red de control a utilizar o implementar.

El número de nodos en cada segmento para conectar es de 32, intentando no configura redes de control de diferentes tecnologías, esto con lleva en utilizar repetidores y convertidores de red industrial

2.1.5 VARIANTES DE LA RED DE CONTROL

Las variantes son distribuidas en la tabla 2.5, esto se adecua en los procesos industriales en la planta. Estas son variantes adecuadas para operar los módulos de adquisición de datos y control. Estas variantes se aplican cuando se necesita un bus de alta velocidad para conectar dispositivos remotos, sensores actuadores, paneles de operador, variadores de frecuencia y otras unidades tecnológicas.

Tabla 2. 5 Variantes entre las red de control

RED DE CONTROL	VELOCIDAD DE TRASMISION DE LARED	Distancia	Numero de nodos
Modbus TCP/IP	500 kbps	1200 m	64 dispositivos
Ethernet	10 Gbits	2400 m	100 dispositivos
Profinet	9600 bps	1900 m	128 dispositivos
Rs-485	100kbps	100 m	32 dispositivos

Fuente: Autor

2.1.6 TOPOLOGÍA DE LA RED DE CONTROL

La red implementada es de tipo estrella, la cual se conecta con tres diferentes comunicaciones de red industrial. ethernet, profinet, Modbus TCP/IP, RS 485, USS y Modbus RTU, por su corto alcance que tienen se elige la topología de red en estrella, implementada con conductores de cobre como se indica en la figura 2.3.

La topología permite enlazar en red las tres diferentes redes de control que están conectado mediante un switch con su respectiva IP, excepto la configuración en RS 485 USS y Modbus RTU, estas son comunicaciones antiguas y versátiles al momento de realiza trabajos en ambientes industriales de altas vibraciones con interferencia electromagnética, los datos se podrán visualizar por pantalla en la aplicación desarrollada en lenguaje de alto nivel. El servidor podrá enviar las

peticiones a los esclavos como datos de temperatura, adquisición de datos de las mediciones de líneas trifásica, corrientes, potencias, frecuencias, también será capaz de controlar actuadores desde el computador y en HMI ya implementada en la red.

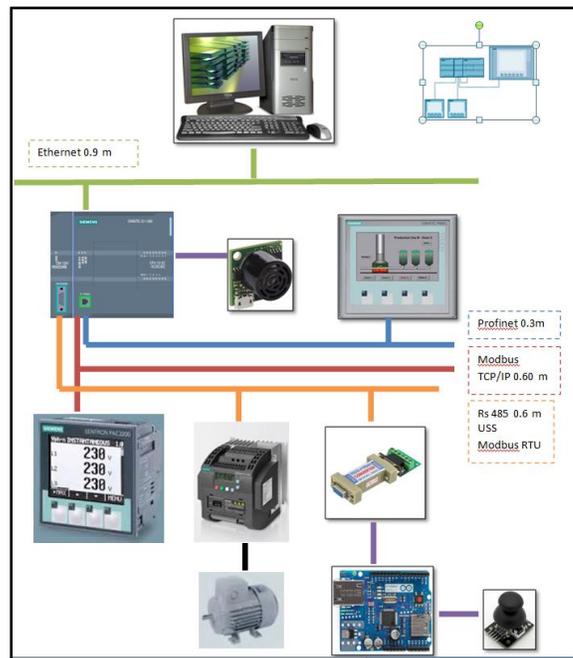


Figura 2. 3 Topología de forma estrella

Fuente: Autor

2.1.7 VELOCIDAD Y DISTANCIA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Las velocidades y distancias de transmisión se indican en la tabla 2.5, las distancias máximas se consiguen usando cables de cobre que está directamente relacionada con las velocidades de transmisión de la red de control.

Se recomienda una tasa de transmisión de 1500 kbits/s cuando no necesite una transmisión alta.

2.1.8 VERSIÓN DE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

Las versiones de protocolo dependen del alcance de comunicación necesaria se requiere encontrar el master adecuado para lograr una transferencia de datos estable Tabla 2.6.

Las versiones inferiores que tengan los esclavos pueden ser conectados a los masters de versiones superiores o iguales que pueden operar sin ningún problema, pero nunca de forma contraria.

Tabla 2. 6 Versiones de la red de control

RED DE CONTROL	VERSIÓN DE PROTOCOLO
Modbus TCP/IP	V3.1
Ethernet	V2.1.0
Profinet	V2.1.0
Rs-485	V2

Fuente: Autor

2.1.9 TIEMPO DE CICLO DE BUS

En un ciclo de bus los datos transmitidos por la red, se intercambian entre masters y esclavos o esclavos a esclavos. Las regulaciones sensibles comprenden un registro rápido de los valores adquiridos, el tiempo de ciclo de bus deberá ser doble de rápido que el ciclo de ejecución del controlador para que el procesamiento de los valores adquiridos con la secuencia temporal sea la correcta.

El ciclo de bus requerido depende de lo siguiente:

- El número de esclavos
- Velocidad de transmisión
- El tipo físico de bus
- Volumen de datos

Para el cálculo del tiempo de ciclo de bus se utiliza la ecuación 2.1

$$T_{CB} = (317 + I * 11 + O * 11) * T_{bit}$$

Ecuación 2. 1Tiempo de ciclo

$$T_{bit} = \frac{1}{T_T}$$

Ecuación 2. 2 Tasa de transmisión

Donde:

TCB -> Ciclo de bus

TBIT -> Tasa de transmisión

I -> datos de TX

O-> datos de TX

Para una tasa de 1500 kbps se tiene

- Multimedidor

$$T_{CB} = (317 + 176 * 11 + 176 * 11) * \frac{1}{1500}$$

$$T_{CB} = 2.79 \text{ ms}$$

- Variador

$$T_{CB} = (317 + 28 * 11 + 28 * 11) * \frac{1}{1500}$$

$$T_{CB} = 0.622 \text{ ms}$$

- Sensor de distancia

$$T_{CB} = (317 + 6 * 11 + 6 * 11) * \frac{1}{1500}$$

$$T_{CB} = 0.299 \text{ ms}$$

Obteniendo un tiempo total de ciclo de bus de 3.711 ms

2.2DISPOSITIVOS ESCLAVOS UTILIZADOS

En la siguiente lista se describe todos los elementos tecnológicos para implementar la red de control industrial:

- PLC Siemens s7-120 DCDC
- Módulo de comunicación Modbus RTU-USS
- Variador de frecuencia SINAMIC V20
- Multimedidor digital SENTRON PAC3200
- Pantalla HMI KP 400 color
- Convertidor RS 485 -232
- Tarjeta Arduino
- Switch de comunicación
- Fuente de alimentación de 24 VDC
- Tarjeta electrónica de transformador de voltaje de 5-10 VDC
- Motor eléctrico Siemens de 3/4 HP
- Cables y conectores de red
- Fusibles
- Disyuntores y Relees

2.2.1 PLC S7 1200 1212 DC DC

El módulo lógico programable se utiliza como medio de control y comunicación entre los dispositivos de la red.

El software Tiaportal V 13 es el sistema tecnológico en el que se programó al PLC que incluye el Wicc Basic para la programación de la pantalla táctil.

La cpu del plc tiene incorporada un microprocesador capaz de realizar la toma de decisiones que el diseñador ha realizado, tiene una fuente de alimentación de 24 VDC integrada, una interfaz profinet, módulos adicionales para la comunicación con redes Profibus, GPRS, Rs 485 o Rs232, comunicación ethernet, línea OPC, I/O de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas integradas.

La programación depende de la lógica y el proyecto a realizar por el diseñador que incluye lógica bool, temporizadores, contadores rápidos, funciones matemáticas, sistemas PID y comunicaciones a nivel industrial.



Figura 2. 4 PLC s7-1200

Fuente: Catalogo Siemens

2.2.2 MÓDULO DE EXPANSIÓN CM 1241 MODBUS RTU-USS

El módulo soporta comunicación modbus rtu y uss, la comunicación uss soporta por puerto hasta 16 esclavos que pueden ser operados, este módulo utiliza las instrucciones del tia portal v13 USS port y modbus rtu soporta por puerto hasta 32 unidades que pueden ser operados utilizando bloques de función del Tia portal MB_Comm_Load.

El módulo sirve para la comunicación con el variador de frecuencia sinamics v20 mediante el modbus rtu, la cual controla la activación, arranque y la velocidad del motor a 1 hp.



Figura 2. 5 CM1241

Fuente: Autor

2.2.2.1 Característica de los datos de comunicación S7

El número de enlaces posibles para las comunicaciones s7 en total son 8, de los cuales se tiene:

- Conexión configurada para servicios PUT/GET, conexiones PG y conexiones OP.
- Datos de usuario por tramas PUT máx. 209 bytes y GETS máx. 222 bytes

EL módulo en conjunto trabaja con el PLC que permite establecer una comunicación cíclica entre el master y los esclavos de la red de control.

2.2.3 MULTIMETRO SENTRO PAC3200

El multimedidor sentron pac 3200 es un medidor digital para la visualización de todos los parámetros de red apropiados en la distribución de energía eléctrica de baja tensión como voltajes, corrientes, potencias, frecuencia factores etc.

Se puede configurar en modo de comunicación de Modbus TCP/IP para la transferencia de datos con el PLC, esta información se muestra por pantalla HMI por la red de control profinet que soporta el PLC.

El PAC3200 tiene una navegación directa para la configuración del equipo, también dispones de una entrada y salida digital multifuncionales.

Este dispositivo es capaz de realizar mediciones monofásicas, trifásica, de las redes eléctricas, tiene una alta precisión de 0.5 % del valor medido para energía, voltaje máx. de conexión hasta 690 V. El diagrama de conexiones se encuentra en el Apéndice A



Figura 2. 6 PAC 3200 Multimetro

Fuente: Catalogo Siemens

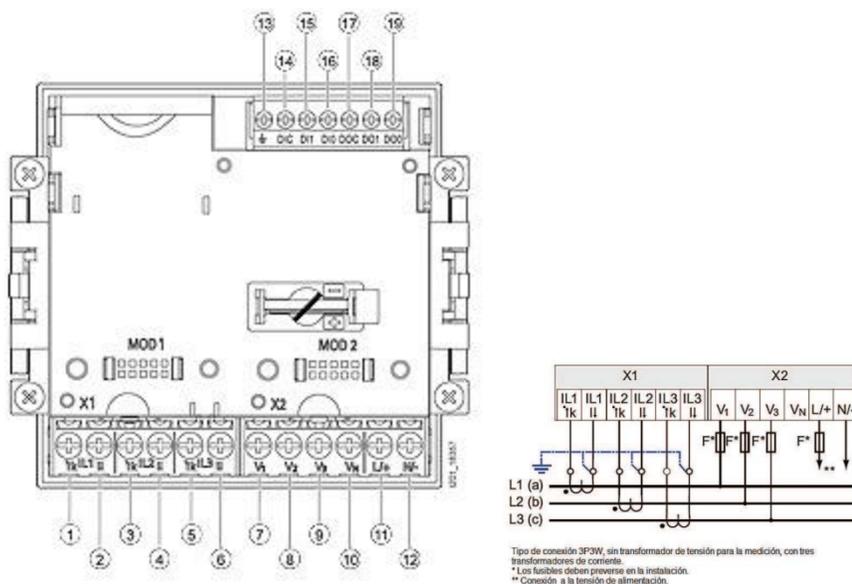


Figura 2. 7 Borneras PAC3200

Fuente: Catalogo Siemens

Tabla 2. 7 Funciones de las borneras del multimetro pac 3200

N	Bornera	Función
1	IL1	Corriente de fase L1 In
2	IL1 I	Corriente de fase L1 Out
3	IL2	Corriente de fase L2 In
4	IL2 I	Corriente de fase L2 Out
5	IL3	Corriente de fase L3 In
6	IL3 I	Corriente de fase L3 Out

7	V1	Tensión de fase UL1
8	V2	Tensión de fase UL2
9	V3	Tensión de fase UL3
10	VN	Conductor Neutro UN
11	L/+	AC: Conexión Conductor
12	N/-	Ac: Conexión Neutro
13	GND	Tierra
14	DI+	Entrada Digital
15	DI-	Entrada digital
16	D0+	Salida Digital
17	D0-	Salida Digital

Fuente: Siemens Catálogo

2.2.4 VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador sinamic V20 es un accionamiento y control que se caracteriza por su fácil instalación y manejo, tiene incorporado en una sola unidad Control de unidad, panel de operador y módulo de potencia integrado, incluye macros especiales para conexiones y aplicaciones de bombas, ventiladores, compresores y bandas transportadoras, las potencias de configuración van de 0.37 KW hasta 15KW para motores trifásicos, se utiliza un motor de 1HP para esta aplicación.



Figura 2. 8 Variador de velocidad

Fuente: Sinamics Getting Started

2.2.4.1 Funciones de variador de velocidad

Las funciones sirven para poner puesta en marcha con un control permanente del motor, teniendo en cuenta los tiempos de aceleración y frenado que tiene el sistema.

2.2.4.2.1 *Característica de la función control del convertidor*

El control se encuentra sobre todas las demás funciones del convertidor, entre otras cosas determinan la reacción del convertidor cuando las señales de mando externas estén activadas para especificar la manera de ON/OFF y el sentido de giro.

2.2.4.2.2 *Característica de la función fuentes de mando*

Es la interfaz que mediante señales digitales, un bus de campo o del panel del operador recibe órdenes de mando el convertidor de frecuencia.

2.2.4.2.3 *Característica de la fuente de consigna*

Es el medio en el cual el modulo recibe consigna o configuración de mando por medio de entradas analógicas del convertidor, interfaz de bus de campo para velocidad y par del motor, potenciómetro y consignas integradas en el módulo.

2.2.4.2.4 *Configuración de consignas*

Permite modificar la consigna de velocidad limitando entre rangos máximos y mínimos admisible e impide escalones de velocidad a través del generador de rampas.

Con el acondicionamiento se modifica de la siguiente forma:

- Inversión de giro
- Bloqueo del sentido de giro
- Velocidades mínimas
- Limitaciones de velocidad
- Generador de rampa de aceleración
- Generador de rampa de desaceleración

2.2.4.2.5 *Regulación del motor*

Para la configuración del variador se ingresa por la pantalla BOP los parámetros o características del motor, como voltaje nominal del motor, frecuencia, corriente nominal, potencia nominal del motor, factor de potencia del motor, estos datos se pueden ver en la placa del motor dado por el fabricante, estos datos son eficiencias del motor, frecuencias nominales, velocidad nominal y tipo de parada.

Esta configuración es previa para el arranque y puesta en marcha del sistema, la consigna de velocidad que se ajusta en el eje del motor siempre difieren de una

forma ligera esto depende de la carga del motor, un par nominal en el eje la velocidad se sitúa por debajo de la consigna de velocidad.

2.2.4.2 Funciones en aplicaciones especiales

Estas funciones se activan cuando se los necesiten durante la puesta en marcha del variador de velocidad.

2.2.4.2.1 Protecciones

El convertidor tiene de forma interna protecciones ante fallos eléctricos, sobrecargas y cortos circuitos, es muy indispensable al momento de dar en marcha tener activada estas protecciones para proteger al motor.

2.2.4.2.2 Avisos de estado

Los avisos de estado como alarmas, valores reales, puede desplegarse mediante la interfaz de comunicación como la velocidad del motor y el fallo del convertir, el tiempo del convertidor determina si debe cambiarse los componentes sujetos a desgaste tales como motores, ventiladores etc.

2.2.4.2.3 Funciones específicas

Las funciones específicas que pueden utilizarse son:

- Velocidades fijas
- Velocidades por binario
- Entrada analógica y de frecuencia
- Control por pulsador externo
- Pulsador externo con control analógico
- PID con referencia analógica
- PID con referencia fija
- Regulación USS
- Regulación ModBus RTU

2.2.5 PANTALLA HMI KP-400 COLOR

La pantalla táctil KP 400 color en una pantalla grafica para desarrollar aplicaciones en la industria, tiene teclas de función táctil y 4 teclas externas, la pantalla se conecta con el PLC s7-1200 por medio de profinet, toda la información de los esclavos se muestra por pantalla, fácil de programar en TIAPortal v13.01.

Está equipado con las funciones básicas y necesarias como sistemas de alarmas, administración de recetas, diagramas de curvas, gráficos vectoriales, barras textos, campos de entrada y salida.

Se puede realizar administración de usuarios, se crean los campos para agregar usuario operador y la clave para poder realizar el arranque de máquinas. La figura 2.8 indica la parte frontal del panel, de tal forma que se conecta mediante el switch a la red con el protocolo Profinet.



Figura 2. 9 Pantalla Kp- 400

Fuente: Catalogo Simens

2.2.6 CONVERTIDOR RS485-232

El convertidor RS485-232 sirve para la conexión entre el PLC y Arduino, esta configuración realiza el acceso para la transferencia de datos del sensor de movimiento, tiene los canales de entrada y de salida de comunicación a Rs232 como salida hacia la tarjeta arduino.

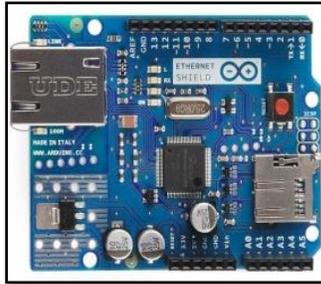


Figura 2. 10 Conversor Rs485

Fuente: Autor

2.2.7 TARJETA ARDUINO

La tarjeta electrónica arduino sirve de medio de comunicación con el convertor RS485 -Rs232 hacia el PLC, se encarga de la transmisión de datos del sensor de posición, esta información se visualiza en la pantalla HMI Kp-400 y por computador en Labview. La programación del circuito se realizó en Arduino V5 en lenguaje C JAVA



```
Arduino... 21% 1:08 PM
Navigator Editor
1String inputString = "";
2int led=13; const int analogInPin = A0;
3const int analogOutPin= 9;
4int sensorValue=0; int outputValue=0;
5boolean stringComplete = false;
6void setup() {
7  Serial.begin(9600);
8  inputString.reserve(200);
9  pinMode(led,OUTPUT);
10}
11void loop() {
12  digitalWrite(led, HIGH);
13  sensorValue= analogRead(analogInPin);
14  outputValue= map(sensorValue,
15  0,1023,0,255);
16  analogWrite(analogOutPin,outputValue);
17  if (stringComplete) {
18    Serial.println(inputString);
19    inputString = "";
20    stringComplete = false;
21    digitalWrite(led,LOW);
22  }
23}
24void serialEvent() {
25  while (Serial.available()) {
26    char inChar = (char)Serial.read();
27    inputString += inChar;
28    if (inChar == '\n') {
29      stringComplete = true;
30    }
31  }
32}
Remove ad banner
Diagnostics Output
```

Figura 2. 11 Programación Arduino

Fuente: Catalogo Arduino

2.2.8 SWITCH DE COMUNICACIÓN

El Switch es el medio de conexión de red de los equipos implementados en la topología, sirve para la transferencia de datos de control y de visualización entre los sensores y actuadores, el switch es de alta velocidad de transmisión que soporta a Gbps, la fuente de alimentación es de 9 VDC, la cual se conecta con el equipo sin dificultad. Los dispositivos a conectar son los que tienen una IP configurable.



Figura 2. 12 Switch

Fuente: Catalogo TP-Link

2.2.9 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE 24 VDC

La fuente conmutada de 24 VDC a 3 Amp, se encargar en la alimentación del PLC 1214/DC/DC, sensores, relees para su enclavamiento y para la activación de electroválvulas de los cilindros neumáticos, tiene integrada protecciones ante fallos eléctricos, se activa cuando las protecciones estén en sentido de activación.



Figura 2. 13 Fuente Conmutada SP

Fuente: Autor

La tabla 2.8 describe una lista de los dispositivos y el consumo de corriente de cada uno de ellos, se utiliza la fuente de la figura anterior ya descrita.

Tabla 2. 8 Consumo de Corriente DC

ELEMENTO	CORRIENTE CONSUMIDA
Panel táctil Kp400	0.55
Sensores	0.11
PLC	0.20
Electroválvula	0.3
CM1241	0.10
Total	1.26

Fuente: Autor

2.2.10 TARJETA ELECTRÓNICA DE 5-10 VDC

La tarjeta electrónica de conversión de 5 a 10 VDC sirve para la alimentación de la tarjeta arduino, se incorpora leds de indicación del funcionamiento del mismo, las borneras son salidas de voltaje directo, alimenta también a los sensores de aproximación y de posición. La figura 2.14 indica el circuito conversor.



Figura 2. 14 Circuito conversor 5-10 VDC

Fuente: Autor

2.2.11 DIMENSIONAMIENTO MOTOR TRIFÁSICO

Para realizar una selección adecuada de un motor eléctrico trifásico, se considera lo siguiente:

2.2.11.1Potencia

La potencia nominal del motor eléctrico se encuentra de forma continua evitando sobrepasar las temperaturas de trabajo por su clase de aislamiento.

Se debe considerar que la potencia que exige la carga no debe sobrepasar la potencia nominal del motor eléctrico, caso contrario la temperatura aumenta entre

sus bobinados y disminuye su velocidad en RPM, por tal motivo el motor debe estar protegido térmicamente.

Tabla 2. 9 Formas de protección térmica para motor eléctrico

FORMAS	DESCRIPCION
Fusible	Protege la red contra corrientes de corto circuito
Fusible + Protección térmica	Protege al motor contra sobrecarga en función de la corriente de trabajo el relé térmico es regulable
Fusible + sondas Térmicas en el motor	Protección completa sobrecarga, falta de fase, obstrucción de ventilación, temperatura ambiente excesiva, rotor bloqueo, arranques frecuentes,

Fuente: Autor

La potencia permisible puede someterse al motor bajo condiciones de trabajo extremo aplicando el factor de servicio multiplicando a la potencia nominal, por ejemplo, si el factor de servicio es 1.15, se puede decir que el motor soporta térmicamente una sobrecarga de 15%, y la tensión y frecuencia que es aplicada correspondan a los valores nominales indicados en la placa. No se debe hacerse operar al motor con una sobrecarga de 15% de manera continua, se afectaría la expectativa de vida del aislamiento y rodamientos del motor en comparación con un motor que opera a potencia nominal.

2.2.11.2 Velocidad

Los motores de mayor número de RPM son más económicos a igualdad de potencia, pero su torque disminuye

La velocidad síncrona refleja la velocidad del campo electromagnético giratorio producido por el bobinado del estator, la cual nunca va poder ser alcanzada por el rotor, en tal razón, la velocidad de operación del motor tendrá un valor ligeramente inferior dependiendo de su deslizamiento, muy cercano a la velocidad nominal indicada en la placa.

$$RPMs = \frac{120}{2p} \times f$$

Ecuación 2. 3 Ecuación Velocidad Síncrona

$$RPMn = RPMs \left(1 - \frac{s}{100}\right)$$

Ecuación 2. 4 Ecuación Velocidad Asíncrona

Siendo:

p : número de polos

f : frecuencia Hz

s : deslizamiento %

Rpms : Revoluciones por minuto

Rpmn : Velocidad nominal

2.2.11.3 Voltaje y frecuencia

Las características del motor deben corresponder al voltaje y a la frecuencia de la red. En Ecuador, la frecuencia que utilizamos es 60 Hz y voltaje de 120V, pero también puede ser 380V o 440V, se debe tener en cuenta que mientras el voltaje es más alto el costo de instalación es más bajo.

Tabla 2. 10 Tensión de alimentación de motor eléctrico

CONEXIÓN	TENSIÓN DE SERVICIO
220/380	220 VAC
DELTA/Y	380 VAC
220/440	220 VAC
YY/Y	440 VAC
380/660	380 VAC
DELTA/Y	
220/380/440	220 VAC
DELTA DELTA/YY/DELTA	380 VAC
	440 VAC

Fuente: Autor

2.2.11.4 Tamaño y forma constructiva

El tamaño de los motores eléctricos está normalizado para cada potencia y RPM. La forma constructiva indica cómo va a ser montado el motor.

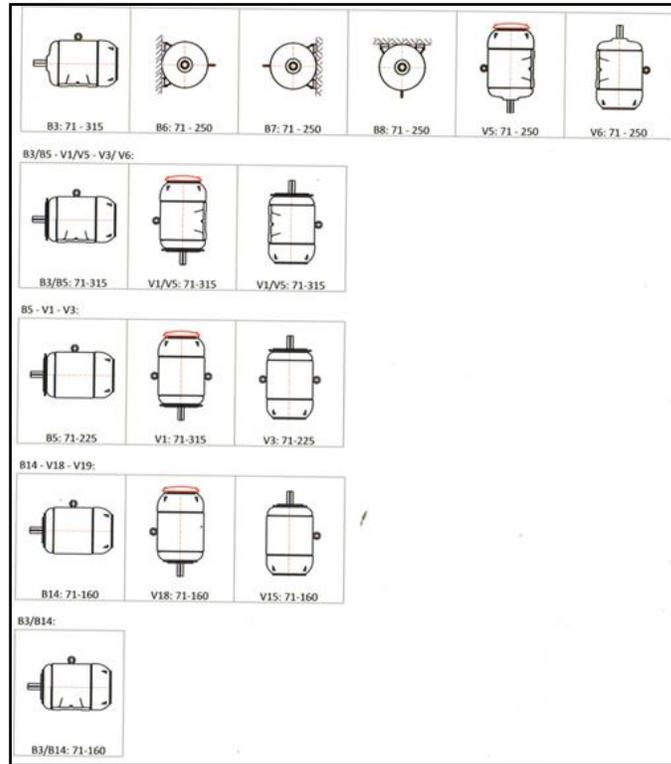


Figura 2. 15 Forma Constructiva

Fuente: Catalogo Siemens

2.2.11.5 Hermeticidad o grado de protección

El grado de protección debe elegirse según el ambiente de trabajo del motor eléctrico. Los motores Siemens son de construcción cerrada y se debe tener presente los casos de ambientes especiales.

Tabla 2. 11 Grado de protección

Grado de protección	Descripción
IP44	Contra objetos sólidos y protección agua
IP54	Protegido contra polvo y agua
IP55	Protegido contra polvo y agua
IPW55	Uso naval protegido contra polvo y agua, lluvia y agua de mar

Fuente: Catalogo Siemens

2.2.11.6 Condiciones de servicio

Se considera condiciones de servicio normales si el motor eléctrico trabaja en un ambiente cuya temperatura máxima es de 40°C y hasta una altura máxima de 1000 metros sobre el nivel del mar. Condiciones de trabajo diferentes pueden exigir modificaciones de la potencia.

2.2.11.7 Limitaciones de corriente de arranque

En muchas instalaciones la corriente de arranque disponible es limitada, generalmente por la empresa suministradora de energía. Por lo que, hay que usar métodos para la reducción de la corriente de arranque y por lo que, el bobinado debe estar preparado para cada caso.

El motor a utilizar se indica en la tabla 2.12

Tabla 2. 12 Especificaciones motor trifásico

Velocidad	Tamaño	HP	A	FS	VAC 3F	Marca	Hz
1800 rpm	80	1	3.5	1.15	220	Siemens	60

Fuente: Catalogo Siemens



Figura 2. 16 Motor eléctrico 1 HP

Fuente: Catalogo Siemens

2.2.12 FUSIBLES

Para proteger al panel de control se utiliza fusibles, en su interior tiene una lámina delgada que se rompe cuando existe una corriente de mayor intensidad que soporta el fusible, protegiendo a los dispositivos del sistema.

Las salidas digitales que el PLC gobierna también tienen fusibles, que protege de cualquier retorno de corriente o de corto circuito durante la operación del sistema.



Figura 2. 17 Fusibles

Fuente: Autor

Los fusibles a utilizar son de 1 Amp para las salidas digitales del PLC y de 3 Amp para las alimentaciones del variador y del módulo, y de 2 Amp para pantalla táctil, PLC y electroválvulas.

2.2.13 DISYUNTORES Y RELES

Los disyuntores alimentan al variador de velocidad en líneas de 220VAC y al sistema en general, protege al variador de velocidad SINAMICS v20 durante un cortocircuito, los reles activan las bobinas de las electroválvulas con una señal de 24 VDC



Figura 2. 18 Disyuntor y reles

Fuente: Propia

2.2.14 DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO

Para el dimensionamiento neumático se considera el recorrido del vástago que debe realiza el cilindro neumático, de tal motivo corresponderá a las fuerzas que se necesita el cilindro, la aplicación para este proyecto se necesita de fuerzas menores de 10 N, la cual no se considera este dato de fuerza sino su recorrido, teniendo en cuenta cilindro neumático de simple efecto.

2.2.12.1 Descripción del funcionamiento

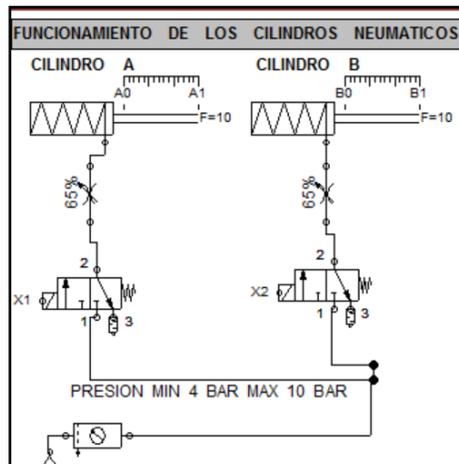


Figura 2. 19 Circuito Neumático

Fuente: Autor

Tabla 2. 13 Descripción del sistema neumático

TRAMO	MOVIMIENTO	DESCRIPCION
0-1	Pausa inicial	Este tramos los cilindros están en posición inicial
1-10	Carrera de retroceso de los vástagos de los cilindros	Una señal eléctrica que recibe los contactores K1 y K2 son enclavados para activar los cilindros
10-12	Carrera de avance de los vástagos de los cilindros	Se deja de mandar señal a las bobinas K1 y K2 para que los vástagos avancen

Fuente: Autor

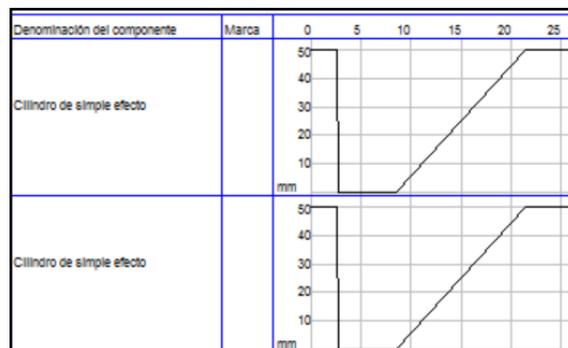


Tabla 2. 14 Diagrama de fase

Fuente: Autor

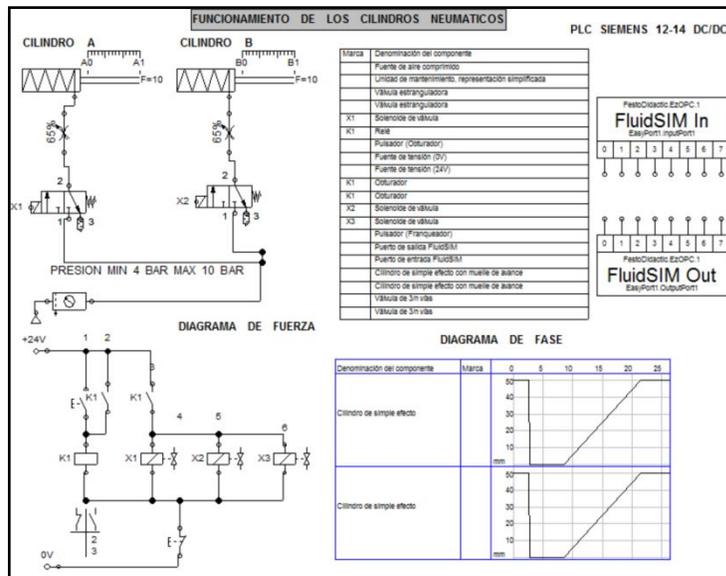


Figura 2. 20 Simulación en FluidSim

Fuente: Autor

2.2.12.2 Selección de los cilindros neumáticos

(SMC, 2003) El cilindro neumático es una unidad que convierte la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. En principio consiste en un recipiente cilíndrico equipado de un embolo o pistón. En el momento de introducir un determinado caudal de aire comprimido, este se expande en el interior de la cámara y provoca un desplazamiento lineal del vástago. Al ensamblar en el embolo un vástago rígido, este mecanismo es hábil de empujar algún elemento u objeto, o simplemente sujetarlo. Esta fuerza de empuje en el cilindro es proporcional a la presión del aire con la superficie del pistón. (MetalWork, 2013) "El funcionamiento del vástago de un cilindro se comporta como un eje expuesto a cargas frontales (flexión + compresión). Si existen carreras largas es necesario verificar el diámetro del vástago en función de la carga aplicada y del tipo de fijación del vástago y del cilindro. Para esto se utiliza las siguientes formulas":

2.2.12.2.1 Fuerza Máxima

Determinación de la fuerza máxima, a partir de una carrera y un diámetro de vástago.

$$F_{aplicada} \leq \frac{20350 \phi^4}{c^2 k^2}$$

Ecuación 2. 5 Fuerza máxima aplicada

2.2.12.2.2 *Diámetro mínimo de vástago*

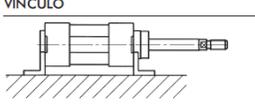
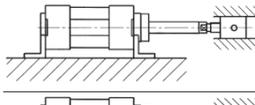
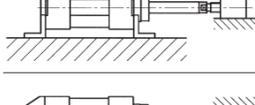
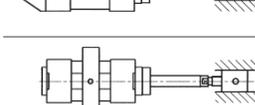
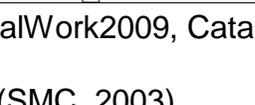
Determinación del diámetro mínimo aceptable del vástago, a partir de una carrera y una fuerza.

$$S \geq \sqrt[4]{\frac{F c^2 k^2}{20350}}$$

Ecuación 2. 6 Diámetro mínimo del vástago

- Dónde:
- F Fuerza aplicada [N]
 - Ø Diámetro vástago [mm]
 - c Carrera [mm]
 - k Coeficiente por longitud libre en función de la fijación (tabla 2.14)

Tabla 2. 15 Coeficiente por longitud libre

VINCULO	K
	2
	0.7
	0.5
	2
	1
	1.5

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 1.1/03

2.2.12.2.3 *Fuerza Teórica* (SMC, 2003)

- *Al avance:*

$$F_{teorica} = (A * p) - fr$$

Ecuación 2. 7 Fuerza teórica Avance

- Dónde:
- fr Fuerza de Rozamiento (3-20%)
 - A área de la sección del embolo

P Presión de trabajo

Siendo: $A = \frac{\pi D^2}{4}$

Dónde: D Diámetro del embolo

- Al retroceso:

$$f_{teorica} = (A' * p) - fr$$

Ecuación 2. 8 Fuerza al retroceso

Dónde: A' Área de la sección del vástago; siendo $A' = \frac{\pi d^2}{4}$

Se asume un diámetro Ø de vástago d=8[mm] (catálogo Metalwork Anexo 3) y una carrera de vástago C=50 [mm], la constante de fijación K=2 y una fuerza requerida adicionalmente un 30% de la fuerza que ejerce el cilindro.

Entonces:

$$Fuerza_{requerida} \leq \frac{20350(8)^4}{(50)^2 2^2}$$

$$Fuerza_{requerida} \leq 8335 [N]$$

$$S \geq \sqrt[4]{\frac{1000(50)^2(2)^2}{20350}}$$

$$S \geq 4.70 [mm] \cong 20[mm] \text{ diametro a escoger}$$

$$fuerza_{avance} = \left(\frac{\pi(10)^2}{4}\right) * (0.6) - 0.3fuerza_{avance} [N]$$

$$fuerza_{avance} = \frac{47.12}{1.03}$$

$$fuerza_{avance} = 45.85[N]$$

$$fuerza_{retroceso} = \left(\frac{\pi(8)^2}{4}\right) * (0.6) - 0.03fuerza_{retroceso} [N]$$

$$fuerza_{retroceso} = 29.28[N]$$

Tabla 2. 16 Características técnicas del cilindro neumático

DATOS TECNICOS TIPO	CIL 136 40 500 CP
Presión de trabajo	Max 10 Bar
Temperatura de funcionamiento	-20 +80 °C
Fluido	Aire sin lubricación
Diámetro de Embolo	10 mm
Diámetro de Vástago	8 mm
Carrera	50
Función	Cilindro simple efecto
Peso	0.80 kg
Montaje	Rígido
Material	Vástago acero C45, cromado en profundidad, culatas en aluminio fundido, Pistón en tecnopolímero, juntas poliuretano.
Numero de cilindros	2 cilindros de simple efecto

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 1.1/63

Tabla 2. 17 Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción según catálogo general METALWORK 2009

DIAMETRO CILINDRO D EN mm	DIAMETRO d EJE EN mm	MOVIMIENTO	FUERZA EN EMPUJE Y TRACCION EN daN EN FUNCION DE LA PRESION EJERCIDA EN BAR		
			5 bar	6 bar	10 bar
10	8	EMPUJE	28.2	46.8	60.3
		TRACCIÓN	12.5	22.0	35.9

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 1.1/05

2.2.12.2.4 Consumo de aire en el cilindro

Con los datos obtenidos calculamos el caudal requerido por el cilindro; se tiene:

LA= Carrera del pistón = 50 mm

Di=Diámetro interno del cilindro = 10mm

Dv= Diámetro del vástago = 8 mm

$p_1=p_2$ = Presión Relativa de trabajo (presión de trabajo/1 bar) = 6

n = Numero de ciclos por minuto = 10 ciclos/min

Q_A = caudal requerido por el cilindro.

$$Q_A = \frac{L_A * \pi}{4} [D_i^2 * P_1 + (D_i^2 - D_v^2) * P_2] * n$$

Ecuación 2. 9 Caudal requerido

$$Q_A = \frac{50 * \pi}{4} [10^2 * 6 + (10^2 - 8^2) * 6] * 10$$

$$Q_A = 320442.442 \frac{mm^3}{min} = 320.449 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q_T = 2Q_A$$

$$Q_T = 2 * 320.449 \frac{cm^3}{min}$$

$$\text{Caudal Total requerido de 2 cilindros. } Q_T = 640.9 \frac{cm^3}{min} = 0.6408 \frac{l}{min}$$

2.2.12.2.5 *Electroválvulas*

(Sole, 2011)"La instalación de las electroválvulas en actuadores neumáticos es orientar el flujo de aire para repartir el aire hacia los elementos de trabajo, son conocidas también como válvulas distribuidoras. Son los órganos de mando eléctrico del circuito electroneumático del sistema. Las electroválvulas se eligen de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente":

- 2/2 dos vías/dos posiciones
- 3/2 tres vías/dos posiciones
- 4/2 cuatro vías/dos posiciones
- 5/2 cinco vías/dos posiciones
- 5/3 cinco vías/tres posiciones

Tabla 2. 18 Selección de Electroválvulas

MODELO	SOV B5 SEB OO
TIPO	VALVULA 3/2 DISTRIBUIDOR BIESTABLE
MONTAJE	VALVULA SERIE 70 ELECTRONEUMATICA SOBRE BASE

CONEXIÓN	G1/4
TEMPERATURA	-10 grados 60 grados centígrados
FLUIDO	Aire comprimido
PRESIÓN DE TRABAJO	Max 10Bar
TENSIÓN SELECCIONADA PARA SOLENOIDE	24VDC 2W

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 2.1/30



Figura 2. 21 Característica electroválvula MetalWork2009

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 2.1/30

2.2.12.2.6 Tubería

Generalmente son de poliamida, poliuretano, cobre, goma con malla, PVC con malla sintética. Son materiales flexibles encargados de la conducción del aire comprimido a los actuadores para realizar el proceso requerido.

Tabla 2. 19 Tubo poliuretano

TUBO	POLIURETANO	
PRESION MAX	10 BAR	
FLUIDO	AIRE COMPRIMIDO ACEITE , ETC	
TEMPERATURA	10 - 70 GRADOS C	
CONEXION	G1/4	
DIÁMETRO	8 mm	

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

2.2.12.2.7 Elementos adicionales

Tabla 2. 20 Conector rápido T

MODELO SPE 08	
CONECTOR RAPIDO PARA TUBO 8mm	

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

Tabla 2. 21 Conector rápido recto

Modelo IAC	CONECTOR RAPIDO 8 mm, roscado 3/4	
Modelo IAC	Conector rápido roscado 1/4	

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

Tabla 2. 22 Silenciador

Modelo MW SC	
Conector 1/8	
Bronce sinterizado	
Filtro 5um	

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

2.2.12.2.8 Selección unidad técnica de mantenimiento (UTM)

(Sole, 2011)"Son unidades necesarias para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para alargar la vida útil de los elementos.

Su función es proveer aire libre de impurezas, de humedad, regulado a la presión requerida y lubricado". La unidad está formada por:

- *Filtro de aire:* Elimina impureza que pueda existir en el aire comprimido. El cartucho del filtro debe limpiarse en intervalos regulares.
- *Colector de condensado:* El nivel de condensación debe controlarse rigurosamente para no sobrepasar el nivel máximo permitido, caso contrario puede que existe el riesgo de que agua pase al depósito de aceite y a la instalación. Para ello es necesario vaciar la condensación.
- *La válvula reguladora de presión:* Mantiene la presión de trabajo constante, independiente de las oscilaciones de la presión de red y el consumo de aire la presión de entrada siempre debe ser mayor que la presión de trabajo.

Estos elementos deben encontrarse bien lubricados, se debe utilizar aceites de acidez del tipo mineral.

Tabla 2. 23 Selección FRL

MODELO	FRL ND
TIPO	UTM
MONTAJE	MEDIANTE DOS TORNILLO
FILTRO DE AIRE + REGULADOR +LUBRICADOR	
CONEXIO	G1/4
TEMPERATURA	MAX 50 GRADO CENTIGRADOS
FLUIDO	AIRE COMPRIMIDO
PRESION DE TRABAJO	18 BAR
FILTRACION	25um
ACEITE	Aceite de Turbina clase 1 (ISOVG32)
TIPO DE VALVULA	Tipo relief
PESO	1 kg

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General, p 2.1/30

2.2.12.2.9 *Compresor*

Para determinar la potencia del compresor se requiere determinar los valores de pérdidas de presión en los elementos del sistema la que han sido tomados de los catálogos de MetalWork.

Tabla 2. 24 Pérdidas en los elementos neumáticos

ELEMENTO	CAIDA DE PRESION BAR	NUMERO DE ELEMENTOS	CAIDA DE PRESION TOTAL BAR
ELECTROVALVULAS	0.08	3	0.24
UTM	0.5	1	0.5
REGULADOR DE FLUJO	0.03	4	0.12
MANGUERA	0.01/m	8m	0.08
TOTAL (BAR)			0.87

Fuente: Autor

La presión de entrega en el compresor será:

$$P_c = P_D + \Delta p$$

Ecuación 2. 10 Presión de entrega al compresor

Donde:

P_c = Presion minima del compresor

P_D = Presion del sistema = 6Bar

Δp = Perdidas del sistema = 0.87 Bar

$$P_c = 6 + 0.87 = 6.87 \text{ Bar} = 7.005 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

La potencia requerida será:

$$P = P_c * \sum Q$$

Ecuación 2. 11 Potencia requerida

Donde:

P_c = Presion minima del compresor = $2.505 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

P = Potencia minima requerida el compresor

$\sum Q$ = Caudal total requerido = $2500.6 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 250.6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$

$$P = 2.505 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 2591 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 5236874.9 \frac{\text{kgf cm}}{\text{min}} = 872.8W = 1.16 \text{ hp}$$

Para un trabajo sin problemas del equipo se recomienda usar un compresor de al menos con las siguientes características:

Potencia: 1.2 hp - Caudal: 250.6 l/min. En la siguiente tabla 2.24 muestra las características del compresor

Tabla 2. 25Propiedades del compresor

Modelo : Porten	
Potencia: 2HP 1.5kw	
Cilindro: 2x51 mm	
R.P.M 1200	
Presión Max 8 Bar (115 PSI)	
Caudal 225 l/min	
Peso: 79kg	
Dimensiones:106x38x78	

Fuente: Autor

2.2.15 COMUNICACIONES

El servidor TCP/IP en Labview permite la transferencia de datos entre los dispositivos de control del sistema como PLC, sensores, HMI, módulos de comunicación, los datos son visualizados y controlados en el entorno HMI por computador en Labview. La configuración del servidor se realiza mediante los siguientes pasos.

2.2.13.1 Configuración Servidor TCP/IP con Labview NI OPCSERVER

Abrir la aplicación NIOPCSERVER y configurar un nuevo canal de comunicación según figura 2.20 haciendo clic derecho en el árbol de lista y agregar nuevo canal.

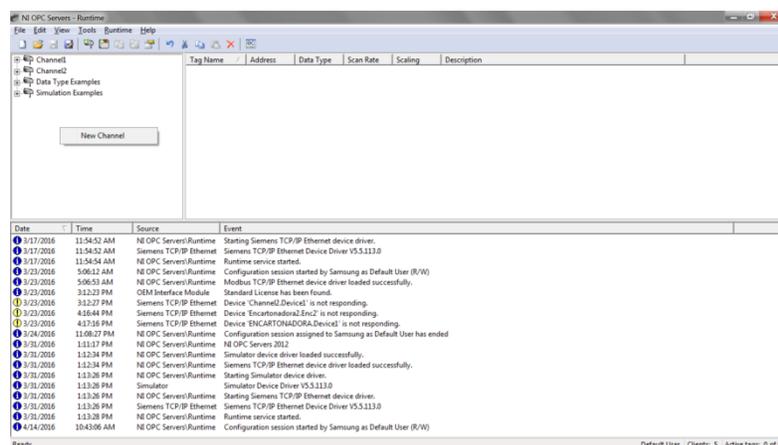


Figura 2. 22 Ventana inicial del software NI OPCServer

Fuente: Autor

La siguiente ventana se agrega el nombre del nuevo canal para configura el servidor, se da el nombre de Redes Industriales según figura 2.21 y presionamos Next

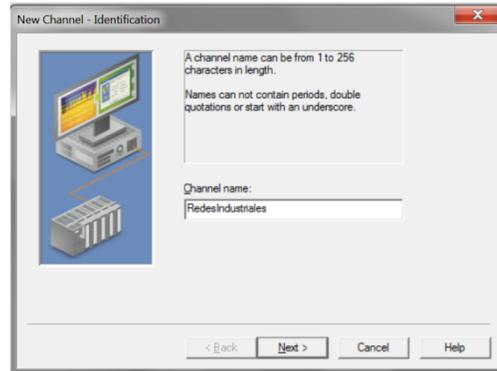


Figura 2. 23 Configuración del canal de comunicación

Fuente: Autor

La figura 2.22 muestra la selección del Device Driver, en este caso es un PLC Siemens, seleccionamos de la lista Siemens TCP/IP Ethernet y presionamos Next.

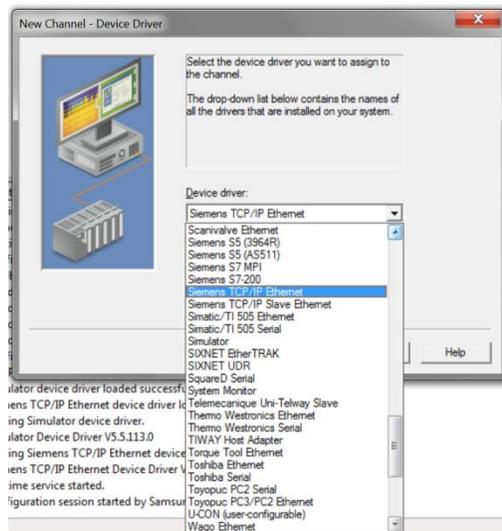


Figura 2. 24 Selección del driver

Fuente: Autor

El PLC a utilizar es el siemens S7-1200 1214dc/dc, si se utiliza un plc de otra marca, este debe estar en la lista de selección para poder realizar la configuración de comunicación.

En este paso se selecciona la tarjeta o adaptador de red, se deja en default para que automáticamente seleccione la tarjeta que se encuentra por defecto como indica la figura 2.23.

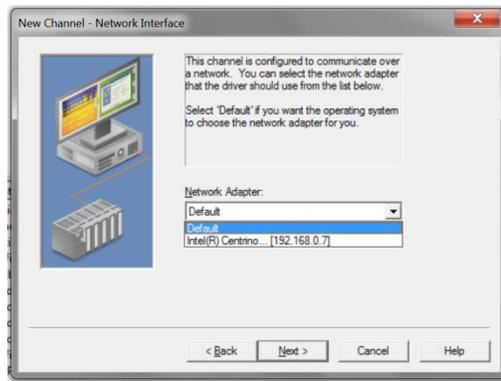


Figura 2. 25 Selección tarjeta de red

Fuente: Autor

El siguiente paso se configura la optimización de escritura para este sistema se utiliza la opción Write all values for all tags (escribir todos los valores para todas las etiquetas), tal que garantiza que se envían al PLC todas las señales deseadas como se indica figura 2.24 y presionar Next.

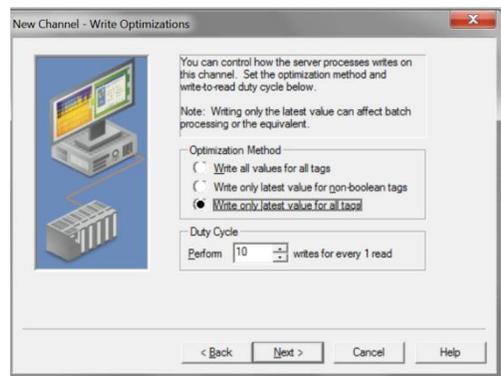


Figura 2. 26 Optimización de escritura

Fuente: Autor

En la ventana de la figura 3.42 se muestra la configuración seleccionada al momento de pulsar en el botón Next de la ventana anterior. Al hacer clic sobre el botón finalizar se concluye la configuración del canal de comunicación

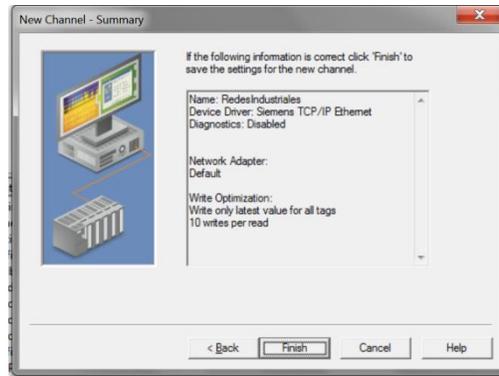


Figura 2. 27 Ventana fin de configuración

Fuente: Autor

2.2.13.2 Agregar un dispositivo al canal de comunicación

Pulsar en Clic to add a device para agregar el modelo de plc que se va utilizar, en la figura 2.26 se da el nombre del dispositivo de control Siemens S71200.

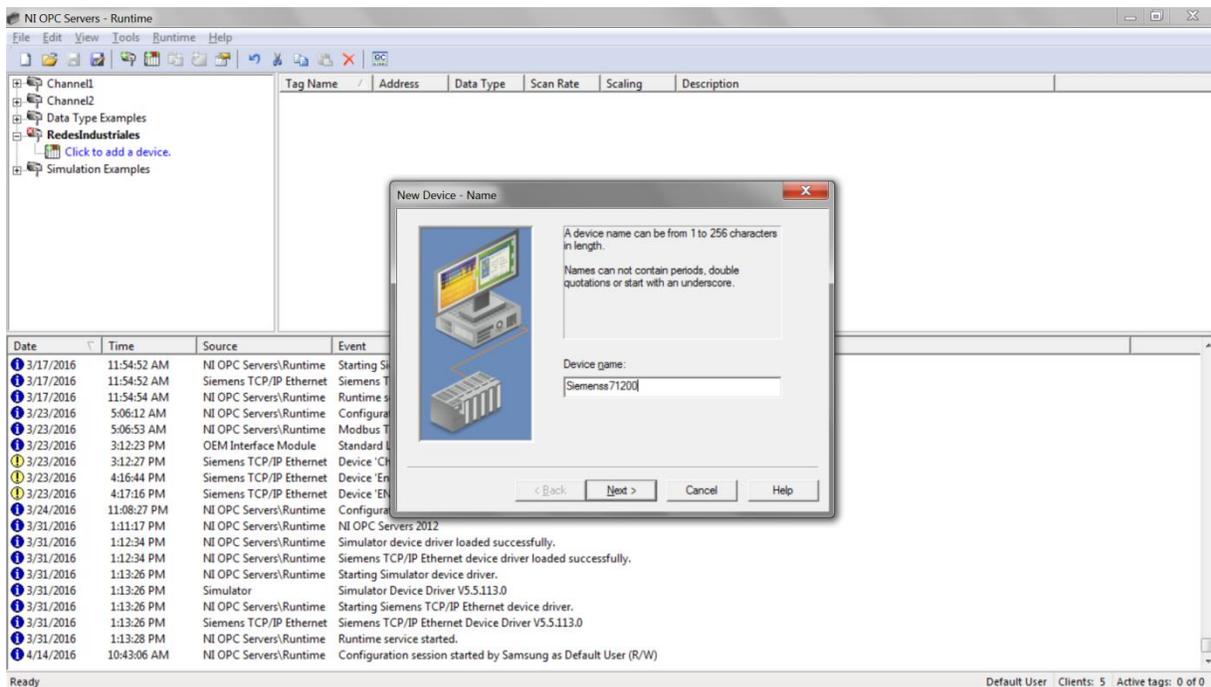


Figura 2. 28 Agregar dispositivo al canal

Fuente: Autor

Selección de la serie del plc a utilizar que es el s7-1200 como indica la figura 2.27, se debe considerar que los pasos anteriores deben realizarse de forma adecuada, caso contrario, la lista de plc en este punto se visualizaran para la configuración del servidor, presionar Next para ir a la siguiente ventana.

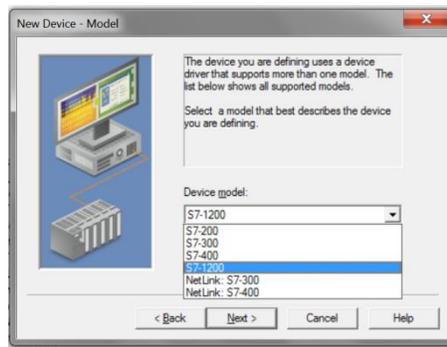


Figura 2. 29 Ventana para agregar la serie del PLC

Fuente: Autor

Luego de seleccionar el plc, se configura la dirección IP la cual está dada por 192.168.0.1, la dirección de red es indispensable configurar en el plc para que el sistema pueda enviar y recibir. Figura 2.28



Figura 2. 30 Configuración dirección IP

Fuente: Autor

Configurar los tiempos de comunicación, la figura 2.29 muestra los datos sugeridos por el fabricante de tal forma se mantienen en esta configuración, presionar Next.

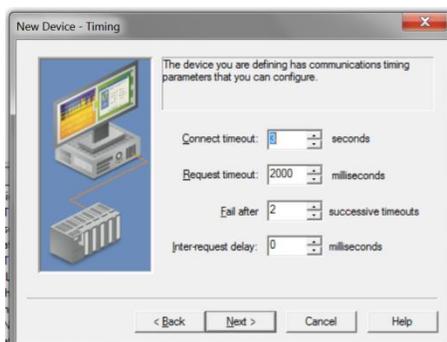


Figura 2. 31 Tiempos de comunicación

Fuente: Autor

En la figura 2.30 indica que se habilitó la opción que permite anular la comunicación con los dispositivos que no responden.

La utilidad de esta opción es no estancar las comunicaciones si el PLC fallido se encuentra conectado a una red. Se habilitó esta opción para dejar en uso práctico la ampliación de más PLCs.

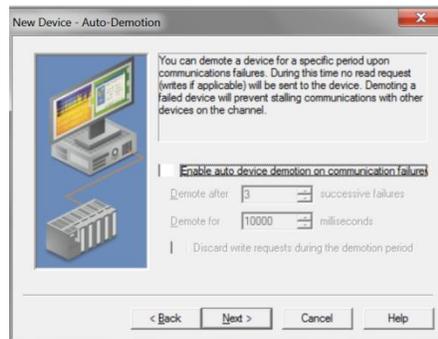


Figura 2. 32 Auto Demotion

Fuente: Autor

En esta configuración de la figura 2.31 se realiza el ingreso del número de puerto TCP/IP de la comunicación comprendido entre 0-126, por defecto se crea el puerto 102.

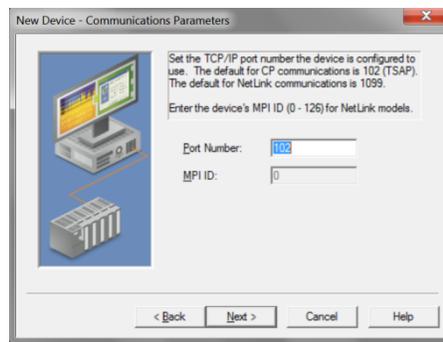


Figura 2. 33 Parámetros de comunicación

Fuente: Autor

Los parámetros de comunicación del s7 se crean por defecto, el fabricante recomienda mantener para una primera red de comunicación, y se requiere de sub redes o aumentar más dispositivos de control se configuran las direcciones y el número del CPU. (Figura 2.32)

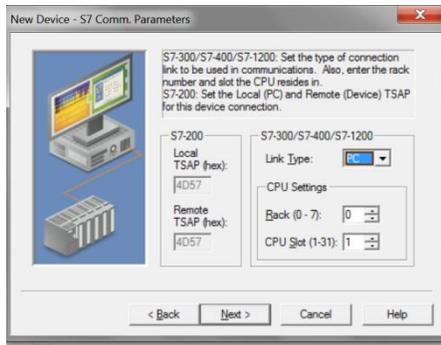


Figura 2. 34 Parámetros de comunicación de S7

Fuente: Autor

Para la selección del tamaño de datos de transmisión es de 16- 32 bits, está por defecto Big Endian (S7 Default), el fabricante sugiere dejas esta opción según la figura 2.33.



Figura 2. 35 Opciones de direccionamiento

Fuente: Autor

Los datos de configuración del canal se resumen en la lista que se indica en la figura 2.34, si algún dato se encuentra errónea se puede regresar y volver a configurarlos.

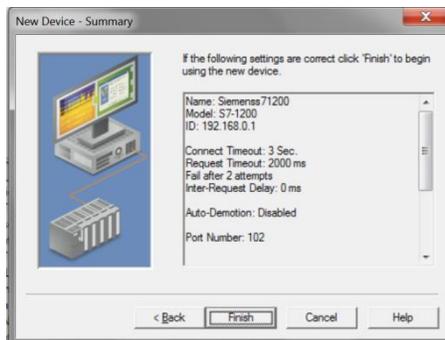


Figura 2. 36 Datos configurados de finalización

Fuente: Autor

2.2.13.3 Configuración de TAGS

Los TAGS son direccionamientos de memoria del PLC donde se encuentran todos los datos que el PLC adquiere durante el proceso, este direccionamiento en el sistema es necesario para que el servidor envíe la información al HMI LABVIEW. (Figura 2.35 y figura 2.36)

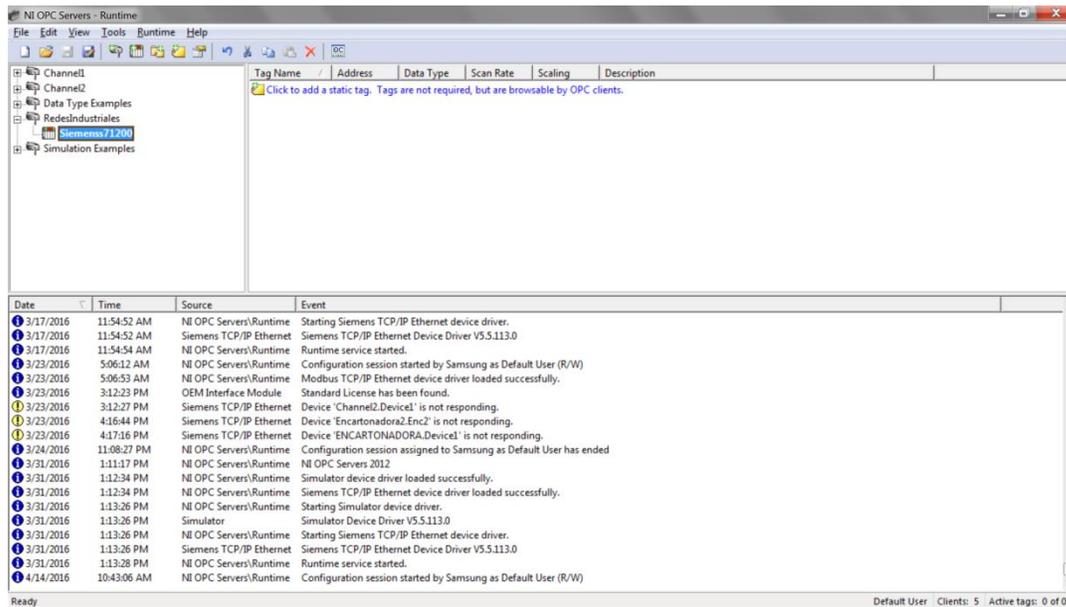


Figura 2. 37 Ventana de configuración del canal

Fuente: Autor

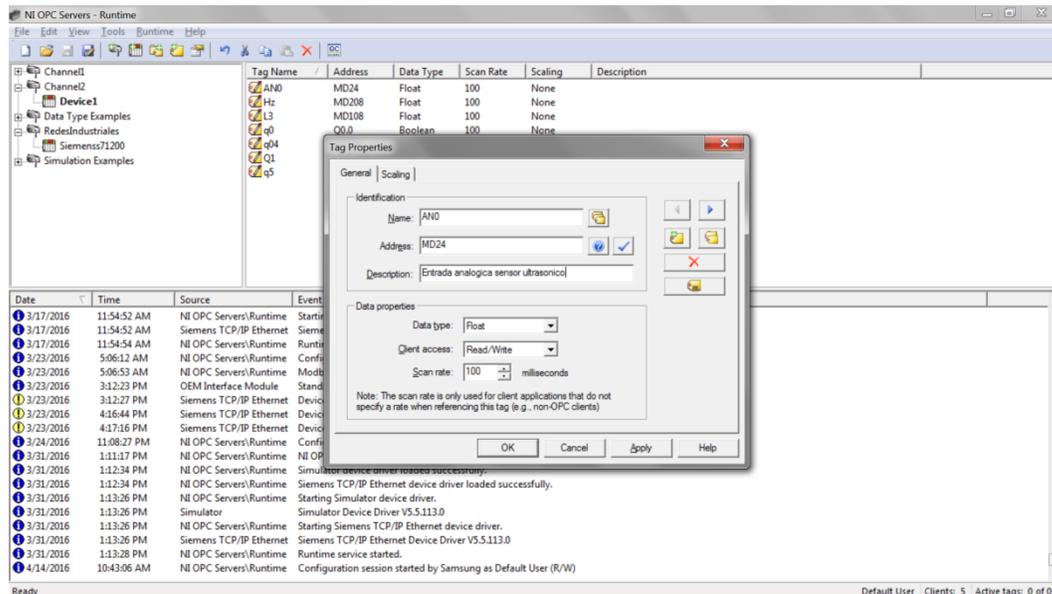


Figura 2. 38 Configuración de TAGS del sistema

Fuente: Autor

2.2.16 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN EN LABVIEW

Para la adquisición de datos al sistema HMI por computador en Labview se requiere realizar los siguientes pasos:

Se crea un proyecto en blanco desde la pantalla principal de Labview figura 2.37

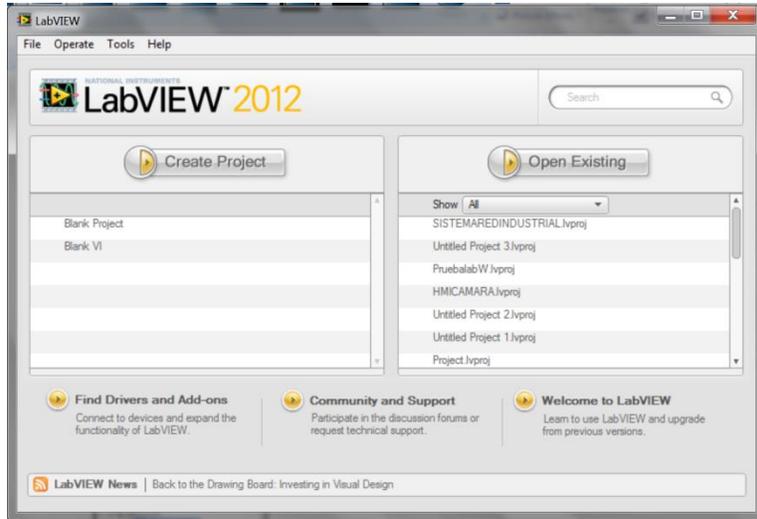


Figura 2. 39 Pantalla principal de Labview

Fuente: Autor

En el proyecto se agrega el servidor I/O Server, desde la lista de opciones que se muestra la figura 2.38

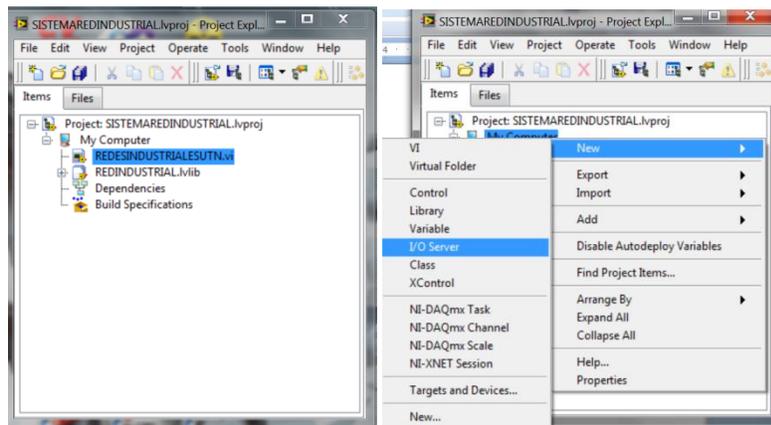


Figura 2. 40 Ventana de proyecto del sistema HMI

Fuente: Autor

La ventana de la figura 2.39 se hace la selección del OPC client, este nos permite acceder a los tags creados en el NI OPC SERVER y acceder a la memoria del PLC que realiza el control y adquisición del sistema.

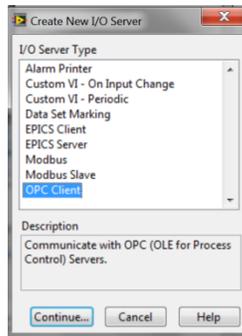


Figura 2. 41 Creación de Nuevo I/O Server

Fuente: Autor

Luego de haber creado el cliente para el servidor OPC se agrega las variables o tags que interfieren en el sistema, estas variables deben tener las mismas características de los tags creado anteriormente, caso contrario el sistema dará avisos de alarma o paro del sistema por conflicto de tipos de datos, estos pueden ser de tipo Bool, INT32, double, Char, String, etc.

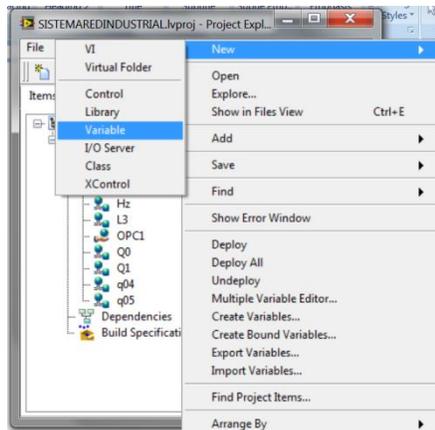


Figura 2. 42 Agregar variables del PLC S71200

Fuente: Autor

A las variables se deben dar nombres para identificar el tipo de acción que va a representar en el HMI, se debe activar la casilla Enable Alasing, esto permite obtener los tags o abrir los tags generados en el servidor, también cambiar el tipo de dato que representa el tags o de forma automática se coloca por defecto. Estas variables tienen un ancho de palabra de 16-32 bits que soporta el servidor, las redes implementadas son superiores al momento de realizar la transferencia de datos en la

red. En la figura 2.41 es la ventana principal para la configuración de las variables y acceso a los respectivos tags del sistema.

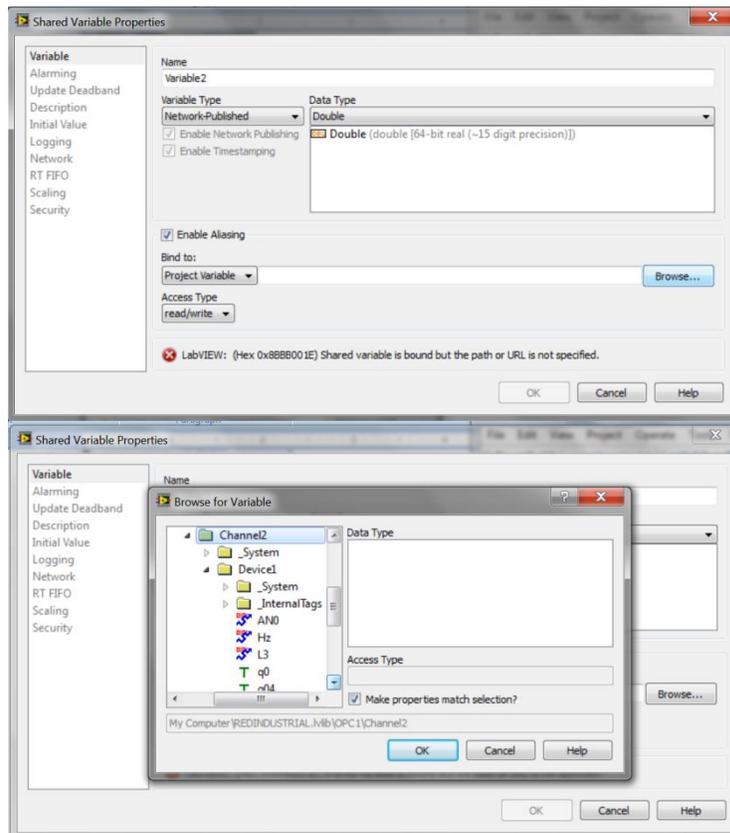


Figura 2. 43 Propiedades de las Variables

Fuente: Autor

Después de agregar todas las variables a la lista del árbol de proyecto debe quedar como indica la figura 2.42, para configurar variables se realiza en la misma ventana.

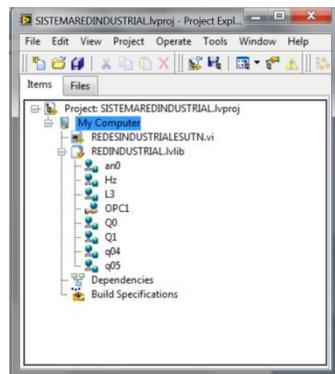


Figura 2. 44 Árbol del Proyecto después de agregar variables

Fuente: Autor

2.2.17 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA HMI EN LABVIEW

Después de realizar la configuración del I/O Server se procede a programar la interfaz en Labview, se crea un nuevo VI llamado REDESINDUSTRIALESUTN desde el árbol de proyecto como se indica la figura 2.43

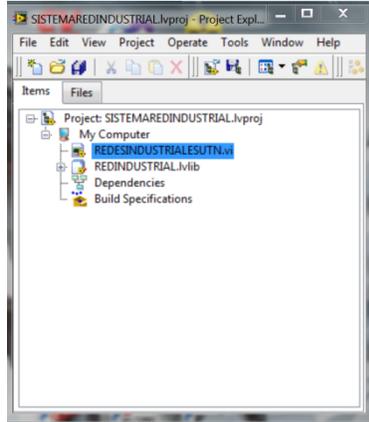


Figura 2. 45 Creación de nuevo VI en el Árbol de proyectos

Fuente: Autor

Se agregan todos los elementos de la interfaz como entradas y salidas digitales, control de gráficos, botones, botón de paro de emergencia, cuadros de texto y labels, en la interfaz muestra la adquisición de datos del sistema PAC3200, el control de los sistemas electroneumáticos como electroválvulas que activa los cilindros neumáticos del sistema, el control de velocidad del motor trifásico, la adquisición de señal del sensor ultrasónico y el sensor de movimiento.

También se generan las alarmas de fallos en el sistema, paros de emergencia activados y las gráficas de los voltajes de línea del PAC3200 como indica la figura 2.44.

Para la programación del sistema se busca las variables creadas anteriormente y se los coloca en el entorno de programación.

Se debe considerar si las variables son entradas o salidas digitales para utilizar botones y luces leds, de tipo int o string para utilizar cuadros de texto para ser visualizados, se les direcciona las variables uno por uno en el entorno y se les da nombre a las variables graficas en el modo de programación grafica como indica la figura 2.45.

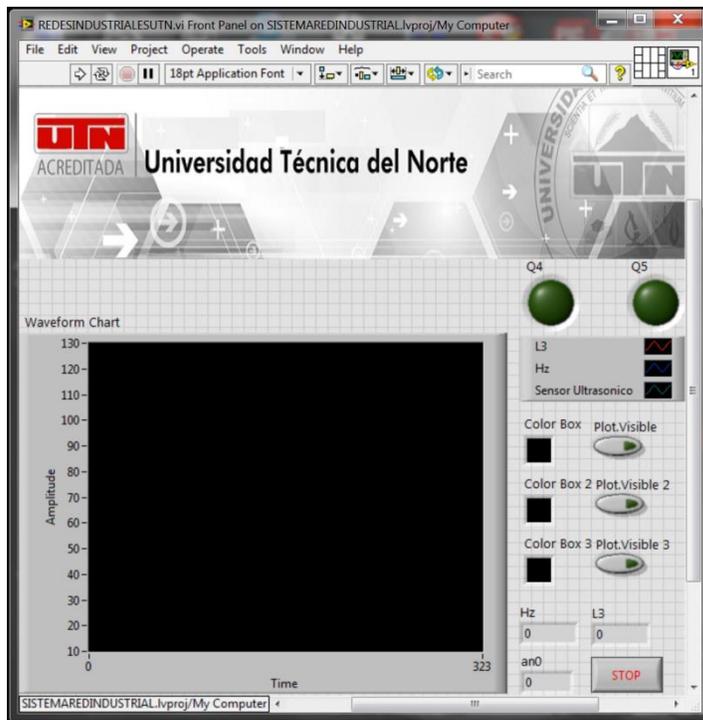


Figura 2. 46 HMI por computador en Labview

Fuente: Autor

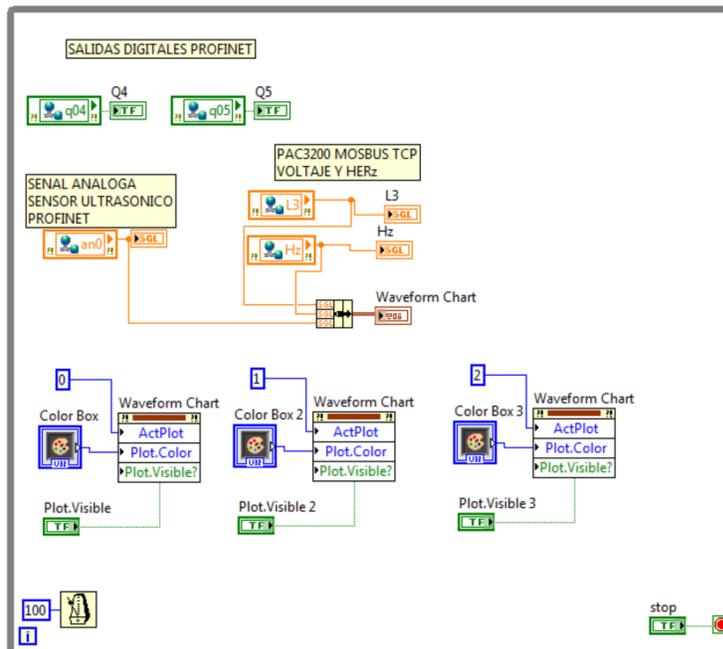


Figura 2. 47 Entorno de programación de Labview

Fuente: Autor

2.2.18 PROGRAMACION PLC S7-1200 TIA PORTAL

El desarrollo de la aplicación para el PLC se realizó en TiaPortal V13.0.1 de Siemens, es un programa amigable para el usuario, fácil y rápido de usar, viene con las librerías de programación para los diferentes equipos que se utilizan el sistema de red industrial. Iniciar la aplicación y generar nuevo proyecto para llegar al entorno de programación.

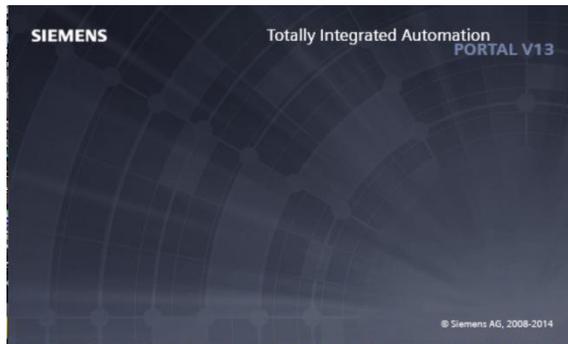


Figura 2. 48 Ventana inicial de TiaPortal V 13.0.1

Fuente: Autor

2.2.16.1 Selección de la CPU

En la pantalla de tiempo de diseño agregamos la cpu 12/14/dcdcdc y el modulo CM 1241, buscamos en el árbol de lista de Hardware de los dispositivos disponibles en el programa de desarrollo en la figura 2.47 muestra la forma de configurar el rack de dispositivos en TiaPortal.

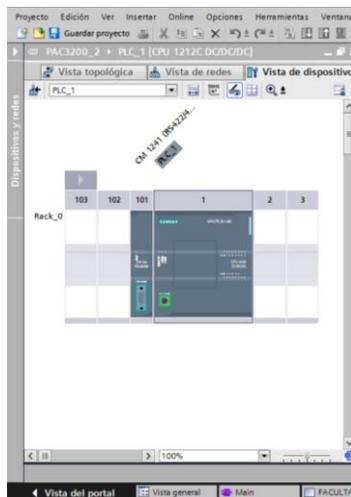


Figura 2. 49 Dispositivos agregados en tiempo de diseño

Fuente: Autor

2.2.16.2 Configuración de la red

En la figura 2.48 muestra los componentes que intervienen en la red, PLC s71200, variador Sinamics, Hmi kp400, Pac3200, Switch, sensores, la topología de red es de forma estrella.

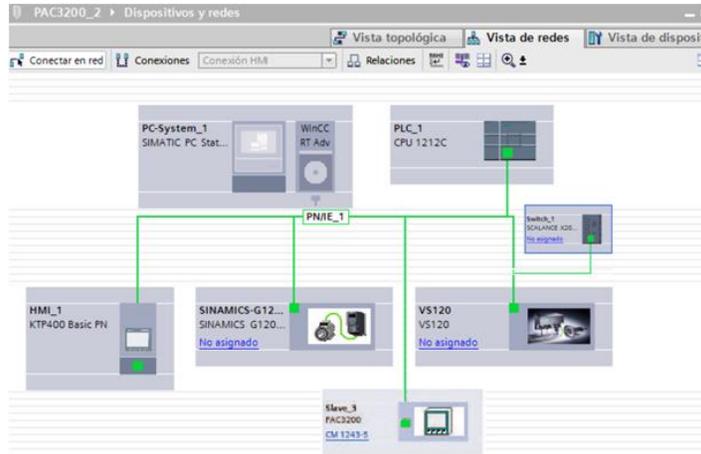


Figura 2. 50 Red TCP/IP Ethernet, Profibus, RS485 y Modbus diseñada

Fuente: Autor

2.2.16.3 Configuración Ethernet del PLC S7

Se activa la casilla de acceso de comunicación PUT/GET, esto permite habilitar la comunicación TCP/IP del servidor creada anteriormente en labview para acceder a las direcciones de memoria del PLC donde se almacena toda la información necesaria para el control del sistema.

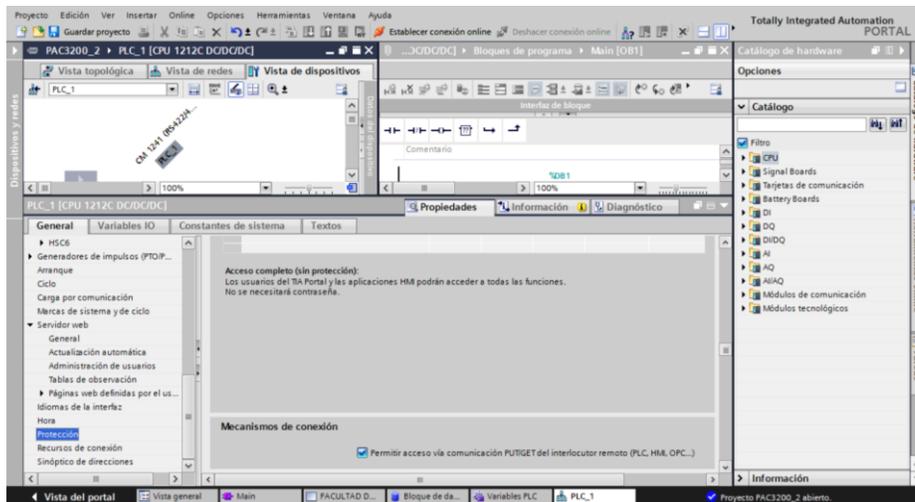


Figura 2. 51 Activación de la comunicación

Fuente: Autor

Se configura la dirección IP del PLC 192.168.0.3, estas propiedades son exclusivas del CPU del PLC s71200, la figura 2.50 muestra donde debe ser modificados estos parámetros para que la comunicación TCP/IP en Labview pueda ser reconocida por el servidor NI.

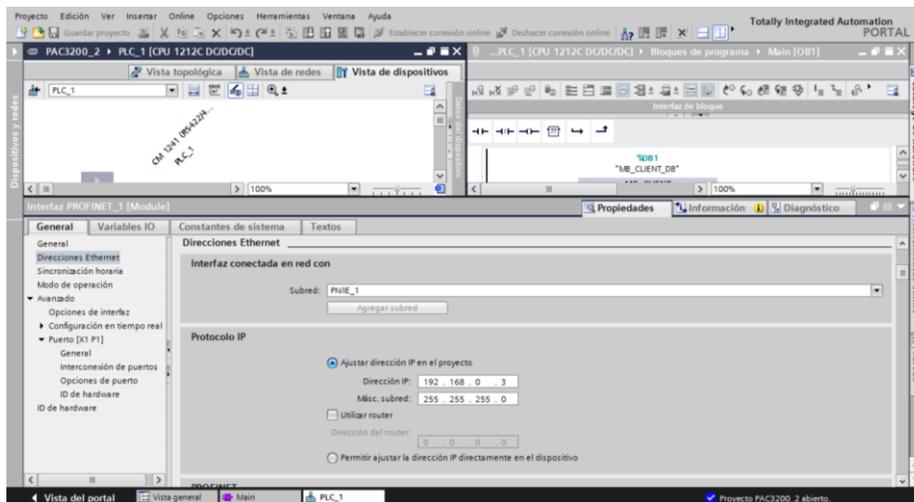


Figura 2. 52 Configuración IP del PLC

Fuente: Autor

2.2.16.4 Configuración Modbus TCP/IP

Para realizar la transmisión de datos del PAC 3200 se configura desde el módulo el tipo de comunicación MODBUS TCP, la figura 2.51 indica la forma de configurar desde las teclas de usuario, la dirección ip del Módulo es 192.168.0.200.

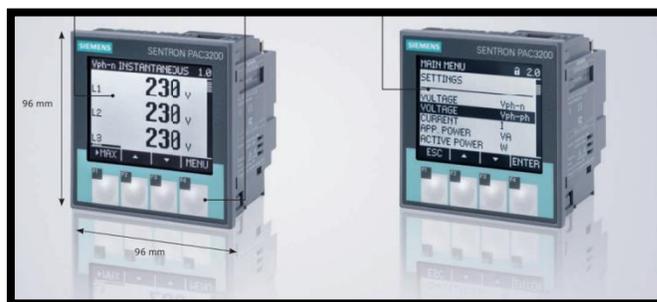


Figura 2. 53 Configuración del módulo PAC3200

Fuente: Catalogo Simens PAC3200

En tia portal, se realiza el direccionamiento indirecto de las posiciones de memoria del plc donde se almacenarán los 301 datos que el multimedidor realiza la

adquisición de datos, la figura 2.52 indica el bloque MB_Client de configuración de modo cliente para la comunicación modbus.

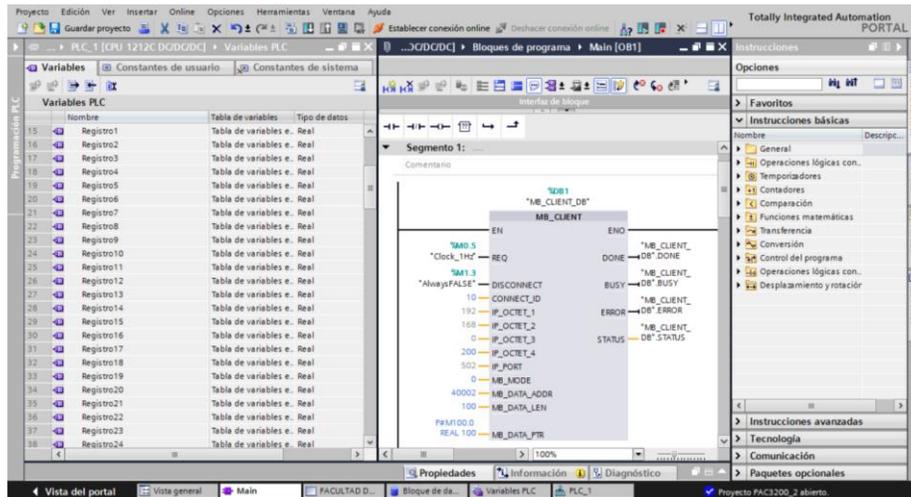


Figura 2. 54 Programación Modbus tcp/IP

Fuente: Autor

Tabla 2. 26 Direcciones de memoria PAC3200

Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
1	2	Tensión U _{L1-N}	Float	V	-	R
3	2	Tensión U _{L2-N}	Float	V	-	R
5	2	Tensión U _{L3-N}	Float	V	-	R
7	2	Tensión U _{L1-2}	Float	V	-	R
9	2	Tensión U _{L2-3}	Float	V	-	R
11	2	Tensión U _{L3-1}	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
15	2	Corriente L2	Float	A	-	R
17	2	Corriente L3	Float	A	-	R
19	2	Potencia aparente L1	Float	VA	-	R
21	2	Potencia aparente L2	Float	VA	-	R
23	2	Potencia aparente L3	Float	VA	-	R
25	2	Potencia activa L1	Float	W	-	R
27	2	Potencia activa L2	Float	W	-	R
29	2	Potencia activa L3	Float	W	-	R
31	2	Potencia reactiva L1	Float	var	-	R
33	2	Potencia reactiva L2	Float	var	-	R
35	2	Potencia reactiva L3	Float	var	-	R
37	2	Factor de potencia L1	Float	-	0 ... 1	R
39	2	Factor de potencia L2	Float	-	0 ... 1	R
41	2	Factor de potencia L3	Float	-	0 ... 1	R
43	2	THD-R en tensión L1	Float	%	0 ... 100	R
45	2	THD-R en tensión L2	Float	%	0 ... 100	R
47	2	THD-R en tensión L3	Float	%	0 ... 100	R
49	2	THD-R en corriente L1	Float	%	0 ... 100	R
51	2	THD-R en corriente L2	Float	%	0 ... 100	R
53	2	THD-R en corriente L3	Float	%	0 ... 100	R
55	2	Frecuencia	Float	Hz	45 ... 65	R
57	2	Tensión media U _{L-N}	Float	V	-	R
59	2	Tensión media U _{L-L}	Float	V	-	R
61	2	Corriente media	Float	A	-	R
63	2	Potencia aparente total	Float	VA	-	R
65	2	Potencia activa total	Float	W	-	R
67	2	Potencia reactiva total	Float	var	-	R
69	2	Factor de potencia total	Float	-	-	R
71	2	Desbalance de amplitudes en tensión	Float	%	0 ... 100	R
73	2	Desbalance de amplitudes en corriente	Float	%	0 ... 200	R
75	2	Tensión máxima U _{L1-N}	Float	V	-	R

Fuente: Catálogo Siemens Pac3200

2.2.16.5 Configuración USS y Modbus RTU

El variador de velocidad sinamics v20 para poder ser controlado necesita de la comunicación USS que permite set y reset de los parámetros del variador como los principales son, velocidad, sentido, paro y arranque. La figura 2.53 indica los parámetros de configuración para el USS que se mantienen por defecto.

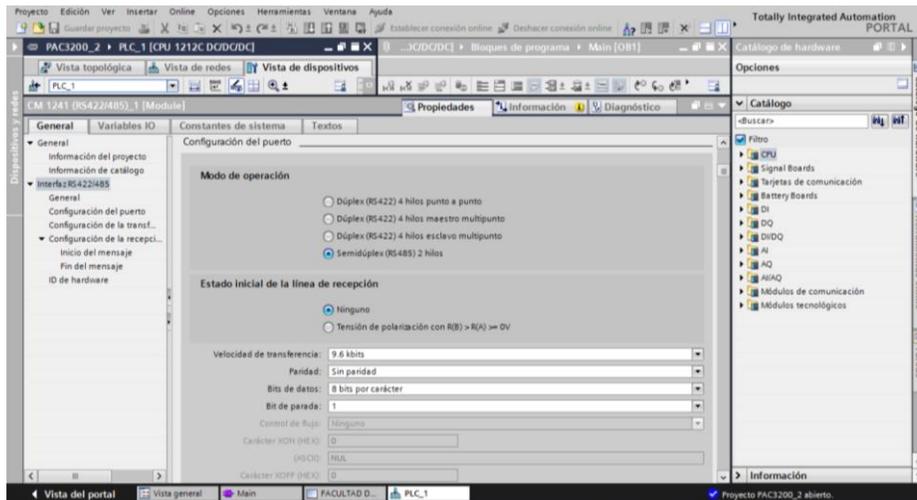


Figura 2. 55 Configuración Comunicación 485

Fuente: Autor

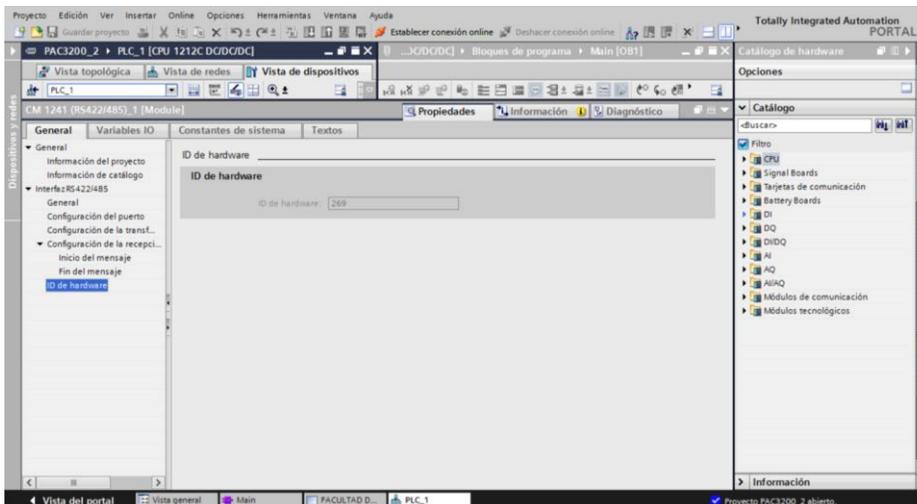


Figura 2. 56 Dirección ID del módulo CM1241

Fuente: Autor

El CM1241 es el módulo de comunicación USS para conectar con el variador de velocidad SINAMIC V20, se debe tomar en cuenta la dirección ID de Hardware para poder programar el dispositivo, de esta forma adquiere el control del motor eléctrico.

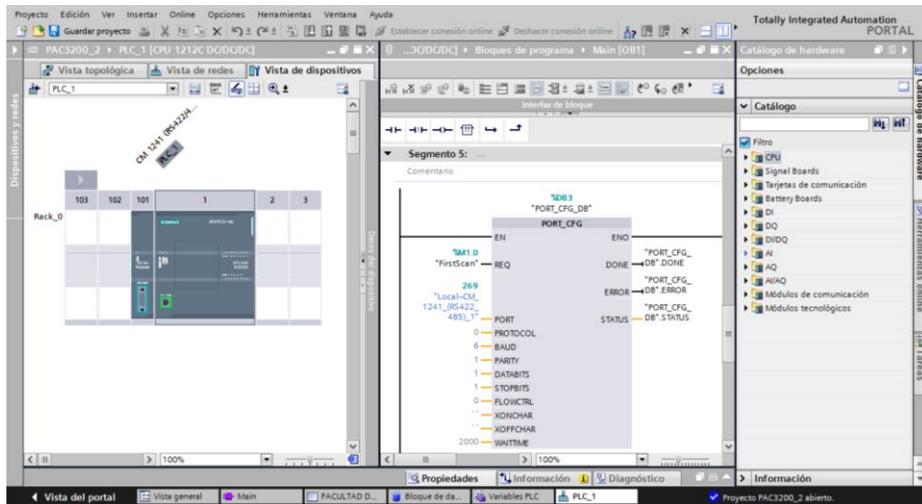


Figura 2. 57 Bloque de programación USS

Fuente: Autor

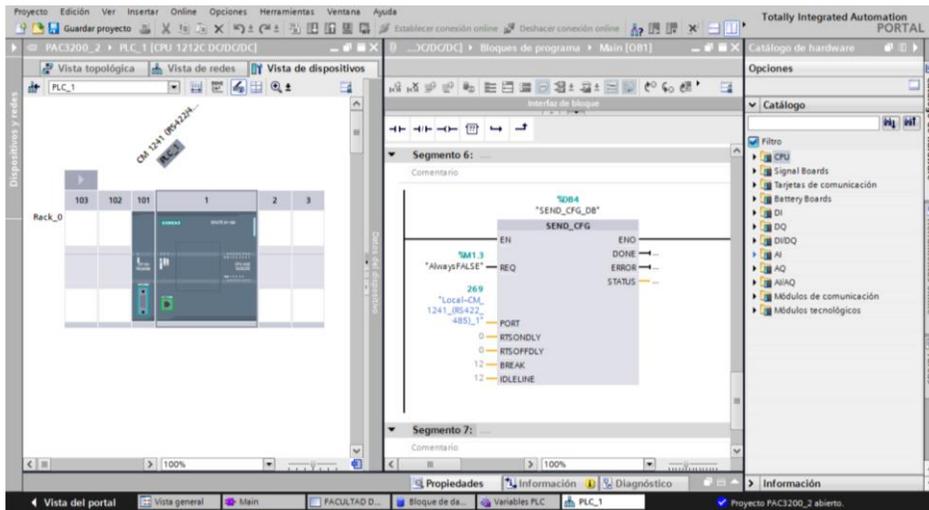


Figura 2. 58 Bloque de programación Modbus RTU

Fuente: Autor

La figura 2.56 indica el bloque de programación para la comunicación Modbus RTU para realiza la conversión 485/232 y de esa manera poder hacer la transmisión de datos con el módulo arduino uno, que está encargada de transmitir datos del sensor de posición hacia el PLC, y luego esta información se visualiza en el HMI por computador en Labview y en HMI kp-400. La red implementada con los diferentes tipos de comunicación conectadas son por los dispositivos diferentes que intervienen en el sistema, la red RS 485 es la más antigua y está en las redes más utilizadas y novedosas en el sistema industrial de este proyecto.

2.2.16.6 Programación y configuración de sensor de distancia

El puerto de entrada análoga en el PLC es de AN0, la activación del canal 0 se muestra en la figura 2.57, considerando la dirección IW64, y el filtro de 4 ciclos.

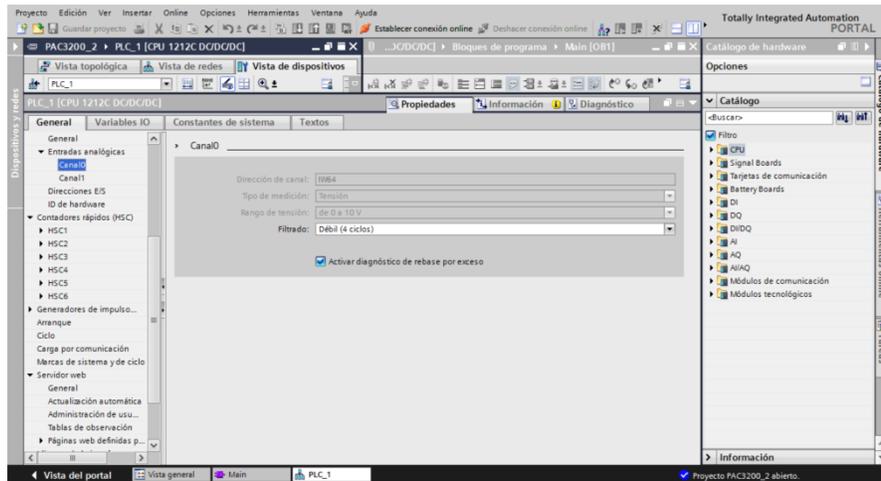


Figura 2. 59 Configuración del CANAL0 de la entrada analógica

Fuente: Autor

Para poder adquirir los datos se debe normalizar la señal, realizando el direccionamiento IW64 donde se encuentra los valores que adquiere el PLC de tipo INT con una resolución de 16 bits por defecto. (Figura 2.58)

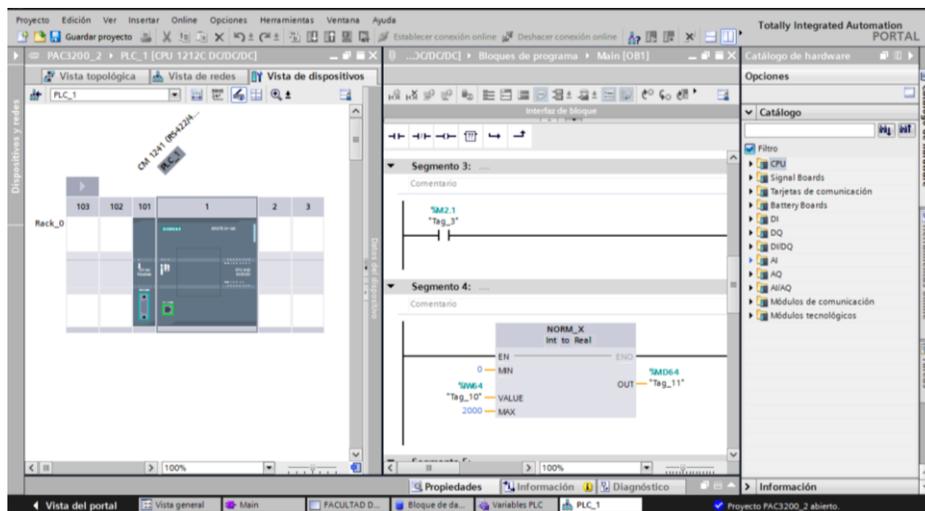


Figura 2. 60 Bloque de adquisición de señal analógica del sensor de proximidad

Fuente: Autor

Luego de normalizar la señal se necesita realizar la escala de la señal que va entre 0 a 5 VDC que el sensor utiliza para el envío de señal analógica al puerto AN_0 del PLC, y ser convertida en dato de tipo REAL, el bloque de programación a utilizar es SCALE_X como indica la figura 2.59.

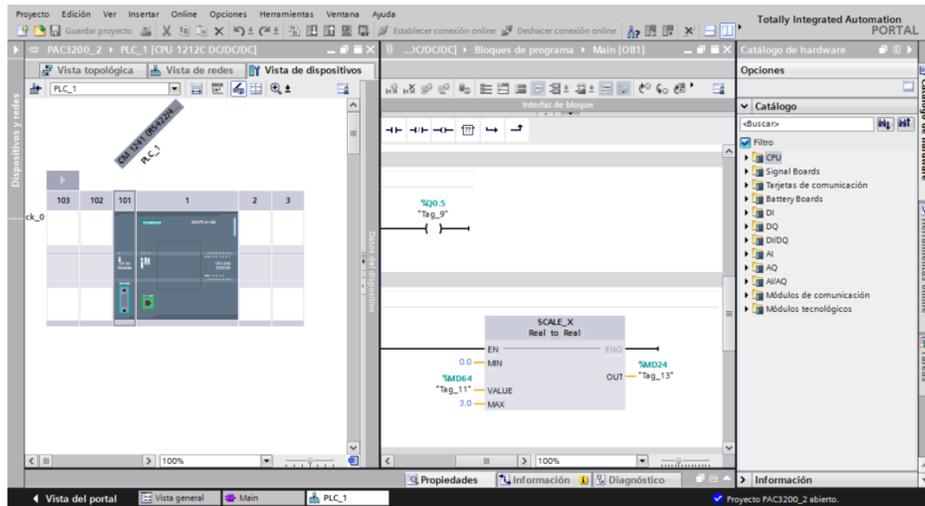


Figura 2. 61 Bloque de escala de la señal analógica

Fuente: Autor

La tabla 2.27 facilitara la conversión de valores análogo(A) digital (D) o viceversa para el sensor ultrasonido MAXBotix.

Tabla 2. 27Valores de conversión análogo digital

Rango	Si se conoce el valor digital	Si se conoce la señal análoga
0 a 5 v	$A = \frac{5D}{4095}$	$D = \frac{4095}{5}(A)$
0 a 10v	$A = \frac{10D}{4095}$	$D = \frac{4095}{10}(A)$

Fuente: Plc SIEMENS 06 Analog Voltage input, Manual User, Cap 5 pag. 5-13

Siendo: A análogo y D digital Se debe tener en cuenta que el modulo análogo digital está configurado a 5 voltios.

2.2.16.7 Configuración Profinet

Para la configuración de la comunicación Profinet se direcciona la IP 192.168.0.2 y la subred 255.255.255.0. Figura 2.60

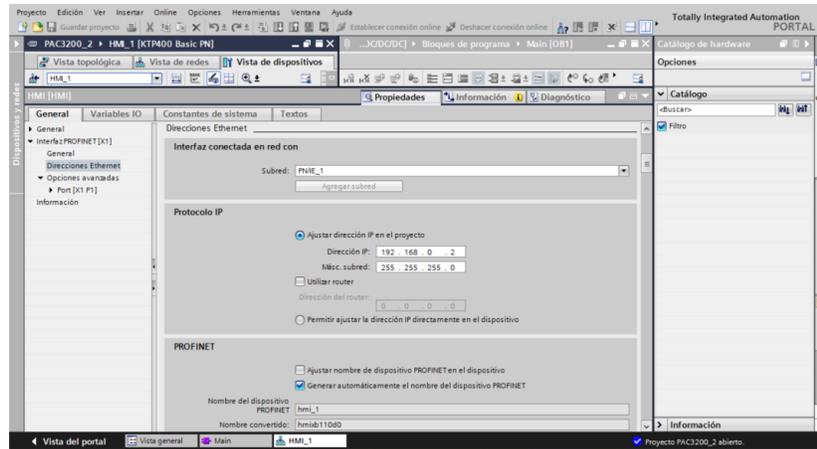


Figura 2. 62 Configuración HMI KP-400 Profinet

Fuente: Autor

La pantalla inicial muestra los botones que se utilizan para desplazarse a las diferentes ventanas que el sistema tiene para visualizar lo sensores y controlar los actuadores desde el HMI (Figura 2.61), función F1 despliega la ventana grafica de la adquisición de datos del PAC3200 y la función F2 despliega la ventana de la visualización de datos de los sensores y control de los cilindros neumáticos y motor trifásico del proyecto.

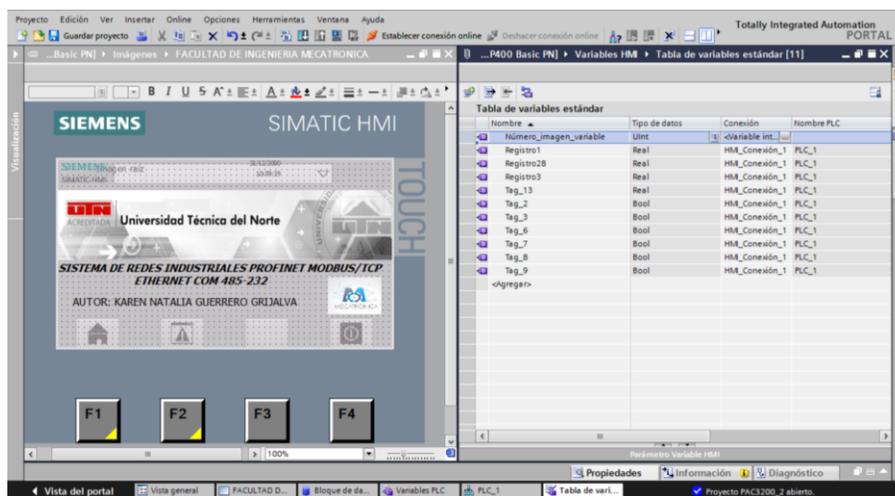


Figura 2. 63 Pantalla de inicio y direccionamiento de variables

Fuente: Autor

En la figura 2.62 indica la venta de visualización de datos del PAC 3200 como voltaje y frecuencia de forma gráfica, esta grafica también se visualiza en Labview.

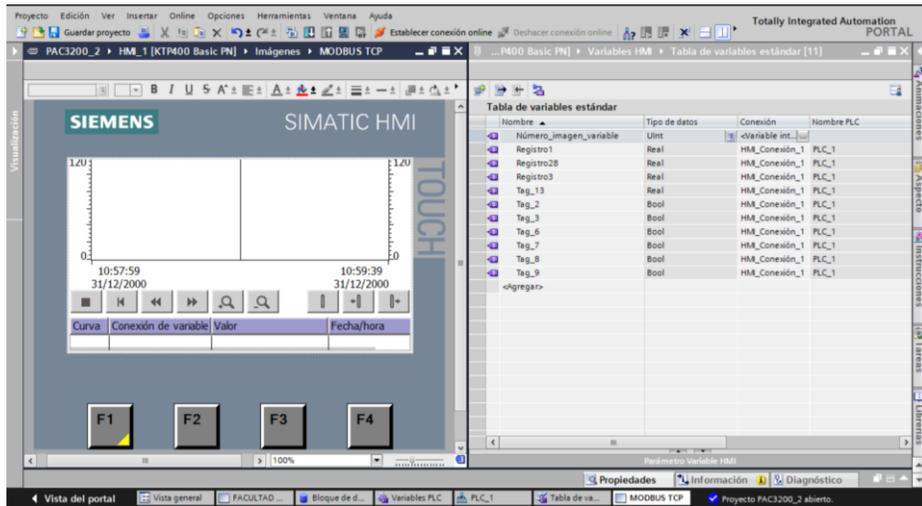


Figura 2. 64 Ventana grafica del PAC3200

Fuente: Autor

La ventana de control de actuadores y visualización de datos medidos por los sensores se muestra en la figura 2.63, en esta ventana controla la activación de cilindros neumáticos, control del motor por comunicación USS, visualización de datos de proximidad y de posición.

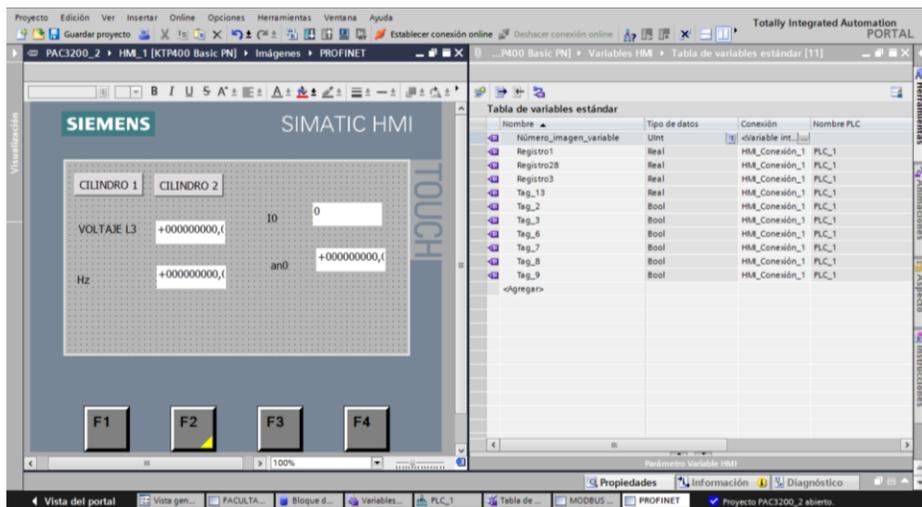


Figura 2. 65 Ventana de control de cilindros y visualización de sensores

Fuente: Autor

El árbol indica los métodos utilizados durante la programación del módulo 12 14 dc/dc/dc, el método principal es el MAIN, seguido de bloques de datos donde toda la

transmisión y recepción de datos de los módulos es almacenado, y de igual forma los recursos de programa de las diferentes comunicaciones del sistema.

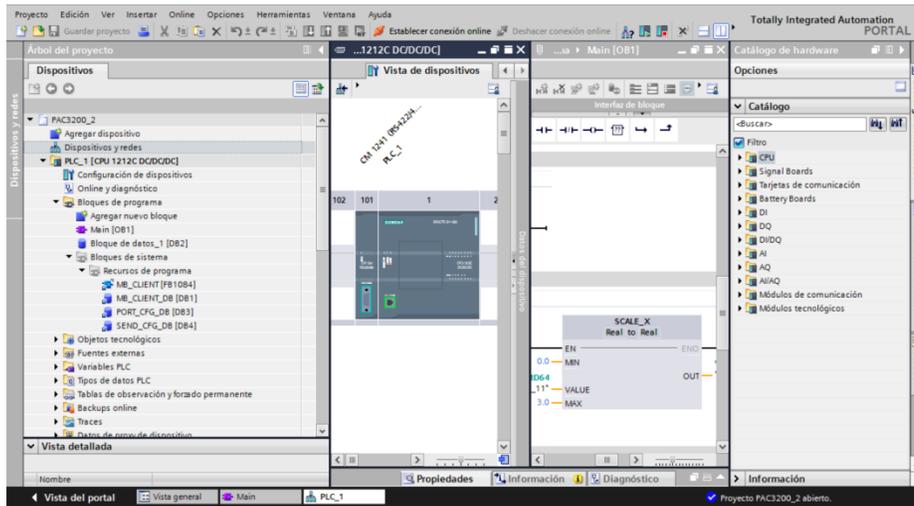


Figura 2. 66 Árbol de métodos del PLC

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se detalla el proceso constructivo y ensamblaje de la red de control, gabinete de control, instalaciones neumáticas y estructura mecánica.

3.1ELECTRÓNICA Y CONTROL

El cableado del gabinete de control fue armado con cables de calibre número 16 y 18, los cuales se toman como referencia los siguientes colores:

Rojo -> Fase1 120 AC

Negro -> Neutro

Amarrillo -> Tierra

Azul -> +24 DC

Blanco -> Señal digital

De esta manera se realizan las conexiones de los diferentes elementos que se encuentran en el gabinete de control, teniendo en cuenta las protecciones como disyuntores y fusibles de 1 Amp a 2 Amp.

Para el cableado de la red de control se toma de referencia en la parte ethernet el cliente se diferencia de color azul y los servidores de color tomate, mientras que la red de control serial el master se diferencia de color gris y el slave de color morado, todos los cables son apantallados y de par trenzados utilizando conectores RJ-45 para puertos de ethernet y DB9 para puertos seriales.

Para los puertos seriales el cable único de TX o transmisión es de color tomate y RX de recepción es de color blanco con tomate tomado esta referencia para el cableado de la comunicación serial a los diferentes dispositivos que los soportan.

El sistema funciona con voltaje en alterna de 220VAC, la cual una línea de voltaje L1 se conecta con la fuente conmutada de 24 VDC que alimenta al PLC y al circuito de conversor de 10 VDC para el módulo Arduino UNO, sensores y switch de la red de control, las líneas de 220 VAC alimentan al variador de velocidad para el control del

motor trifásico de 1 Hp por medio de la comunicación ModBUS USS la cual controla la activación en marcha del módulo, arranque del motor, sentido de giro y frecuencia.

3.1.1 TABLERO DE CONTROL

Para el ensamblaje de los elementos y dispositivos de control se realizó en un gabinete de doble fondo de medidas de 600 mm x 400 mm x 200mm, con canaletas de 40mmx20mm montadas en el doble fondo, se tiene cuidado al momento de realizar las perforaciones para colocar riel DINN. (Figura 3.1)

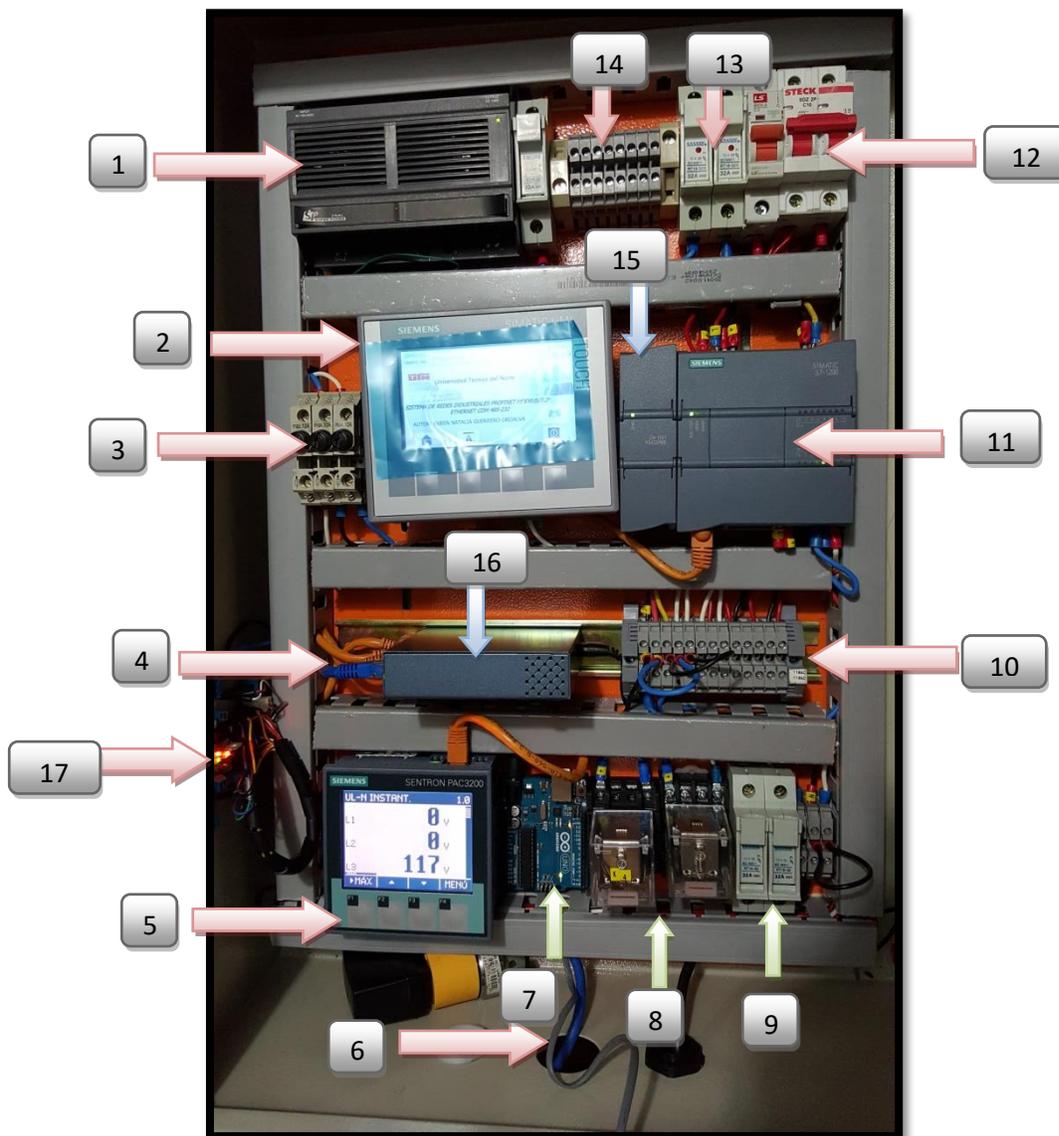


Figura 3. 1 Tablero de red de control

Fuente: Autor

- 1 -> Fuente Conmutada 24 VDC
- 2 -> Touch Panel Control HMI
- 3 -> Fusibles de protección para las entradas digitales del PLC 1 A
- 4 -> Cables de red ethernet y serial
- 5 -> PAC 3200
- 6 -> Sensor Maxbotix
- 7 -> Modulo Arduino Uno
- 8 -> Relés a 24 VDC
- 9 -> Fusibles 1 A
- 10 -> Borneras
- 11 -> PLC Siemens S7 1200
- 12 ->Disyuntores
- 13->Fusibles
- 14->Borneras
- 15->Modulo serial CM1241 485/422
- 16->Switch Ethernet
- 17->Conversor de Voltaje 24 VDC - 10 VDC

La parte externa del gabinete tiene puerta transparente, para observa al interior del mismo los cambios de las entradas y salidas digitales que el PLC realiza, y el funcionamiento de los elementos de control, los valores que adquiere el medidor PAC3200, la pantalla HMI, y la visualización de la transmisión de datos del switch de red ethernet.

El PLC es de tipo modular de marca Siemens S71200 1212DCDC el cual tiene las funciones requeridas para el desarrollo de aplicaciones para el sistema HMI por ordenador en Labview y para el control de las electroválvulas y demás dispositivos de control.

El PLC S7-1200 se utiliza para:

- Comunicación OPC, seriales como RS232- RS485, ethernet, modbus, profibus
- Entradas y salidas digitales para el control de actuadores

- Módulo de entradas analógicas para sensores ultrasónico
- Salida PWM para el control de motores de paso.



Figura 3. 2 PLC Siemens s7

Fuente: Autor

En la tabla 3.1 se indica las distribuciones de las configuraciones físicas del gabinete de control tanto del PLC como para el módulo Arduino UNO.

Tabla 3. 1 Tabla de distribución

I/O DIGITALES	CARACTERITICAS	FUNCION
PLC SIEMENS S71200		
I00	ENTRADA DIGITAL	Activa en modo manual - dispositivo móvil
I01	ENTRADA DIGITAL	Mediante un pulsador comienza alimentar el circuito neumático. Activa los cilindros neumáticos alimentando las electroválvulas.
I02	ENTRADA DIGITAL	Se activa la entrada digital que indica el avance total del vástago de los cilindros
I03	ENTRADA DIGITAL	Se activa la entrada digital que indica el retroceso total del vástago
Q01	SALIDA DIGITAL (POSICION 3 ELECTROVÁLVULA)	Activa la electroválvula 3/2 principal para activar y desactiva la electroválvula 1 para mantener la posición requerida por el usuario
Q02	SALIDA DIGITAL (POSICION 1 ELECTROVÁLVULA)	Activa la electroválvula 3/2 principal para activar y desactiva la electroválvula 2

		para mantener la posición requerida por el usuario
AN0	ENTRADA ANALÓGICA	Se conecta con el sensor (MAXBOTIX) ultrasónico para la adquisición de datos de elevación
TX-RX	COMUNICACIONES	Transmisión y recepción de datos mediante el protocolo OPC ethernet.
MÓDULO ARDUINO UNO		
I0	ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES	Elementos necesarios para la activación de la Electroválvula 3/2
I1		
I2		
I3		
An0	ENTRADA ANALÓGICA	Conexión con el sensor de posición
RX-TX	COMUNICACIÓN	Comunicación serial con el módulo CM1241 de siemens y el módulo arduino.

Fuente: Autor

3.1.2 SENSOR ULTRASÓNICO

El sensor se colocó sobre una caja de dimensiones 5x4x2 cm, e instalado en la parte inferior de la base superior del elevador, para evitar molestias durante la operación y funcionamiento. El sensor adquiere datos de distancias hasta 3 m como máximo, estas distancias les corresponden a datos digitales que transforma la tarjeta análoga digital y el PLC envía los datos al HMI del computador por el COM OPC. En la tabla 3.2 se indican las pruebas para la calibración del sensor ultrasónico.

Tabla 3. 2 Calibración del sensor ultrasónico

RECORRIDO	DIGITAL	ANALOGO
MINIMA (27 cm)	42	0.64
MAX (103 cm)	224	1.83

Fuente: Autor

Entonces teniendo en cuenta que:

$$Y_D = \frac{D * 103.0}{224}$$

Donde:

Y -> Recorrido en cm

D -> dato digital adquirido por el sensor

Esta ecuación se traslada en el código del programa HMI creado en LABVIEW, así podemos determinar la distancia donde se encuentra el objeto de prueba en cualquier posición.

El sensor ultrasónico utilizado para medir distancias, su implementación es para adquirir distancias de objetos y los valores sean indicados mediante ethernet en el HMI por computador y la KP 400 del módulo, información que es adquirida por la tarjeta analógica conectada junto al PLC Siemens y el módulo ADC.

Las características son:

- Alimentación 5VDC
- Canal Analógico 1 CH
- Puerto COM 232 RX-TX
- PWM

La tabla 4.1 facilitará la conversión de valores analógico(A) digital (D) o viceversa para el sensor ultrasónico MAXBotix.

Tabla 3. 3 Tabla de conversión Siemens

Rango	Si se conoce el valor digital	Si se conoce la señal analógica
0 a 5 v	$A = \frac{5D}{4095}$	$D = \frac{4095}{5}(A)$
0 a 10v	$A = \frac{10D}{4095}$	$D = \frac{4095}{10}(A)$

Fuente: Plc Siemens 1200 Analog Voltage input, Manual User, Cap 5 pag. 5-13
Siendo: A analógico y D digital

3.1.3 VARIADOR DE VELOCIDAD

El cableado del variador de velocidad se realiza en las bornearas de distribución del controlador, se configura a nivel de Modbus serial por medio de USS, programado y configurado en el PLC con el módulo de expansión CM 1241 485,



Figura 3. 3 Variador de velocidad

Fuente: Autor

El control se realiza por medio de la pantalla HMI, ingresando a la ventana de la pantalla Kp-400 y utilizando un slider se regula la frecuencia para la velocidad del motor activando el botón de RUN para inicializar el arranque, por ultimo un botón de control de giro. El mismo control se realiza utilizando el sistema HMI por computador RedDecontrolIndustrial.avi realizado en labview. Por medio de modbus USS se accede al mapa de memoria del módulo modificando las direcciones respectivas que corresponden al arranque, control de giro y frecuencia.

La alimentación del variador de velocidad es de 220 VAC conectado un disyuntor para proteger al dispositivo por sobrecargas.

3.1.4 MÓDULO ARDUINO UNO

(Reyes, Cid, & Vargas, 2013)"El Modulo Arduino Uno es un modulo con carateristicas muy importantes, ya que esta compuesto de un microcontroador AVR Atmega328. Este modulo tienes las siguientes caracteristicas:"

- Voltajes de operacion 5VDC
- Voltaje de entrada 12VDC

- Puertos de I/O digital 14 y 6 PWM
- Canales analogicos 6
- Velocidad 16Mhz.

El módulo Arduino es muy indispensable para la comunicación entre PLC o un dispositivo móvil mediante comunicación serial RS 232 a 485 utilizando el conversor, ya que recibe y envía toda la información necesaria para la transferencia de datos de posición por medio de Joystick. Esta información se visualiza en el chart del programa de LabVIEW.

El conversor es el medio por el cual el PLC puede comunicarse con el módulo Arduino Uno, estos datos son enviados al programa HMI en LabVIEW y dibuja la posición en el chart polar plot.

El conector utilizado es DB9 serial y cable de par trenzado, el largo del cable es de 1 m, se tiene en cuenta los colores naranja Rx y blanco naranja Tx para diferenciar las conexiones de comunicación a los dispositivos de forma serial al módulo Arduino y conversor 485-232.

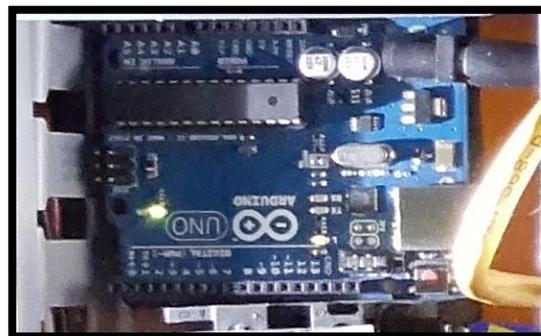


Figura 3. 4 Módulo Arduino instalada

Fuente: Propia

3.1.5 CONVERTOR DE VOLTAJE

El circuito conversor de voltaje se instala en el lado derecho de la parte interna del tablero de control, alimenta al circuito microelectrónica Arduino Uno y a los sensores magnéticos y pulsadores para el PLC Siemens, el cableado se realiza con cables de número 18 y hacia borneras reservadas para los mismos.

En la figura 3.5 muestra el diseño del circuito conversor de 24 VDC a 10 VDC con corriente de 800mA, de esta forma llevar a la placa de cobre para la elaboración del

circuito y el montaje de los elementos electrónicos luego fue soldado con estaño y se revisó el estado de las líneas del circuito que no existan sueldas falsas para evitar daños o cortos circuitos.

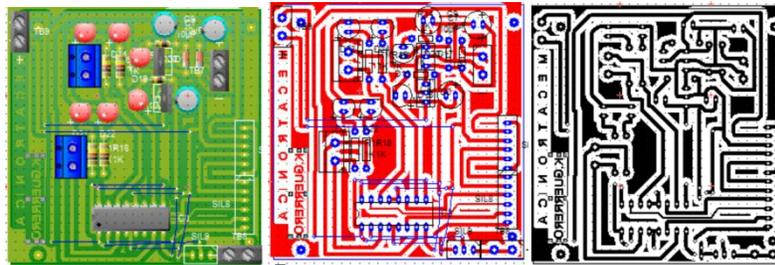


Figura 3. 5 Diseño circuito conversor en CAD

Fuente: Autor

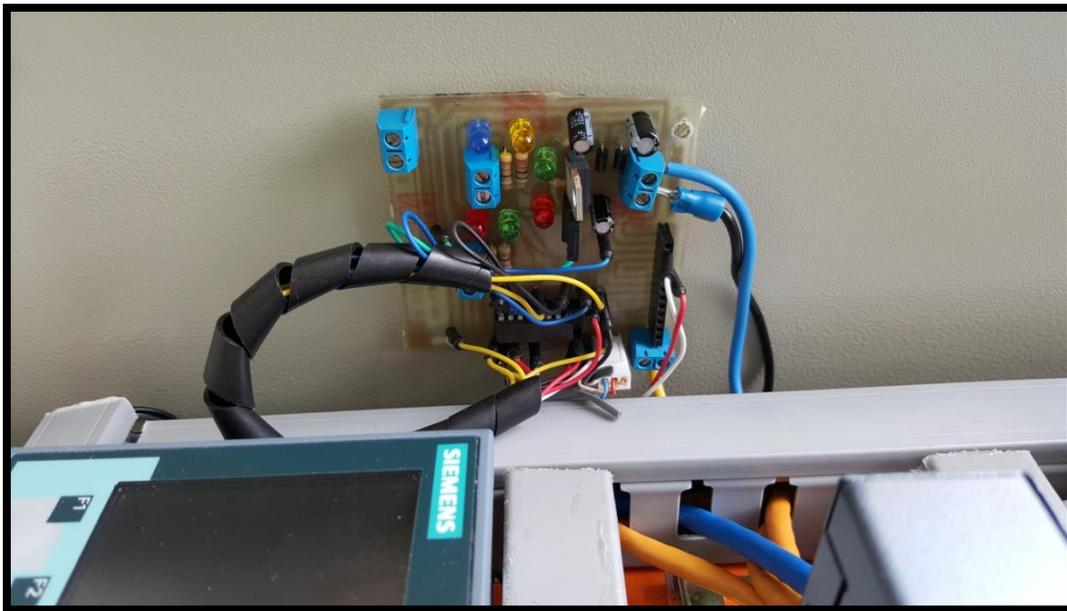


Figura 3. 6 Montaje circuito conversor

Fuente: Propia

3.1.6 MONTAJE HMI POR COMPUTADOR

Para la interfaz hombre maquina se instala el programa creado en Labview llamado RedesIndustriales.avil en el ordenador, puede instalarse en cualquier computador que cumpla con las siguientes características mínimas del sistema:

- Windows XP o Win 7 o superior (recomendable windows XP) de 32 o 64 bits
- Disco Duro de 700 MB o superior
- Memoria RAM 512 MB o superior

- Procesador Pentium IV o superior a 3.2 GHz
- Service Pack 2

Estas características mínimas dependen para el buen funcionamiento del módulo red de control.

En la pantalla principal del programa se encuentra las configuraciones del cliente para que se pueda conectar con el servidor ethernet, y pueda controlar el modulo pulsando los botones que representan las salidas digitales del PLC Siemens, y también visualizar la distancia que envía el sensor ultrasónico, voltajes y frecuencia de las líneas trifásicas y las activaciones y estados discretos del PLC.

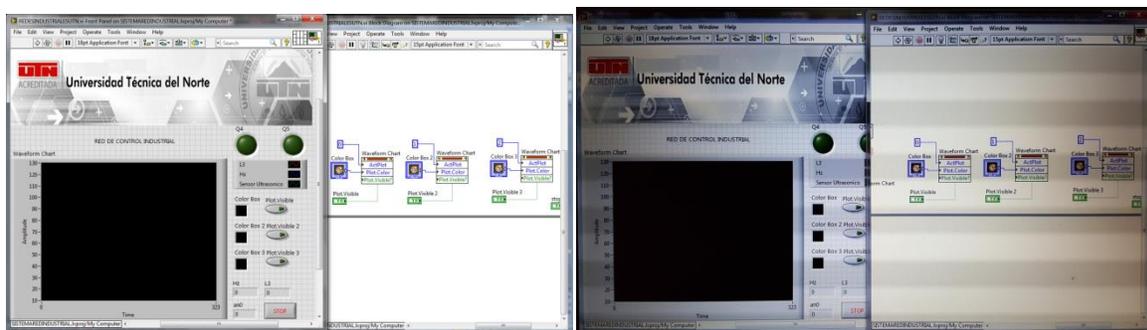


Figura 3. 7 Conexión HMI para el control de red

Fuente: Autor

3.2ELECTRONEUMÁTICA

Las electroválvulas son instaladas en bases de la estructura del módulo de red de control, la alimentación para cada una de ellas es de 24 VDC que se alimenta con la fuente conmutada, el cableado llega al tablero de control a borneras reservadas para dicha conexión.

Los cilindros neumáticos se instalan en las bases de la estructura del tablero de control junto con las electroválvulas de accionamiento, seguido de la unidad de mantenimiento, utilizando mangueras N 10 con presiones mínimas de 6 Bar, no es necesaria la lubricación ya que el equipo no va estar en funcionamiento constantemente, si lo estuviera, es necesario lubricar utilizando aceite de turbina que sugiere el fabricante.

Los sensores de tipo red permiten obtener señal de forma eléctrica la posición del vástago si esta se encuentra en recorrido final o inicial según el usuario que lo

necesite, la alimentación de los cilindros es de 10 VDC, voltaje mínimo que soporta las entradas digitales del PLC Siemens.



Figura 3. 8 Montaje de sistemas electroneumático en tablero

Fuente: Autor

3.3PRUEBAS DEL SISTEMA

Las pruebas de funcionamiento del sistema se realizaron utilizando cables de Ethernet no mayor a 1 m. Todas las condiciones se detallan a continuación.

- El área de implementación será de 20 metros cuadrados, espacio de trabajo del operario.
- Temperatura máx. 23° y min 7°
- Datos de transmisión y recepción por medio de Ethernet y serial.
- Las pruebas se realizan de una forma ordenada, se empezará utilizando la aplicación por ordenador ReddecontrolIndustrial.avi, y por último mediante la pantalla HMI Kp400.

3.3.1 PRUEBA RED DE CAMPO MODBUS

En el desarrollo de la aplicación el modbus utilizado es de forma Ethernet y serial para los dispositivos que lo soportan

3.3.1.1 Prueba modbus tcp/ip

El multimedidor SENTRONPAC3200 tiene el puerto Ethernet configurado con el protocolo modbus TCP/IP la cual se adquiere los datos de voltajes de línea y de

frecuencia y visualizados por pantalla en HMI kp400 y por computador en labview, la figura 3.9 muestra los resultados obtenidos del medidor y visualizados por pantalla

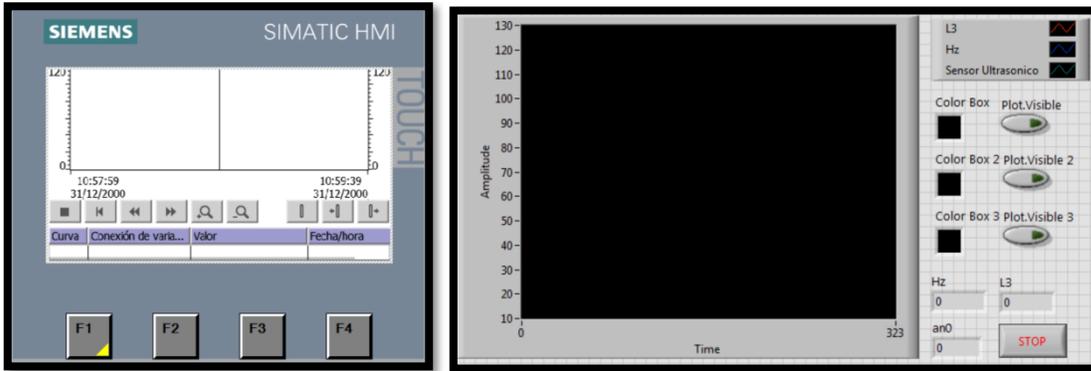


Figura 3. 9 MODBUS ethernet pantalla HMI y LABVIEW

Fuente: Autor

3.3.1.2 Prueba Modbus Serial

Para el control de velocidad del motor trifásico se utilizó el variador sinamics v20 de siemens, y por medio de comunicación modbus serial USS se realiza el control desde la pantalla HMI y labview. La figura 3.10 indica los resultados de este controlador.

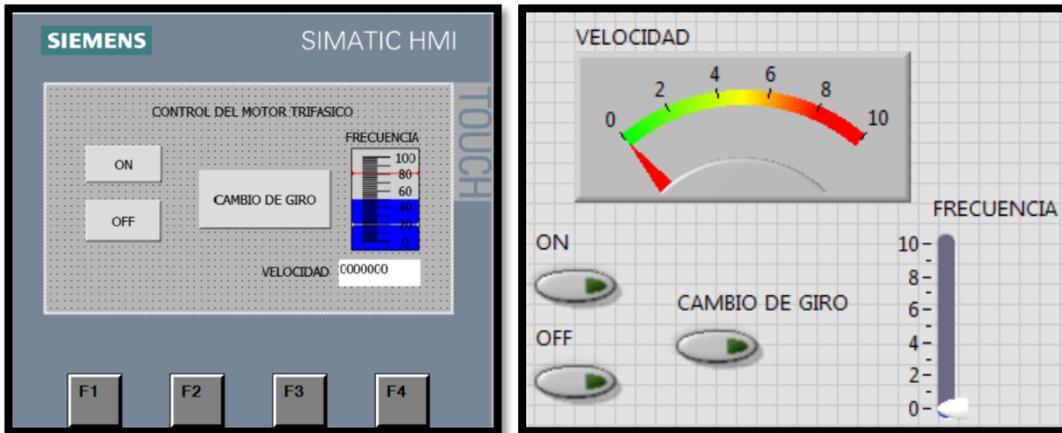


Figura 3. 10 Prueba Modbus Serial USS

Fuente: Propia

Las comunicaciones modbus de forma serial y Ethernet que tienen estos dispositivos se puede controlar en un solo software en labview, este programa no es el único con interfaz de control, existen otros como intouch, visualstudio.net, matlab.

3.3.2 PRUEBA DE RED DE CAMPO PROFINET

Los cilindros neumáticos son activados desde la pantalla kp 400, la cual se maneja por botones discretos, de igual forma desde labview.

El estado discreto de las entradas y salidas digitales se visualiza por pantalla según la figura 3.11. La adquisición de datos del sensor MAXBOTIX también se visualiza en la pantalla hmi de siemens, estos datos es la distancia de cualquier objeto q se encuentre frente a ella y no supere los 3m de rango máximo del sensor.



Figura 3. 11 Control de cilindros neumáticos

Fuente: Autor

3.3.3 PRUEBA RED DE CAMPO SERIAL 485

Por medio de rs485 el módulo arduino se conecta con el PLC siemens, de esta forma arduino envía información del sensor joystic, para luego ser dibujado las coordenadas simuladas por el sensor, esto se visualiza en labview en radar plot y las coordenadas en la pantalla HMI del sistema según figura 3.11

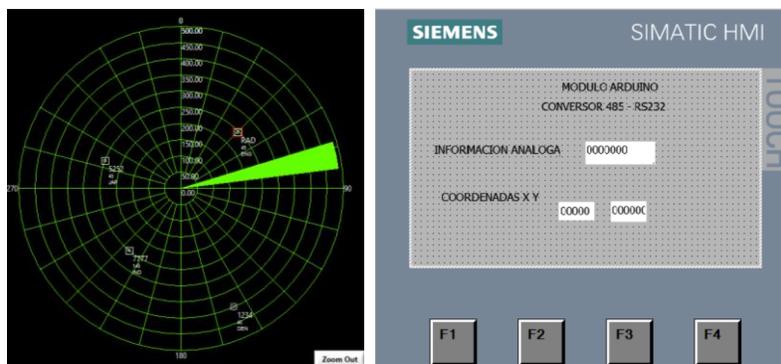


Figura 3. 12 Comunicación serial

Fuente: Autor

Para poder verificar el buen funcionamiento del sistema de control por medio de OPC se realizó mediante conexión por puerto Ethernet utilizando un RJ 45 conectado al ordenador y switch. Al utilizar el protocolo OPC ethernet no existirá errores, ya que el módulo se encuentra en el área de trabajo cerca del ordenador. Las pruebas realizadas por medio de comunicación extienden la forma de utilizar un solo equipo para la transferencia de información para comunicar entre si varios dispositivos de distintas redes de control. El rango de distancia para activar el modulo no debe superar el radio de 15 m y con línea de vista hacia el gabinete de control, si se extiende esta distancia o se quiere controlar al módulo fuera de su alcance, no será posible controlar el módulo. Teniendo en cuenta que el rango máximo de censado del módulo de distancia MaxBotix es de 3m, la distancia para censar el objeto no debe superar este valor.



Figura 3. 13 Sistema HMI para red de control

Fuente: Propia

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Sobre las pruebas realizadas y resultados obtenidos se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos principales propuestos, de tal forma se ha logrado diseñar e implementar tres redes de control industrial que funciona en los protocolos de comunicación Modbus, Profinet y Comm Serial.
- Las pruebas realizadas con el protocolo Modbus de forma Ethernet y serial, se puede decir que estos protocolos demostró ser un sistema de comunicación robusto, fiable y seguro para el intercambio de información entre el PLC que actúa como Cliente - Master y los dispositivos de control que se representan como Slaves - Server.
- OPC Server de la NI Labview conecta de forma remota a los protocolos Modbus serial – TCP/IP, Comm 485 y profinet, la cual se realizó el sistema scada de la aplicación para el monitoreo y control del módulo de red de campo.
- El panel de operario HMI utiliza el protocolo profinet, la cual, este puede visualizar todos los elementos y dispositivos de red conectados siendo maestro y a la vez cliente durante el funcionamiento, controla las variables indispensables del módulo para la activación de actuadores que se encuentran en cada campo de red utilizada.
- Las diferentes velocidades que se probaron con la comunicación serial 485 resulta de una forma eficiente para la transferencia de datos con distintos controladores como el arduino, la conversión de comunicación 232-485 resulta una alternativa efectiva para que el arduino envíe la información al PLC s7-1200.

4.2 RECOMENDACIONES

- Adquirir las herramientas y utilitarios OCX adecuados y compatibles con el sistema operativo Windows X82 o X64 para programar los sistemas de red de control en Labview y en TiaPortal, estos elementos son necesarios para la configuración de TAGS y enlaces específicos de red MODBUS serial y Ethernet.
- Utilizar cables de red de forma apantallada para la eliminación de ruidos magnéticos que se generan, de esta forma evita que la transferencia y recepción de datos o información digital no se altera.
- No se puede utilizar más de un cliente teniendo conflictos con la red Ethernet, se debe tener en cuenta el número de servidores a utilizar, la ventaja de Modbus Ethernet es poder configurar y ampliar los clientes si es necesario modificando el número de puertos disponibles.
- Utilizar otros tipos de sistemas para la programación escada como intouch, ya que el entorno es amigable, fácil y rápido en la elaboración de sistemas HMI, ya que soporta diferentes tipos de comunicación teniendo en cuenta los controladores a utilizar, en especial como Siemens.
- Revisar los terminales y cables de conexión entre los dispositivos que no estén desgastados, ya que puede ocasionar que los controladores sufran graves daño.
- Revisar los rodamientos y el bobinado, limpiar con aditivo solo para motores eléctricos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Automation, R. (2015, Junio). *DeviceNet Media*. Retrieved from Allen Bradley:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um072_-en-p.pdf
- Barragan, A. (2015, JUNIO). *DIESIA*. Retrieved from
<http://uhu.es/antonio.barragan/content/modbus-tcp>
- Guerrero, V., Yuste, R., & Luis, M. (2009). *Comunicaciones Industriales*. Mexico: AlfaOmega.
- MetalWork. (2013). *Catalogo de Neumatica General*. Italia: MetalWork.
- Moxa. (2015, Junio 13). Retrieved from
http://www.moxa.com/Event/IES/2013/Industrial_Ethernet_Switches_and_Gateways/Index.htm
- Pablo, D. (2008). *Automatizacion y Control Industrial*. Buenos Aires: HASA.
- PI. (2015, Junio 13). *Profibus*. Retrieved from Profibus-Profinet:
<http://us.profinet.com/technology/profibus/>
- Pipelara. (2015, Junio). Retrieved from <http://pipelara20.tripod.com/rs232.htm>
- Reyes, F., Cid, J., & Vargas, E. (2013). *Mecatronica Control y Automatizacion*. Mexico: AlfaOmega.
- Sanchez, V. M. (2008). *Potencia Hidraulica controlada por PLC*. Mexico: AlfaOmega.
- SMC. (2003). *Neumatica*. Espana: Thomson Paraninfo.
- SMC. (2003). *NEUMATICA*. ESPANA: THOMSON PARANINFO.
- Sole, A. C. (2011). *Neumatica e Hidraulica*. Mexico: AlfaOmega.
- Sole, A. C. (2011). *Neumatica e Hidraulica*. Mexico: AlfaOmega.

ANEXOS

DESARROLLO MANUAL TÉCNICO

Para usar el modulo didáctico de red de control se debe seguir las instrucciones de uso:

- Verifique que no bloquee nada a los cilindros neumáticos.
- verifique en el gabinete de control se encuentre funcionando.
- Conectar la toma blindada en línea de 220VAC a 60Hz
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el interior de gabinete
- Verificar que las mangueras de los cilindros neumáticos no estén desgastadas
- Abrir el programa RedesIndustrialesUTNi.avi incluido, conectarse con el servidor y hacer funcionar el modulo didáctico.
- Pulsar los botones de encendido para las electroválvulas del HMI y software

En caso de realizar las pruebas de accionamiento del módulo didáctico con el motor trifásico, con el mismo selector de la pantalla HMI y también el software y realizar los siguiente.

- Verifique que el motor no esté bloqueado
- Conectar la toma blindada en línea de 220V a 60Hz
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el interior de gabinete.
- Abrir la App en Labview RedesIndustriales.avi.
- Una vez conectado revise que el switch Ethernet este realizando la transmisión de datos.
- Se puede ir a otro submenú para controlar el modulo desde la pantalla HMI y también usar el sensor ultrasónico para medir distancias.

PRECAUCIONES PARA EL MANEJO DEL MÓDULO

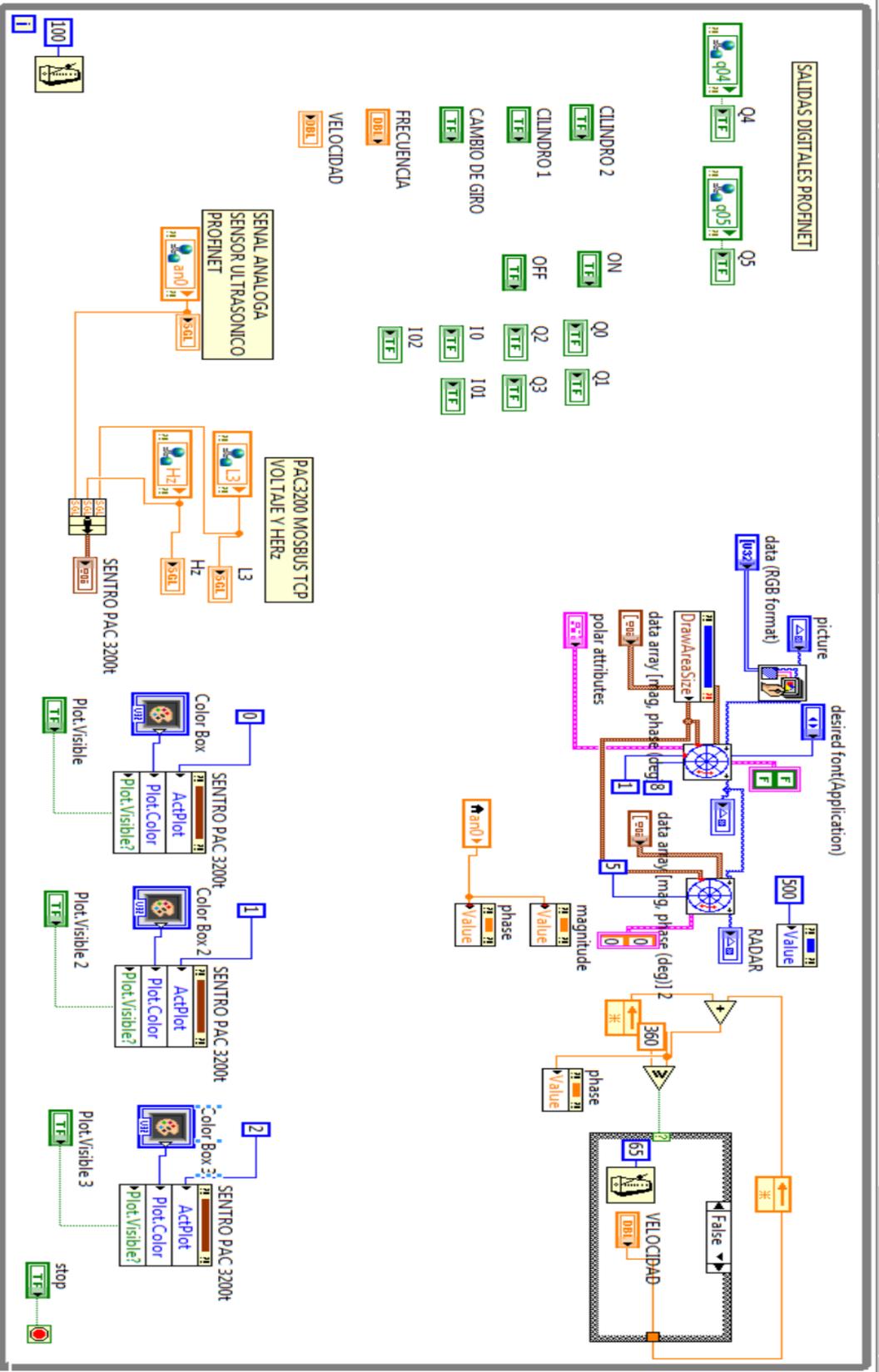
- Durante el funcionamiento del módulo la seguridad es muy importante ya que son muchas personas que utilizan el sistema de red de control para realizar prácticas.
- El módulo debe ser usado después de haber leído el manual técnico descrito.
- Antes de usar el modulo se debe asegurar que en la parte neumática que las mangueras estén fijadas en sus racores para evitar fugas de aire.
- Verificar que no haya partes o piezas que no permitan el libre movimiento del eje del motor.
- Fijar bien las bases de los cilindros neumáticos en el tablero guía de igual forma las electroválvulas y la unidad de mantenimiento.
- Durante el funcionamiento no tocar los cilindros neumáticos y la caja neumática donde se encuentra las electroválvulas y FRL.
- Durante el funcionamiento no tocar la parte interna del gabinete de control ya que este sistema opera en líneas de 220 VAC
- Tener cuidado con el motor durante el arranque desde la pantalla HMI y computadora.
- No tocar los vástagos de los cilindros cuando estas se encuentren en posición inicial, ya que estos ejercen fuerzas que pueden golpear al usuario

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MÓDULO

Para el funcionamiento a lo largo del tiempo debe realizarse un mantenimiento periódico al módulo, por lo que se debe realizar un programa de revisión:

Tabla Plan de Mantenimiento del módulo.

Descripción de mantenimiento	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Revisión de rodamientos del motor	X			
Revisar cables de red		X		
Revisar switch		X		
Revisión de partes eléctricas y electrónicas			X	
Revisión de caja neumática			X	
Revisión de cilindros neumáticos			X	
Cambio de aceite lubricado			X	
Pintar estructura				Cada 2 años



SALIDAS DIGITALES PROFINET

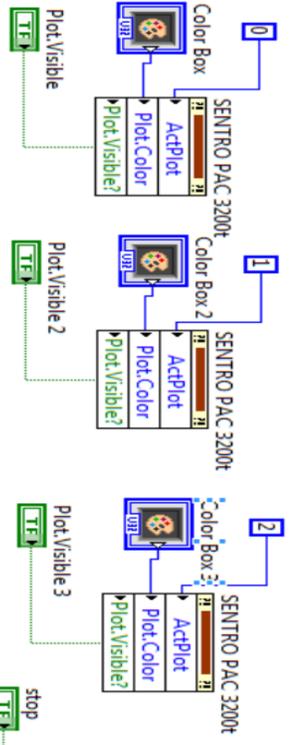


- CILINDRO 2 ON Q0 Q1
- CILINDRO 1 OFF Q2 Q3
- CAMBIO DE GIRO 10 101
- FRECUENCIA 102
- VELOCIDAD

SEÑAL ANALOGA
SENSOR ULTRASONICO
PROFINET

PAC3200 MOSBUS TCP
VOLTAGE Y HERZ

SENTRON PAC 3200t



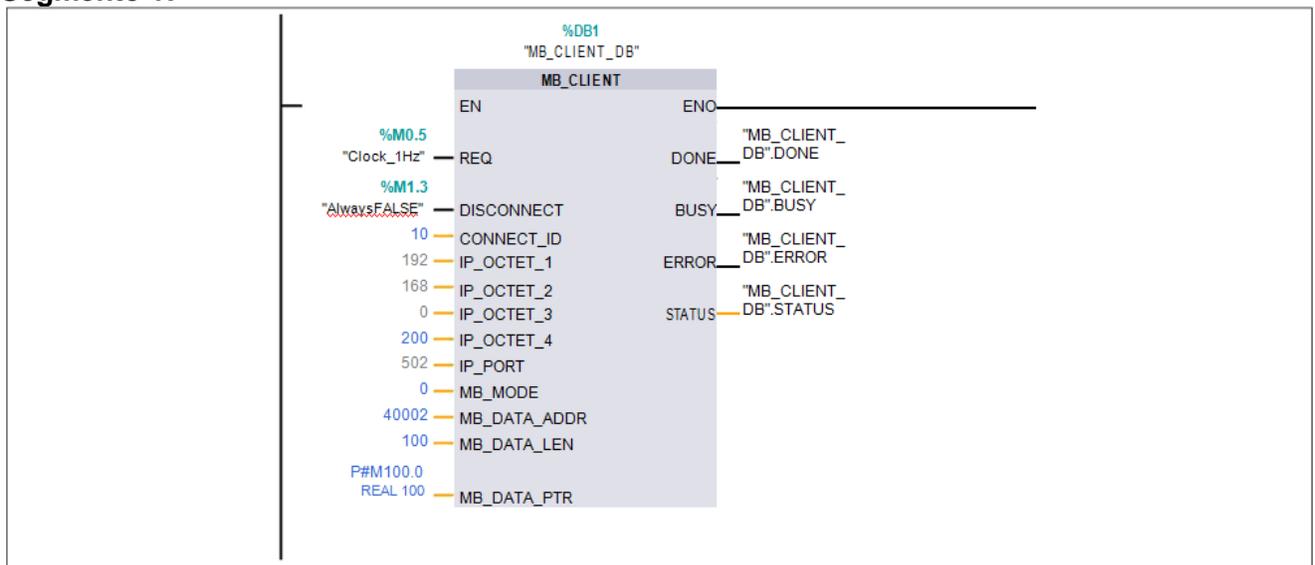
PAC3200_2 / PLC_1 [CPU 1212C DC/DC/DC] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	automática		
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Main					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario		
▼ Input					
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB		
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available		
Temp					
Constant					

Segmento 1:



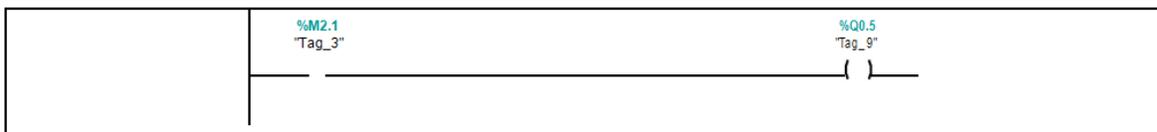
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysFALSE"	%M1.3	Bool	
"Clock_1Hz"	%M0.5	Bool	
"MB_CLIENT_DB".BUSY		Bool	
"MB_CLIENT_DB".DONE		Bool	
"MB_CLIENT_DB".ERROR		Bool	
"MB_CLIENT_DB".STATUS		Word	

Segmento 2:

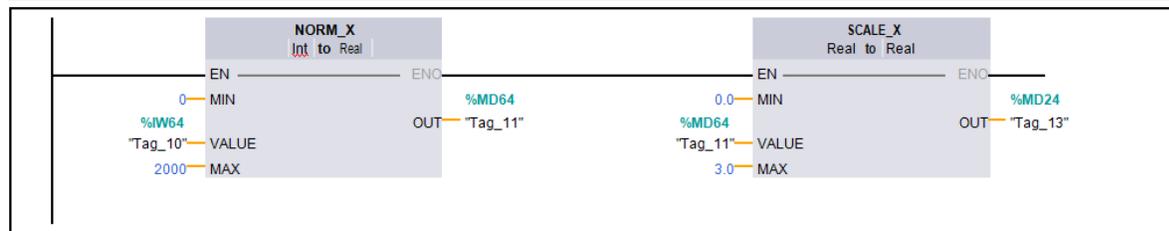


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Tag_2"	%M2.0	Bool	
"Tag_7"	%Q0.4	Bool	

Segmento 3:

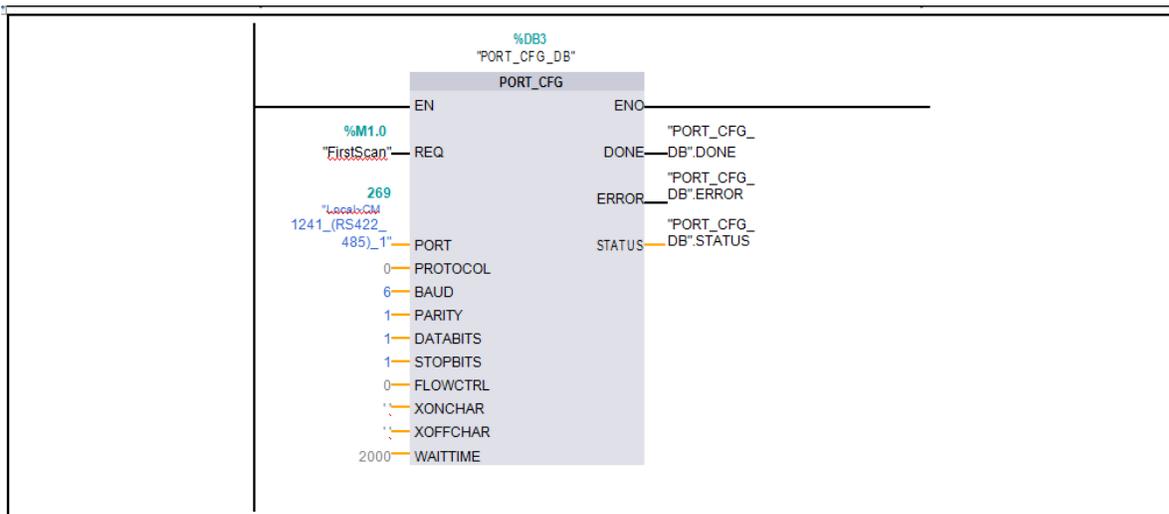


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Tag_3"	%M2.1	Bool	
"Tag_9"	%Q0.5	Bool	

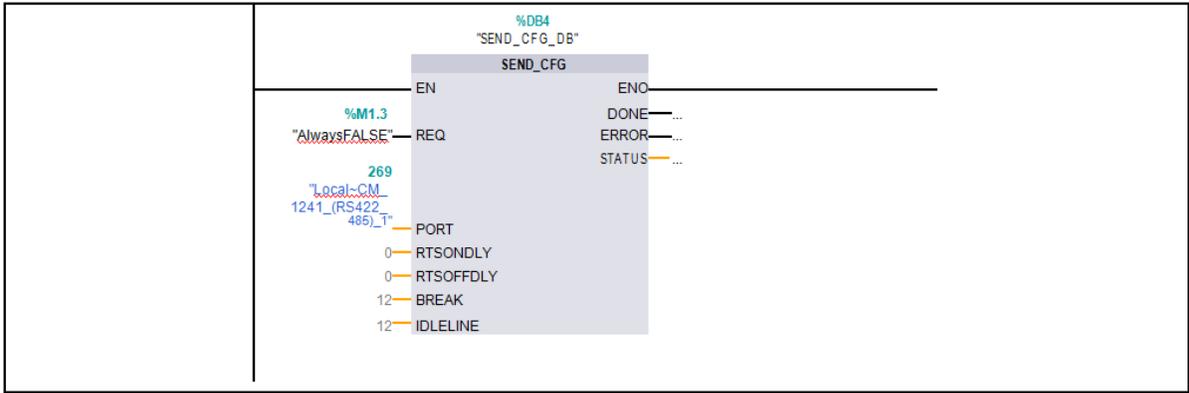


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Tag_10"	%IW64	Int	
"Tag_11"	%MD64	Real	
"Tag_13"	%MD24	Real	

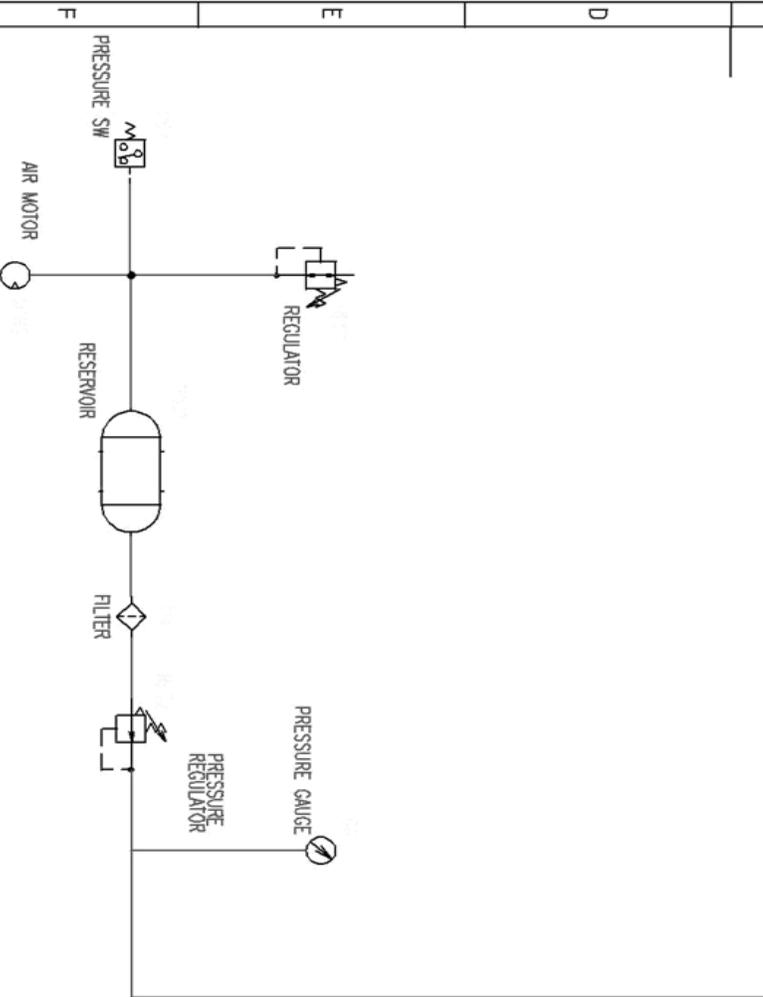
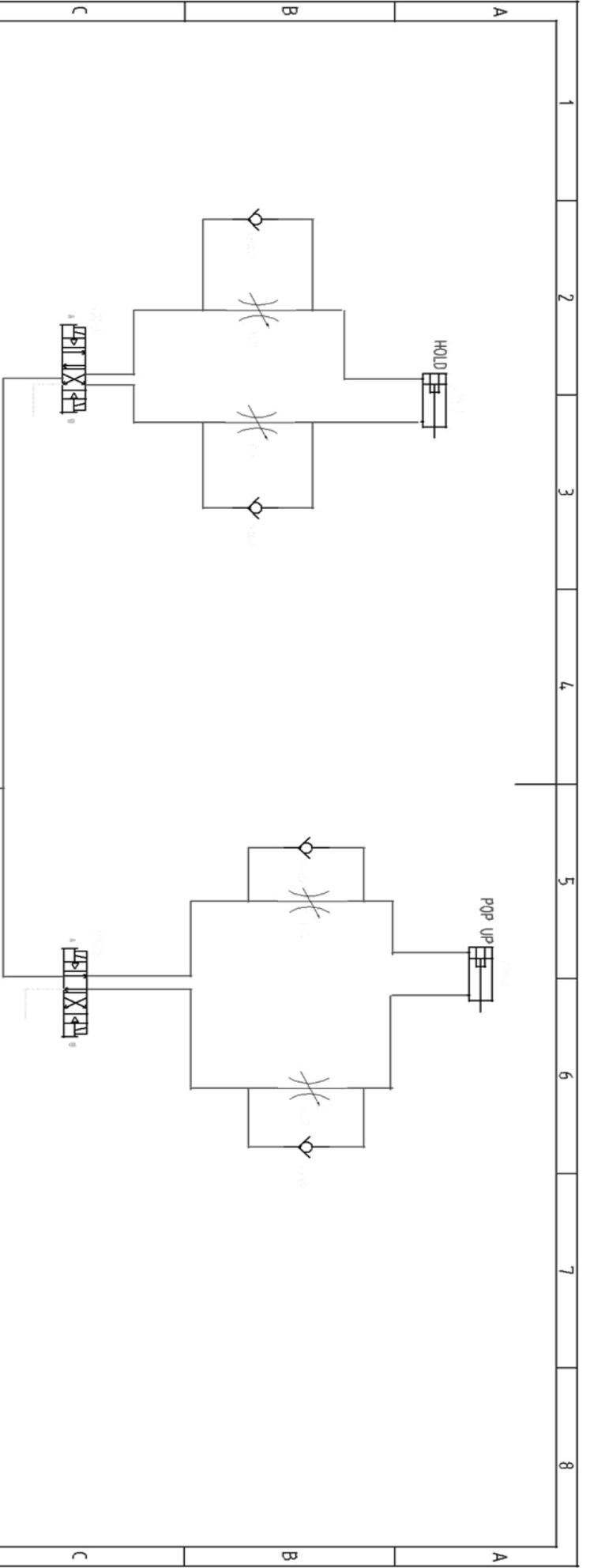
Segmento 5:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"FirstScan"	%M1.0	Bool	
"Local-CM_1241_(RS422.485)_T"	269	PORT	
"PORT_CFG.DB".DONE		Bool	
"PORT_CFG.DB".ERROR		Bool	
"PORT_CFG.DB".STATUS		Word	



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysFALSE"	%M1.3	Bool	
"Local-CM_1241_(RS422.485)_T"	269	PORT	



No.	Revision	Date	By	DATE	NAME
				16.05.01	GUERRERO
				16.05.01	MOSQUERA

SCALE 1:2

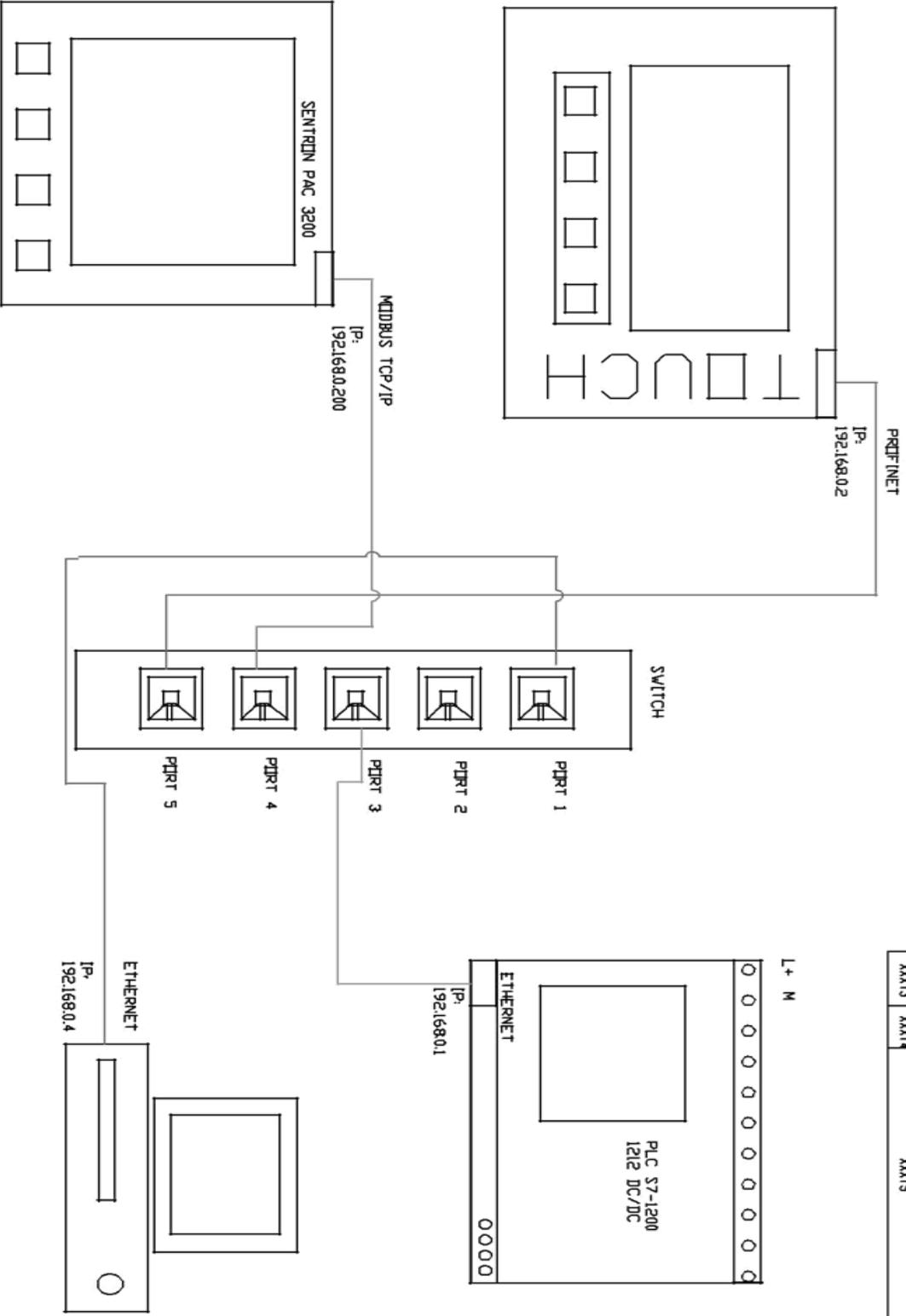
ESQUEMA
ELECTRONEUMATICO

U.T.N.

FILENAME MECATRONICA

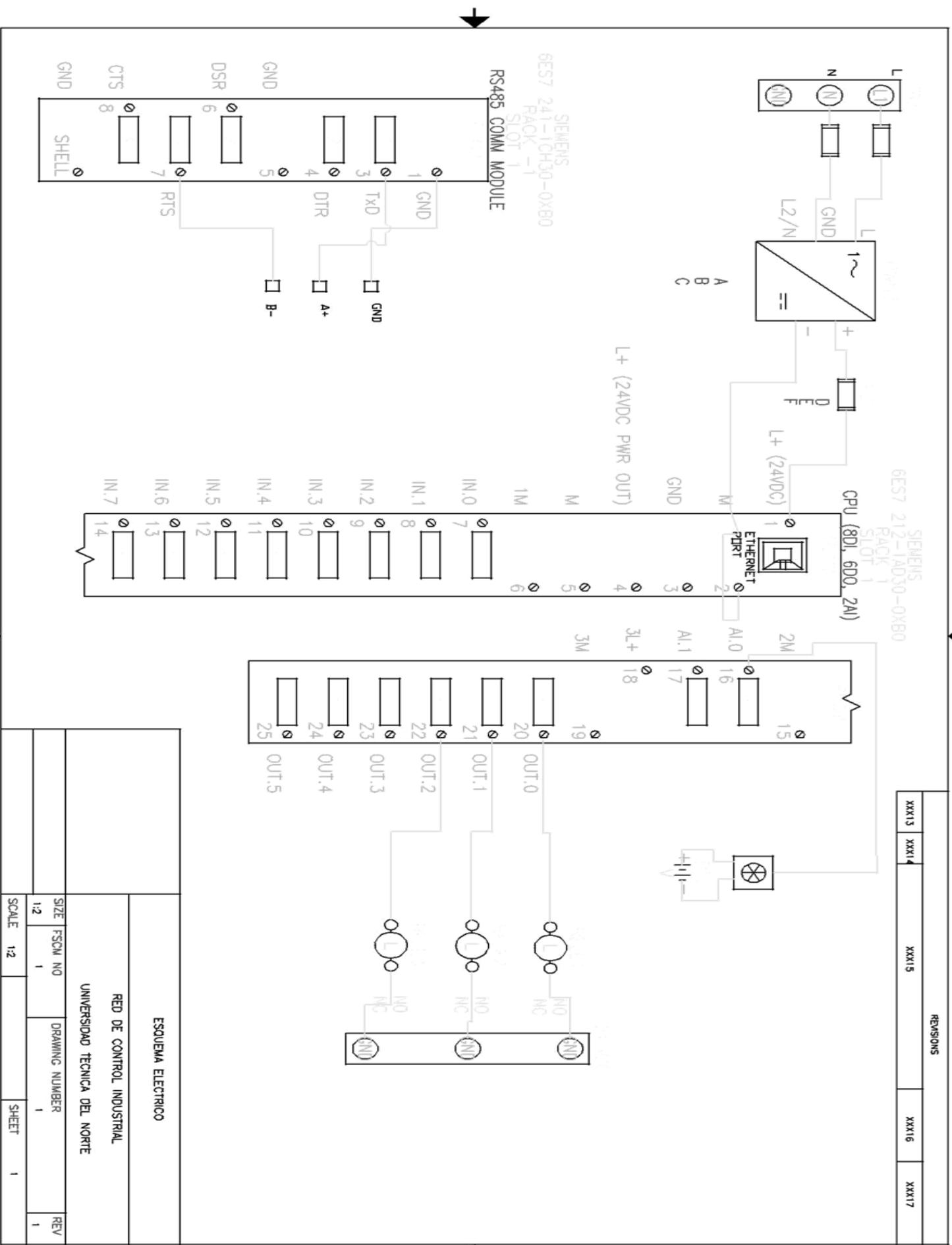
SHEETS
5

REVISIONS			
XXX13	XXX14	XXX15	XXX16
			XXX17



RED DE CONTROL INDUSTRIAL		ESQUEMA DE CONEXION DE RED ETHERNET		UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE	
SIZE	FSCM NO	DRAWING NUMBER	REV	SCALE	SHEET
xxx4	xxx3	xxx6	xxx7	xxx8	xxx9

REVISIONS				
XXX13	XXX14	XXX15	XXX16	XXX17

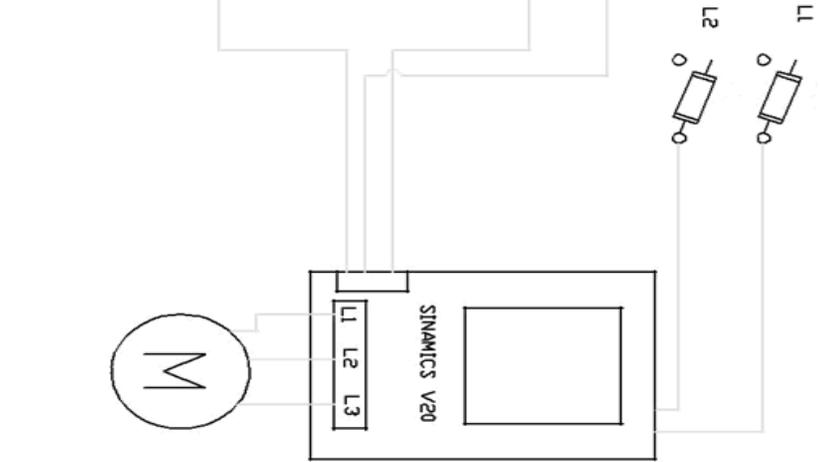
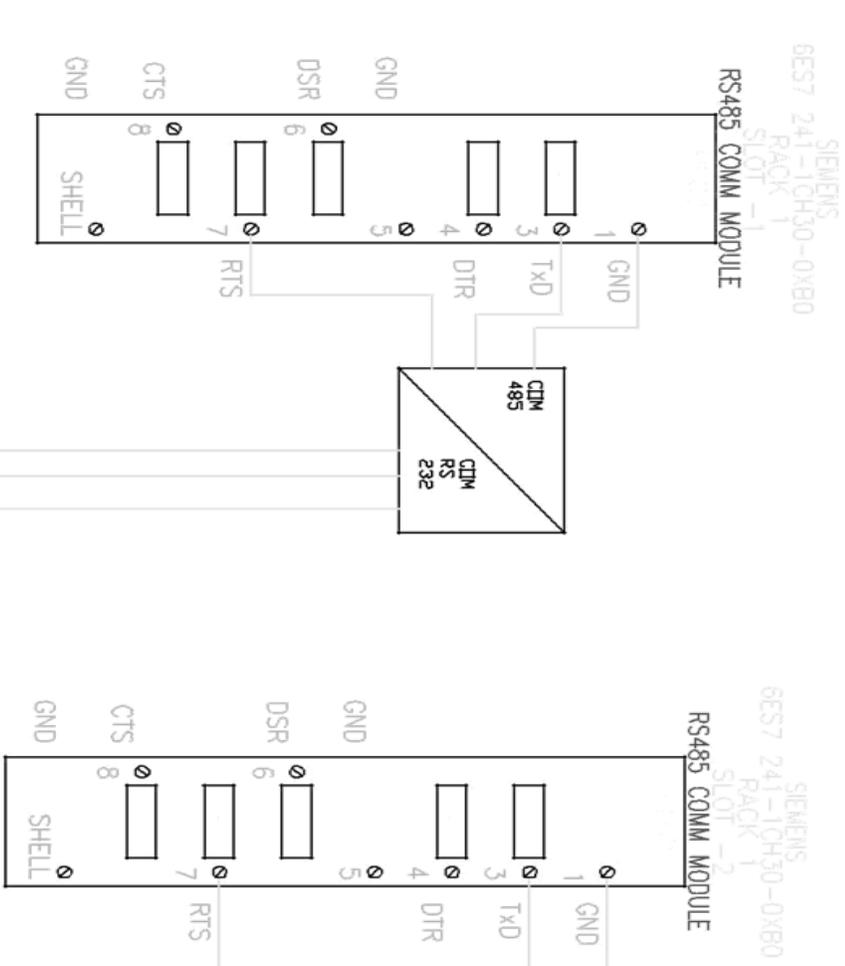


ESQUEMA ELECTRICO

RED DE CONTROL INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

SIZE	FSCM NO	DRAWING NUMBER	REV
1:2	1	1	1
SCALE	1:2	SHEET	1

REVISIONS			
XXX13	XXX14	XXX15	XXX17



ESQUEMA CONTROL DE RED		UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE	
COMUNICACION SERIAL		UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE	
SIZE	FSCM NO	DRAWING NUMBER	REV
xxx4	xxx3	xxx6	xxx7
SCALE	xxx8	SHEET	xxx9