

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INVESTIGACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAESTRÍA

MASTER EN REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y
COMUNICACIÓN POR INTERNET PARA REPORTE DE PROCESOS
INDUSTRIALES PARA TOMA DE DECISIONES A NIVEL GERENCIAL"**

FAUSTO ERNESTO OROZCO IGUASNIA

**Quito – Ecuador
2015**

Firmas

Dr. Gustavo Chafla

DIRECTOR DE TESIS

Mg. German Arévalo

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Mg. Francisco Rodríguez

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Agradecimiento

A Dios sobre todas las cosas por bendecirme en todo momento y ser la guía de mis pasos. A mis padres por el apoyo incondicional y empujarme hacia el éxito. A mis hermanos y hermanas por estar siempre al pendiente de mis proyectos. A Verónica y Arellys por comprender y ser parte de este sacrificio.

A todos los maestros de la PVEF por impartir sus conocimientos, que seguramente formaran parte de nuevos emprendimientos profesionales dentro de mis competencias.

Att. FB

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, a la Virgen del Rosario, Virgen de Guadalupe, a mis padres, hermanos, Verónica y Arellys por ser personas importantes en mi vida y por el apoyo incondicional hacia mis proyectos de vida.

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

PLC: Programmable Logic Controller
Control Lógico Programable

SCADA: Supervisory Control and Data Adquisition
Sistema de Control Industrial

TCP: Transport Communication Protocol
Protocolo de transporte de comunicación

IP: Internet Protocol
Protocolo de Internet

OPC: Acrónimo de OLE for Process Control
Estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales

DCOM: Modelo de Objetos de Componentes Distribuidos

MODBUS: Protocolo de mensajería de capa de aplicación

MODBUS TCP/IP: Protocolo Modbus con uso en la parte superior de Ethernet
TCP / IP

UDP: Datagram Protocol

HTML: HyperText Markup Language
Lenguaje de marcado de Hipertexto

Comandos AT: Atención
El conjunto de comandos Hayes "Atención, es un estándar abierto de comandos para configurar y parametrizar módems

GPRS: General Packet Radio Service
Servicio General de paquetes vía radio

GSM: Global System for Mobile communications
Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

SMS: Short Message Service
Servicio de mensajes Cortos

RESUMEN

El presente proyecto contempla en primera instancia la investigación de los diferentes protocolos de comunicación industrial vinculados en la lógica de Redes de Comunicación de datos. En segunda instancia contempla el diseño e implementación de un prototipo de comunicación mediante PLC por wifi y el complemento de comunicación entre el PLC y la nube mediante el sistema SCADA en Labview y la creación del Servidor web. El enfoque general del proyecto está destinado a la alta Gerencia, quien necesita de reportes en tiempo real de los procesos industriales que se puedan dar en una determinada empresa para una posible toma de decisiones de forma oportuna.

Para la implementación del prototipo se utilizó Labview 2012, eSms Config del PLC Wifi, Macromedia Dreamweaver, sensores, conectividad electrónica y conectividad de red. Para la simulación se consideraron una pieza metálica, una pieza negra y una pieza de color rojo, de tal forma que una vez detectado la presencia de una cantidad de n veces de cada pieza, el sistema de control emita señales de presencia de cada pieza y transmita vía SMS a un determinado usuario, dicho usuario o Gerente podrá resetear el conteo de piezas vía SMS o tener el control total de cada proceso a través del sitio web por internet.

ABSTRACT

The present project considers first of all, the research of the different industrial communication protocols related to the logical of the Data Communication Network. Secondly, this project includes a design and implementation of a communication prototype through PLC by Wi-Fi and the complement of communication between the PLC and the cloud through the SCADA system in the Labview and the creation of the Webserver. The general focus of the project is intended for the Senior Management, which needs reports in real time about the industrial processes that might take part in a company in order to a possible convenient decision-making.

For the implementation of the prototype Labview 2012, eSms Config from the PLC Wi-Fi, Macromedia Dreamweaver, sensors, electronic connectivity and net connectivity were used. For the simulation a metallic piece, a black piece and a red piece were used, in such way that once the presence of an amount of n times of each piece was detected, the control system emits signs of presence of each piece and transmits by an SMS to a determined user, that user of Manager could track the count of pieces by SMS or keeping the control of each process through the Website by Internet.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES	13
1.1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.2 ANTECEDENTES.....	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
CAPITULO II: ETHERNET Y LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES.....	17
2.1 LAS REDES INDUSTRIALES	18
2.2 LAS COMUNICACIONES EN LA ACTUALIDAD.....	20
2.3 SISTEMAS DE CONTROL EN UNA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	22
2.4 ETHERNET Y LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	23
<i>2.4.1 Funciones principales.....</i>	<i>23</i>
2.5 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	25
<i>2.5.1 Criterios para maximizar la seguridad y la fiabilidad de los sistemas de comunicación inalámbrica</i>	<i>26</i>
CAPITULO III: PROTOCOLOS DE RED Y COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	28
3.1 PROTOCOLOS DE RED.....	29
<i>3.1.2 EtherNet/IP para Modbus TCP/IP</i>	<i>29</i>
<i>3.1.3 Modbus TCP/IP</i>	<i>29</i>
<i>3.1.1 Industrial Ethernet Protocol (Ethernet/IP)</i>	<i>31</i>
3.2 PROTOCOLOS INDUSTRIALES	32
<i>3.2.1 Protocolos de Buses de Campo</i>	<i>32</i>
<i>3.2.3 Profibus.....</i>	<i>33</i>
<i>3.2.3.1 Profibus DP.....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.3.2 Profibus PA.....</i>	<i>35</i>
<i>3.2.3.3 Profibus FMS.....</i>	<i>35</i>
<i>3.2.3.4 HART</i>	<i>36</i>
<i>3.2.3 FOUNDATION FIELDBUS</i>	<i>37</i>
3.2.4 MODBUS.....	38
3.2.5 DEVICENET	41
3.2.6 CONTROLNET	45
3.2.7 UNITELWAY.....	46
3.2.8 CANOPEN	51
3.2.9 ASIBUS	53

3.2.10 PROFINET	55
CAPITULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE CONTROL DE MONITOREO	57
4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	58
4.2.- ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL INDUSTRIAL.....	59
4.3.- SELECCIÓN ELEMENTOS PARA EL PROTOTIPO DE CONTROL.....	60
4.3.1 Componentes electrónicos	60
a) Análisis y Selección de PLC.....	60
b) Análisis y Selección Sensores	67
c) Selección Fuente de Energía.....	70
4.3.2 Componentes de red	70
4.3.3 Componentes complementarios	72
4.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO DE CONTROL	72
4.4.1 Diseño del Prototipo de Control.....	72
4.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUETA DE PROTOTIPO DE CONTROL.....	74
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL	76
5. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR LA RED GPRS Y PLC.....	77
5.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	77
5.2 TRANSFERENCIA DE DATOS POR LA RED GPRS-GSM	78
5.3 USO Y UTILIDADES DE COMANDOS AT	78
5.4 CONEXIÓN Y ACCESO WIFI DEL PLC	81
5.5 PROGRAMACIÓN Y ACCESO A SERVICIOS DE COMUNICACIÓN GPRS/GSM EN PLC.....	84
a) Diagrama de Bloque de comunicación General.....	84
b) Configuración.....	85
c) Mensajes de Salida SMS.....	85
d) Reseteo de piezas	86
5.6 SELECCIÓN DE ENTORNOS DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.....	87
5.7 IMPLEMENTACIÓN DEL SITIO WEB PARA CONTROL Y MONITOREO DE DATOS.....	87
5.7.1 Sistema SCADA y LabView.....	87
5.7.2 Configuración del Servidor web en Labview	93
5.8 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	93
5.8.1 Pruebas de conectividad del prototipo de control	93
5.8.2 Pruebas de comunicación entre PLC, Prototipo y la Nube	94
CAPÍTULO VI	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6.1 CONCLUSIONES	97

6.2 RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	99
QUITAR LA SOLICITUD DE NOMBRE DE USUARIO Y CONTRASEÑA.....	112
EN WINDOWS VISTA	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Comunicación Industrial.....	19
Tabla 2 Análisis de productividad.....	20
Tabla 3 Características de Tipos de Sistemas.....	23
Tabla 4 Ethernet y la Automatización Industrial.....	24
Tabla 5 Características de MODBUS-TCP/IP.....	31
Tabla 6 Principales Características de MODBUS	39
Tabla 7 Codificación ASCII vs RTU	40
Tabla 8 Campo Función	41
Tabla 9 DeviceNet	42
Tabla 10 Objetos de comunicación CANOPEN	53
Tabla 11 Análisis de los lenguajes en PLC	61
Tabla 12 Simbología y elementos PLC.....	62
Tabla 13 Análisis para elección de PLC.....	65
Tabla 14 Comandos AT.....	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Jerarquía de las comunicaciones.....	18
Ilustración 2 Pirámide de las comunicaciones	21
Ilustración 3 Velocidades en cada Nivel.....	22
Ilustración 4 MODBUS TCP/IP	30
Ilustración 5 Ethernet IP.....	32
Ilustración 6 Comunicación Digital Hart.....	37
Ilustración 7 Conexión Hart en red Multipunto	37
Ilustración 8 Protocolo MODBUS y MODELO OSI	38
Ilustración 9 Trama de Modbus	40
Ilustración 10 Modo Maestro - Esclavo.....	44
Ilustración 11: Método Multimaster.....	44
Ilustración 12 Unitelway	46
Ilustración 13 Unitellway.....	48
Ilustración 14 Gateway y SCADA.....	49
Ilustración 15. Mantenimiento remoto y Servicios.....	49
Ilustración 16 Gestión remota de alarma.....	50
Ilustración 17 Vigilancia y control De sistemas ADSL y GPRS.....	51
Ilustración 18 CAN y CANOPEN en OSI.....	52
Ilustración 19 Interconexión con redes digitales	54
Ilustración 20 Arquitectura Profinet	56
Ilustración 21 Profibus - Profibus CBA	56
Ilustración 22 Sistema de control industrial y comunicación GSM.....	59
Ilustración 23 Niveles de Lenguaje de PLC.....	61
Ilustración 24 Simbología de Temporizador	63
Ilustración 25 PLC SLS-500-CAN-R v6.23	64
Ilustración 26 PLC EXM-12DC-DA-RT-GWFI	64
Ilustración 27 PLC EXM-12DC-DA-RT-WIFI.....	65
Ilustración 28: Anatomía de PLC2 EASI EXM-12DC-DA-RT-GWFI.....	66
Ilustración 29 Sensor Óptico PESL-R18POC 3MD.....	67
Ilustración 30 Sensor Óptico detectar de Luz	68
Ilustración 31 Sensor Inductivo IPS 8PO2B	69
Ilustración 32 Campo Magnético del sensor inductivo.....	69
Ilustración 33 Fuente de Corriente	70
Ilustración 34 MODEM Movil Huawei E173	71
Ilustración 35 Router Access Point.....	72
Ilustración 36 Diseño de Prototipo de Control y Comunicación	73
Ilustración 37 Ensamblaje del Prototipo de Comunicación	74
Ilustración 38 Configuración de velocidad de comunicación.....	81
Ilustración 39 Configuración de MODBUS TCP	82
Ilustración 40 COMM y STA.....	82

Ilustración 41 Modo de configuración Wifi.....	83
Ilustración 42 Configuración COMM.....	83
Ilustración 43 Configuración STA.....	84
Ilustración 44 Diagrama de Comunicación General.....	84
Ilustración 45 Entradas.....	85
Ilustración 46 Mensajes de Salida.....	85
Ilustración 47 Reseteo Piezas Rojas.....	86
Ilustración 48 Reseteo Piezas Metálicas.....	86
Ilustración 49 Reseteo piezas negras.....	87
Ilustración 50 Modbus Mediante IO/ Server.....	88
Ilustración 51 Selección de protocolo MODBUS.....	88
Ilustración 52 Configuración Modbus Ethernet.....	89
Ilustración 53 Variables compartidas entre PLC y SCADA.....	89
Ilustración 54 Configuración de Direcciones de Comunicación.....	90
Ilustración 55 Configuración de entradas y salidas.....	90
Ilustración 56 Configuración de alias.....	91
Ilustración 57 Configuración de Contador de piezas.....	91
Ilustración 58 Configuración de Salidas.....	92
Ilustración 59 Creación del Panel Frontal (VI).....	92
Ilustración 60 Prueba de conectividad y funcionamiento de prototipo.....	93
Ilustración 61 Registro de usuarios.....	94
Ilustración 62 Prueba de comunicación SMS.....	94
Ilustración 63 Módulo de Control en la nube.....	95
Ilustración 64 Configuración Web en Labview.....	100
Ilustración 65 Lugar del Sitio Web.....	100
Ilustración 66 Configuración del Tipo de Control.....	101
Ilustración 67 Configuración de Puerto.....	101
Ilustración 68 Puertos de Aplicación.....	102
Ilustración 69 Creación de la Pagina Web.....	102
Ilustración 70 Selección del VI.....	103
Ilustración 71 Modo Monitoreo y Control.....	103
Ilustración 72 Edición de la página web.....	104
Ilustración 73 Página web de Logueo.....	104
Ilustración 74 página web de control.....	106
Ilustración 75 Instalación de Team Viewer.....	107
Ilustración 76 configuración de VPN.....	107
Ilustración 77 Conexión de equipos.....	108
Ilustración 78 Host Creado.....	110

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES

Introducción al Capítulo

El presente capítulo pretende dar al lector una visión general de la problemática, objetivos de la investigación y la justificación para la propuesta de este prototipo de comunicación.

1.1 Introducción

El desarrollo de sistemas de control en la industria va en paralelo a las comunicaciones, cada vez es necesario tener dispositivos inteligentes los cuales serían los encargados de supervisar los diferentes procesos que se dan a nivel industrial. El presente proyectos tiene la finalidad de proporcionar alternativas de control y reportes a nivel Gerencial en procesos industriales mediante la propuesta de un prototipo de sistema de comunicación que permita la comunicación hacia dispositivos móviles o cualquier dispositivo con acceso a internet.

Uno de los factores para la el control de los procesos industriales será el PLC (Control Lógico Programable) el cual tiene un campo muy amplio de aplicación como procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, entre otras [4]. La aplicación de un PLC en este prototipo abarca la simulación de un proceso industrial en la que permite la detección de piezas metálicas y/o no metálicas a través de sensores ópticos, distinguiendo entre los colores primarios Amarillo o Azul para transmitir datos como número de piezas producidas, número de piezas con defectos, cantidad de piezas por color entre otros; Datos que son necesarios en tiempo real a nivel gerencial y pueden ser enviados y recibidos por la nube.

El sistema SCADA (Supervisory Control and Data Adquisition) o Sistema de Control Industrial[5], permitirá tener la comunicación con tecnologías 2G,3G ,4GyGSM/GPRS, implementando un servidor SCADA que estará en comunicación con componentes inteligentes como el PLC. Los datos obtenidos serán objetos de reportes a nivel gerencial y en caso de falla en uno de los procesos industriales, SCADA permitirá a través y dispositivo conectado a la nube la simulación de depuración de errores.

Para realizar el proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES” se van tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1.-Se utilizara una topología básica de red que conste de las siguientes partes

1.1. La nube de internet

1.2. Un punto de acceso (Access Point)

1.3. Cables de Conexión de red

1.4 Computador personal

2.-Para el control del proceso industrial será necesario:

2.1. Control Lógico Programable (PLC) con acceso inalámbrico

2.2. Placa electrónica con circuitería para control y comunicación de señales

3.3 Prototipo para simular el proceso industrial

3.- Para la implementación del Sitio de monitorización será necesario

3.1 Servidor Web mediante el sistema de control industrial SCADA

3.2 Dispositivo conectado a la nube para pruebas de monitoreo

La aplicación de los mejores criterios de comunicaciones móviles, comunicación de procesos industriales y criterios elementales de aplicaciones web, permitirá tener comunicado un PLC con una PC y otros dispositivos en la nube al mismo tiempo, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes en la nube.

1.2 Antecedentes

El desarrollo de la tecnología del computador aplicada al monitoreo de procesos industriales, recibió a finales de los años cincuenta un gran impulso debido a que existían industrias como las refinerías petrolíferas donde los procesos a controlar en este tipo de plantas son complicados.

Las industrias vienen atravesando importantes inversiones de infraestructura tecnológica para mejorar los procesos de producción. Dichos procesos ha mejorado notablemente la producción y reportes a nivel operativo, pero esto no cubren en su totalidad las expectativas de obtener reportes en tiempo real nivel Gerencial para posibles toma de decisiones.

Varios estudios han surgido con la finalidad de ofrecer alternativas de comunicación por la nube para la recepción y envío de datos en procesos industriales tales como el uso de la Plataforma Arduino con Ethernet Shield, raspberry pi, beaglebone, PLCs [8], entre otros, cada uno ofreciendo alternativas de solución con ventajas y desventajas a nivel de clientes o de técnicos que lo implementan.

Una de las ventajas de Ethernet es que puede ser utilizado como un medio de transporte independiente del protocolo de comunicación de los PLC's, ethernet comparte la desventaja de la necesidad de tender cable en toda la planta. Está demostrado que en una instalación típica, el costo del tendido del cable excederá el costo del resto del equipo ante esto surge la alternativa de Ethernet inalámbrico que provee de los beneficios de Ethernet sin la necesidad de cables, dando una comunicación robusta y confiable [9].

El sueño de todo informático trasciende en satisfacer al cliente con soluciones de fácil manejo, rápido acceso, bajo costo, optimizando recursos, entre otras. El

presente proyecto pretende abarcar estos elementos combinando en la etapa de diseño e implementación los mejores criterios de comunicaciones móviles, electrónica y programación, con el objeto de ofrecer una propuesta de soluciones a nivel gerencial o administrativo con datos precisos y en tiempo real de los procesos industriales de nuestro entorno. Contar con la información es clave a nivel gerencial para incrementar al máximo la eficiencia en producción y conservar la inversión del capital de la industria.

El uso del PLC en este proyecto se da por las funcionalidades apropiadas como la detección de señales de diferentes tipos de procesos, elaboración y envío de acciones al sistema según el programa asociado, recibo de configuraciones y emisión de reportes al operador de producción o supervisores [3].

Por todo esto es evidente que por medio de la implementación de un sistema de control PLC, infraestructura básica de red y acceso a internet, es posible hacer automático cualquier proceso industrial, reducir los costos de sistemas de monitoreo con características similares, mejorar la eficiencia y confiabilidad del cliente.

1.3 Objetivos

Diseñar e implementar un prototipo de comunicación mediante PLC para el control de un proceso industrial a través de internet.

1.4 Objetivos específicos

- 1.-Analizar los protocolos de comunicación a nivel industrial
- 2.- Analizar y configurar el sistema de comunicación por la red GPRS y PLC
- 3.-Implementar un prototipo de control usando PLC para la detección de piezas metálicas, identificación de color de la pieza y emisión de datos de producción simulando un control de proceso industrial
- 4.-Implementar un servidor Web SCADA para el control de datos emitidos del sistema de comunicación de procesos industriales a nivel administrativo vía internet.

CAPITULO II: ETHERNET Y LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Introducción al capítulo

El presente capítulo permite identificar los principales elementos y conceptos involucrados en la comunicación de redes Ethernet y la automatización industrial

2.1 Las redes Industriales

El mundo de las comunicaciones industriales y la transmisión de la información a través de una red de datos se pueden resumir en la siguiente grafica de forma jerárquica.

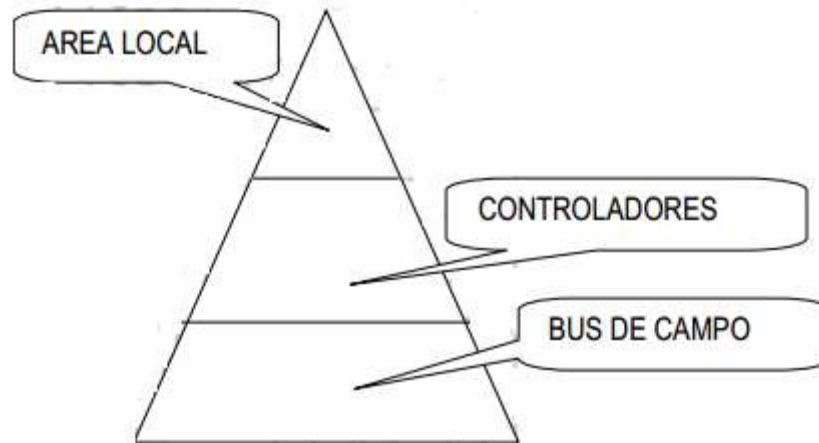


Ilustración 1 Jerarquía de las comunicaciones

La ilustración muestra en la cima el nivel de información de la red o redes locales que dan las consignas de producción a las capas inferiores.

En el centro se localiza el nivel de los controladores, donde operan diversos sistemas y se pueden encontrar sistemas de control especializados, autómatas programables, buses de instrumentación sobre ordenadores, sistemas de supervisión y SCADA, entre otros.

En el nivel inferior se localiza el nivel de campo donde se localizan los actuadores, sensores y controladores del sistema, siendo el principal soporte de comunicación el bus de campo (fieldbus).

Como se puede apreciar los distintos niveles se comunican entre sí, aunque se implementen en cada nivel distintas soluciones de comunicación. Llevando a cabo esta labor de comunicación están los gateway o pasarelas. En el nivel superior el soporte de comunicación suelen ser redes de ordenadores formando una red local, en el mismo edificio, entre distintos edificios e incluso utilizando internet. Las redes locales se han diseñado para los niveles de información y de controladores. En estas redes se pueden integrar autómatas programables mediante tarjetas ethernet y fibra óptica, módems. En estas redes las velocidades

de transmisión pueden llegar a sobrepasar los 100 Mbps. En este nivel se integran protocolos como el conocido TCP/IP.

Todos los elementos involucrados en la comunicación lo hacen a través de un cable común, con protocolo común. Los terminales de operarios permiten incorporar parámetros y diagnósticos frecuentes sobre los procesos de una forma rápida y eficaz. Los diferentes procesos de una misma planta se pueden coordinar y supervisar mediante un sistema SCADA. La velocidad de transmisión en estos niveles suele ser de entre 2-10 Mbps, la topología más habitual de bus admitiendo ramificaciones apareciendo diferentes segmentos con distancias máximas de hasta 2 Km.

Los dispositivos conectados a un bus, independientemente del fabricante, se pueden clasificar en maestros y esclavos, habitualmente.

Los maestros son los encargados de mantener el protocolo y el correcto funcionamiento de las comunicaciones, de transferir las órdenes desde las capas más altas hasta los últimos ejecutores y de transmitir la información de los sensores, además de realizar las labores de control que le hayan sido asignadas.

Los esclavos son dispositivos del tipo sensores, actuadores o controladores se encargan de transmitir información al maestro o maestros del bucle o ejecutarla.

A continuación se detallan tres gamas de productos de comunicación industrial, que se agrupan en:

Tabla 1 Tipos de Comunicación Industrial

Tipos	
Redes Industriales.	Se fusionan autómatas programables y ofimática, estableciendo como base para la comunicación o estándares con el Ethernet Industrial o soluciones propias.
Buses de campo	Usados para el control de dispositivos de maquinaria y controladores, especificados normalmente sobre sistema de bus abierto tal como: ComporBusD, DeviceNet, WorldFip, Interbus-S, ModBus, ROFIBUS entre otros.
Bus de dispositivos.	Bus alternativo más económico que el anterior y de fácil integración. El objetivo de este bus es simplemente la simplificación de la conexión de sensores y actuadores, reduciendo el cableado. Estos buses suelen ser propios de cada fabricante y de protocolo no libre.

2.2 Las comunicaciones en la actualidad

Tecnologías como bluetooth, wifi, GPRS, entre otros son algunos de los sistemas de comunicación aplicados a dispositivos que la mayoría de personas ocupan en la actualidad, de igual forma se podría hablar de la evolución que se experimentada en los dispositivos industriales. Por tanto, se puede observar cómo esas mismas tecnologías que poseen los dispositivos utilizados por las personas aparecen implementadas en las comunicaciones entre diferentes dispositivos industriales.

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que ésta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales. En un sistema de comunicación de datos industrial es tanto más exigente cuanto más cerca del proceso nos encontramos. Si realizamos una comparativa entre tres de las principales características que determinan la aplicación de las diferentes redes de comunicación, como son:

- Volumen de datos: Cantidad de datos que viajan por la red en cada envío.
- Velocidad de transmisión: Velocidad a la que viajan los datos por la red.
- Velocidad de respuesta: Velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Observamos en la siguiente tabla cuáles serían sus valores:

Tabla 2 Análisis de productividad

	Volumen de Datos	Velocidad de Transmisión	Velocidad de respuesta	Aplicación
Red de Ordenadores	Elevado	Elevado	Bajo	Lectura de datos
Detector de proximidad	Muy bajo	Bajo	Instantáneo	Sistema de seguridad

Si tratamos el ejemplo expuesto en la anterior tabla dándole una aplicación, se incrementarían las características citadas.

Si queremos comunicar un proceso industrial con la red de ordenadores, estos ordenadores podrían ser utilizados para la lectura de bases de datos en donde se

refleja el estado actual de la producción. En este caso la velocidad de respuesta es baja, ya que se debe tener en cuenta el tráfico de datos por esa red, en este caso los datos llegarán al sistema de destino con algún segundo de retardo, lo que no va a provocar ninguna disfunción en el sistema productivo, mientras que cuando un detector de proximidad cambie de estado la respuesta en el equipo de control, por ejemplo un autómata programable, ha de ser inmediata, algún milisegundo de retardo a lo sumo.

De acuerdo al análisis anterior se puede observar que seguramente deben existir diferentes niveles de redes de comunicación de datos que cumplan en cada caso con las exigencias funcionales solicitadas. De ahí nace lo que se conoce como pirámide de las comunicaciones. Esta pirámide como muestra la figura siguiente, reconocida por todos los fabricantes de dispositivos para las redes de datos, está formada por cuatro niveles, que son:

- Oficina: Formado básicamente por ordenadores tanto a nivel de oficina como de ingeniería.
- Planta: Son ordenadores con aplicaciones específicas para el control del proceso.
- Célula: Son todos los componentes inteligentes que intervienen directamente en el proceso.
- Campo: Son todos los dispositivos que provocan los movimientos en el proceso productivo.

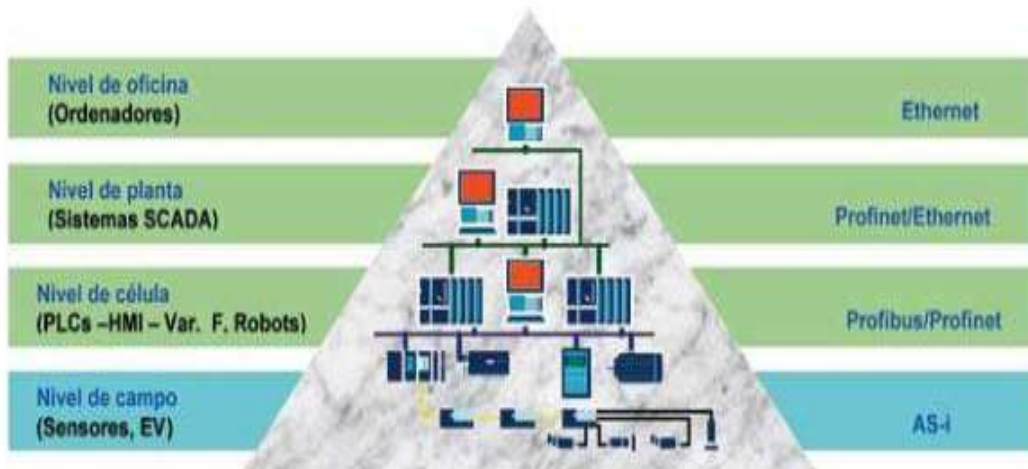


Ilustración 2 Pirámide de las comunicaciones

Fuente: SIEMENS y Telecomunicaciones

Los fabricantes ofrecen diferentes alternativas para cumplir con los requisitos funcionales de cada caso. En el caso de SIEMENS¹, ofrece para cada nivel una solución y que es la que aparece en la siguiente figura



Ilustración 3 Velocidades en cada Nivel

Fuente: SIEMENS y Telecomunicaciones

Amas de las principales características de cada uno de los niveles, se completa con otra característica que es: cuanto más nos acercamos al proceso, mayor número de dispositivos intervienen en la red de comunicación para ese nivel, es decir, que al nivel de campo, que es el nivel más próximo al proceso, la red de datos que interviene engloba a los sensores y actuadores, mientras que al nivel más alejado del proceso, como es el nivel de oficina y que básicamente está compuesto por ordenadores, el número de equipos que interviene en la red se reduce considerablemente

2.3 Sistemas de control en una red de comunicación industrial

Dependiendo de la complejidad del sistema o de los componentes que intervienen en la red de comunicación, podemos clasificar el tipo de control en:

- SISTEMA CENTRALIZADO. Es cuando el control se realiza por un solo sistema.
- SISTEMA DISTRIBUIDO. Cuando el control se realiza a través de diferentes sistemas conectado en red.

Las principales características de estos dos sistemas se detallan en la siguiente tabla

¹ SIEMENS, empresa multinacional de origen Alemán dedicada a las telecomunicaciones

Tabla 3 Características de Tipos de Sistemas

SISTEMA CENTRALIZADO	SISTEMA DISTRIBUIDO
<ul style="list-style-type: none"> • Es efectivo mientras el sistema no sea excesivamente grande ni complejo. • Es fácil de mantener, ya que sólo hay un único controlador. • Al existir un único controlador, no existen problemas de • Compatibilidad. • Son muy delicados a los fallos; si el controlador falla, todo se detiene. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para sistemas grandes o complejos. • La responsabilidad es repartida entre diferentes controladores. • Todos los controladores deben de comunicarse a través de una red. • Su capacidad puede ser superior a un sistema centralizado. • Se caracteriza por ser un sistema más flexible que el centralizado. • Se pueden hacer ampliaciones con otros controladores. Cuando éstos están programados y con un funcionamiento correcto, entonces se integra en la red de comunicaciones de los demás controladores. • Se puede partir de un sistema básico e ir ampliando a medida que el sistema lo exija, añadiendo módulos u otros controladores. • Permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes comunicables entre sí.

2.4 Ethernet y la automatización industrial

Ethernet y el protocolo TCP / IP están logrando cada vez más aceptación en la tecnología de la automatización industrial. Avances técnicos importantes, tales como Fast Ethernet, conmutación y comunicación Full Dúplex han convertido a Ethernet en un sistema de comunicación de gran alcance con atractivo para usuarios industriales y fabricantes. El anhelo es tener un protocolo de aplicación estándar para la automatización industrial que al parecer es muy poco probable, puesto que al momento hay 14 diferentes protocolos Ethernet industriales que se ofrecen.

2.4.1 Funciones principales.

Integración al mundo de la oficina, TI-funciones, Internet/ Intranet, configuración remota. Esto es básicamente TCP / IP sobre Ethernet con protocolos de aplicación, tales como SNMP, FTP, MIME, HTTP. Comunicaciones sobre los

routers y servidores donde direccionamiento IP y de transporte TCP son obligatorios. Mayor ancho de banda y grandes paquetes de datos para las comunicaciones con dispositivos cada vez más inteligentes industriales.

- Comunicación más rápida y en tiempo real con sincronización suficientemente buena incluso para las aplicaciones de control de movimiento exigentes.
- Conecta y aborda más dispositivos en áreas más extensas.
- Red homogénea utilizando principalmente Ethernet

Tabla 4 Ethernet y la Automatización Industrial

Ethernet y TCP / IP y su aceptación en la tecnología de la automatización industrial	
Características comunes	<ul style="list-style-type: none"> • A pesar de los diferentes enfoques en la capa 7, todos los conceptos tienen un núcleo común. • Normas bien establecidas para la capa 1-4 tales como la tecnología de transmisión de datos Ethernet IEEE 802.xx (Capa 1), el método de acceso al bus (CSMA / CD, Capa 2), el Protocolo de Internet (IP, Capa 3) y los protocolos TCP y UDP (capa 4). • Elementos comunes en la capa 7 para funciones no de tiempo crítico. Protocolo de transferencia de hipertexto (http), se utilizan comúnmente en el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) y el protocolo de gestión de red simple SNMP.
Diferencias	<ul style="list-style-type: none"> • Las diferencias entre los enfoques actuales se pueden encontrar en la arquitectura general del sistema de comunicación • Protocolos de aplicación industrial en la capa 7, el modelado de objetos y el modelo de ingeniería para la configuración del sistema. • Los diferentes conceptos se pueden subdividir en sistemas de encapsulación como EtherNet/IP, Fieldbus HSE, Modbus-TCP y conceptos de automatización distribuidas como Profinet
Tecnología de Encapsulación	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de un datagrama en un TCP o UDP, tiene como referencia el enfoque de EtherNet / IP • Un datagrama de bus de campo se considera como "datos

	<p>de usuario" en un UDP TCP antes de enviarlo a través de Ethernet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medios de comunicación escalables se pueden combinar perfectamente con la solución de bus de campo existente relacionada sin la necesidad de cambiar la filosofía de la comunicación • Fácil de proporcionar compatibilidad hacia los respectivos protocolos de bus de campo en los que se basa cada sistema. • Ethernet se considera principalmente como una nueva tecnología de transmisión de datos que puede ser utilizado como una alternativa a o en combinación con los buses de campo convencionales ya establecidas, tales como DeviceNet, ControlNet, Modbus o Foundation Fieldbus H1.
Sistemas de Automatización Distribuida	<ul style="list-style-type: none"> • Las generaciones actuales de redes industriales basadas en Ethernet están dirigidas a satisfacer las necesidades de comunicación de los nuevos conceptos de automatización con inteligencia distribuida. • Aplicación en varios controladores descentralizados, que están conectados a través de Industrial Ethernet. • Profinet da cuenta sólo las funciones de control de tiempo no crítico a través de Ethernet e incluye un concepto de puerta de enlace para interconectarse con la tecnología Profibus existente para el tiempo de la comunicación crítica en tiempo real

2.5 Comunicación inalámbrica

Debido a que el interés de las grandes empresas por el completo control de sus datos está en aumento, el uso de las comunicaciones inalámbricas está creciendo al mismo tiempo y todo esto gracias a los beneficios de las comunicaciones Inalámbrica, que permiten llegar a lugares remotos y de difíciles acceso. Aunque los avances en conectividad industrial inalámbrica permiten adoptar este tipo de comunicaciones, para poder expandir las aplicaciones SCADA² existentes en los sistemas de control tradicionales

² SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition, es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

2.5.1 Criterios para maximizar la seguridad y la fiabilidad de los sistemas de comunicación inalámbrica

Los sistemas y arquitecturas de comunicación inalámbrica deben implementar: Compresión, Confidencialidad y Continuidad.

Compresión

El agregar nuevos dispositivos de datos a una conexión Inalámbrica, puede forzar las arquitecturas SCADA existentes al límite de su capacidad de ancho de banda o conducirlos a costes de comunicación altos. Dado que la gran mayoría de las conexiones abiertas de hoy en día son establecidas a través de OPC³, la compresión del flujo de datos es un punto básico para reducir los requisitos del ancho de banda. Sin embargo viendo cómo las especificaciones OPC para la transferencia de datos en tiempo real se basan en el sistema de Microsoft Windows DCOM, los Servidores y Clientes OPC Clásicos no soportan nativamente esta compresión. Para que esto funcione, necesitará una solución OPC compatible con distintos fabricantes que pueda funcionar entre el Cliente y el Servidor OPC y realizar la compresión/descompresión de los datos.

El Servidor OPC hace de interfaz comunicando por un lado con una o más fuentes de datos utilizando sus protocolo nativos (típicamente PLCs, DCSs, básculas, Módulos I/O, controladores, entre otros) y por el otro lado con Clientes OPC (típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, aplicaciones de cálculos, entre otros). En una arquitectura Cliente OPC/ Servidor OPC, el Servidor OPC es el esclavo mientras que el Cliente OPC es el maestro. Las comunicaciones entre el Cliente OPC y el Servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los Clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC.

Confidencialidad

Cada vez más sistemas de datos son enviados sobre conexiones Inalámbrica, y cada vez es más importante asegurar que la accesibilidad a estos datos sea sólo para aquellos a los que están destinados.. Es por ésta razón que la encriptación de datos OPC es una consideración necesaria en su estrategia de defensa de las comunicaciones. Desde una perspectiva práctica, la encriptación de datos vía Inalámbrica no impide que los hackers puedan interceptar las transmisiones, pero sí les impide ser capaz de descifrarlos. Así como la compresión, la encriptación

³ **OPC** (acrónimo de *OLE for Process Control*) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales

no fue definida en las especificaciones OPC Clásicas, dicha funcionalidad si es requerida debe venir de soluciones OPC de diversos fabricantes.

Continuidad

Mientras que los sistemas de comunicación Inalámbrica tienen sus propias estrategias para el re establecimiento de la conectividad cuando ocurren perdidas en la conexión, como por ejemplo por problemas atmosféricos, los sistemas OPC que se basan en comunicaciones DCOM⁴, no les va tan bien. Como se mencionó anteriormente, al utilizar DCOM, las comunicaciones OPC son sensibles a las interrupciones de tráfico de la red.

Al estar los usuarios OPC al tanto de los problemas a los que se enfrentan en cuanto a la conectividad de datos vía Inalámbrica, da una solución muy simple que ofrece compresión, encriptación y conexión de datos OPC, todos en un solo paquete, el OPC Tunneller de MatrikonOPC trabaja con todos los Clientes y Servidores OPC compatibles, sin importar el fabricante. Demostrado por las miles de instalaciones en el mundo que ya lo tienen, el OPC Tunneller le permite tomar ventaja de las comunicaciones Inalámbrica sin preocuparse de las conexiones OPC adyacentes.

OPC y las Redes Inalámbrica

En orden de extender la conectividad OPC más allá de una LAN cableada, es necesaria una tecnología complementaria que soporte efectivamente las interfaces estilo DCOM a través de conexiones de red más extensas. Todo lo que es requerido para soportar esta tecnología es una capa con capacidad TCP/IP, que extienda las comunicaciones OPC sobre las res redes inalámbricas. Para muchas aplicaciones hay una pequeña diferencia entre escoger comunicarse a través de una LAN o una WLAN. Sin embargo, al utilizar OPC los siguientes aspectos deben ser considerados: Disponibilidad, Ancho de Banda y Confiabilidad

⁴ Modelo de Objetos de Componentes Distribuidos, es una tecnología propietaria de Microsoft para desarrollar componentes software distribuidos sobre varios ordenadores y que se comunican entre sí.

CAPITULO III: PROTOCOLOS DE RED Y COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Introducción al capítulo

El capítulo presenta un análisis de funcionalidad y utilidad de los protocolos de comunicación más relevantes involucrados en el proceso de comunicación industrial y transmisión de datos por la red.

3.1 Protocolos de red

3.1.2 EtherNet/IP para Modbus TCP/IP

La red EtherNet/IP para Gateway de Modbus TCP/IP ofrece transferencias de datos bidireccionales entre la red EtherNet/IP y redes Modbus TCP/IP. La red EtherNet/IP utiliza un controlador clase 1 de E/S de conexiones o Clase 3 para instrucciones de mensajes. Modbus TCP/IP utiliza múltiples clientes y servidores de transferencia de datos más rápida, las pasarelas de conversión de protocolo son la solución ideal para redes distribuidas, puesto que al añadir un rack remoto se vuelve demasiado costoso.

Las puertas de enlace como por ejemplo PLX31-EIP-MBTCP son módulos independientes montados en carril DIN que proporcionan un puerto Ethernet para la comunicación, lo que permite la configuración y el diagnóstico remoto. Las puertas de enlace PLX30 también vienen con una ranura para tarjeta SD opcional para almacenar los archivos de configuración. En el caso de un fallo de la tarjeta SD puede ser transferido a otra puerta de enlace reducir el tiempo de inactividad. Estas pasarelas también vienen con una amplia gama de potencia de entrada 10 Vdc, 36 Vdc, y una amplia gama de temperaturas entre -25 ° C a 70 ° C.

3.1.3 Modbus TCP/IP

Modbus es un protocolo de mensajería de capa de aplicación, posicionado en el nivel 7 del modelo OSI. Proporciona la comunicación cliente servidor entre dispositivos conectados en diferentes tipos de buses o redes. Modbus TCP significa que el protocolo Modbus se utiliza en la parte superior de Ethernet TCP / IP. Especificado por la organización de usuarios de Modbus-IDA en cooperación con el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet IETF⁵

Modbus-TCP no es realmente nuevo, lo único necesario era aprobar Ethernet-TCP / IP como una tecnología de transmisión de datos adicional para el protocolo Modbus, que ha estado disponible desde varios años. Los servicios Modbus probados y el modelo de objetos que ha estado disponible desde el Modbus originales versión del protocolo no se han modificado, y simplemente se han adaptado a TCP / IP como protocolo de transmisión de datos. Esto se extiende a la familia Modbus con una gama de productos adicionales, que ahora consiste en:

⁵ Internet Engineering Task Force es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad.

- Modbus-RTU clásica: La transmisión de datos asíncrona a través de RS-232 o RS-485 Modbus-Plus: Comunicación de alta velocidad a través de una red Token
- Passing y Modbus- TCP: La comunicación cliente / servidor basada en IP Ethernet-TCP /).

Todas estas versiones comparten el mismo protocolo de aplicación, que especifica un módulo de objeto universal para datos de usuario y servicios de comunicación como se muestra en la siguiente ilustración.

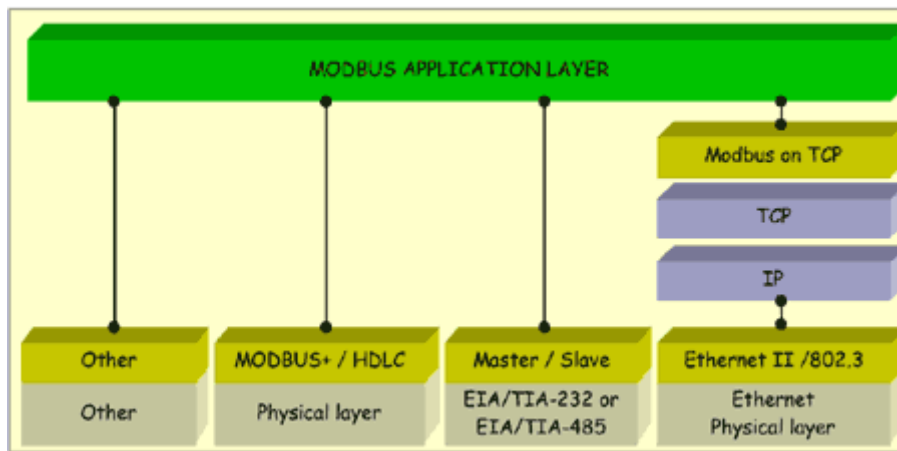


Ilustración 4 MODBUS TCP/IP

Modbus proporciona un conjunto de funciones para leer y escribir datos en los dispositivos de campo, soporta transferencias de datos bit o de palabra. El rendimiento de una red Modbus-TCP es altamente dependiente del tipo y diseño de la red Ethernet que se utiliza y sobre el rendimiento de los procesadores en las interfaces de comunicación de los dispositivos respectivos.

Modbus-TCP es un enfoque para utilizar Ethernet como medio de transmisión de datos para aplicaciones de automatización. Los costos adicionales de la infraestructura de red topología en estrella con switches inteligentes pueden justificarse por las ventajas de Ethernet, tales como el gran número de estaciones en una red y por los beneficios sustanciales debido a las funciones de Tecnologías de Información adicionales incorporados a Internet, correo electrónico y transferencia de archivos, que puede utilizar el mismo medio.

Tabla 5 Características de MODBUS-TCP/IP

Principales características de MODBUS-TCP	
Tipo de red	Servidor de red Ethernet TCP / IP basada sencilla Cliente /
Topología	<ul style="list-style-type: none"> • Muy flexible con estrellas, árboles o estructuras de línea. • Todas las topologías que se pueden implementar con tecnología Ethernet estándar, incluyendo redes conmutadas son aplicables
Instalación	Standard 10, 100 o 1000 Mbit / s tecnología Ethernet basado en cables de cobre, fibra óptica o estándares inalámbricos puede ser utilizado
Velocidad	10, 100, 1000 Mbit / s / s
Max estaciones	Casi ilimitada
Datos	Hasta 1.500 bytes por Telegrama bastidor Total: casi ilimitada
Funciones de red	Red simple cliente / servidor basado en la tecnología Ethernet estándar y los protocolos TCP / UDP / IP en la capa de 3-4

3.1.1 Industrial Ethernet Protocol (Ethernet/IP)

Ethernet/IP, desarrollado originalmente por Rockwell Automation y ahora es administrado por la Open DeviceNet Vendors Association (ODVA). Se trata de un sistema de comunicación Industrial Ethernet ya bien establecida con buenas capacidades en tiempo real. Está estandarizado en la norma internacional IEC 61158 y Ethernet / IP dispositivos están certificados por ODVA para la interoperabilidad y conformidad.

EtherNet/IP se extiende comercial off-the-shelf Ethernet para el protocolo industrial común (CIP) - la misma capa superior modelo de protocolo y el objeto encontrado en DeviceNet y ControlNet. CIP⁶ permite a EtherNet / IP y DeviceNet integradores de sistemas y usuarios para aplicar los mismos objetos y perfiles para plug-and-play de la interoperabilidad entre dispositivos de múltiples proveedores y en múltiples sub-redes.

⁶ CIP ofrece una amplia gama de objetos y servicios estándar para el acceso a los datos y para el control de los dispositivos de red a través de la llamada "implícito" y los "mensajes explícitos". Los paquetes de datos CIP se encapsulan antes de que se envíen con el estándar TCP o UDP en los datagramas de Ethernet

La combinación de DeviceNet, ControlNet y EtherNet/IP promover la transparencia de los emitidos por sensores en el software de una empresa.

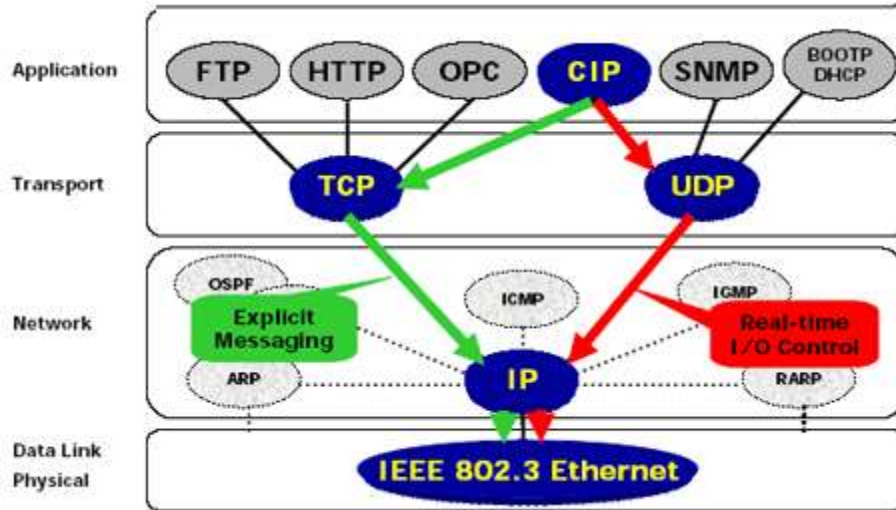


Ilustración 5 Ethernet IP

Ethernet / IP utiliza todos los protocolos de transporte y de control de Ethernet estándar, incluyendo el Protocolo de control de transporte (TCP), el User Datagram Protocol (UDP), el Protocolo de Internet (IP) y el acceso a los medios y tecnologías de señalización se encuentran en off-the-shelf la tecnología Ethernet.

Sobre la base de estas tecnologías de comunicación estándar significa que Ethernet / IP funciona de forma transparente con todos los dispositivos Ethernet estándar que se encuentran en el mercado en la actualidad. El protocolo se beneficia automáticamente de todas las mejoras tecnológicas adicionales, tales como Gigabit Ethernet y tecnologías inalámbricas.

3.2 Protocolos industriales

3.2.1 Protocolos de Buses de Campo

La tecnología fieldbus o Bus de Campo es un protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad creada para reemplazar la clásica señal de 4-20 mA que aún se utiliza en muchos de los sistemas Sistema de Control Distribuido DCS y Controladores Lógicos Programables PLC, instrumentos de medida y transmisión y válvulas de control.

La arquitectura fieldbus conecta estos instrumentos con computadores que se usan en diferentes niveles de coordinación y dirección de la planta. Muchos de los protocolos patentados para dichas aplicaciones tiene una limitante y es que el fabricante no permite al usuario final la interoperabilidad de instrumentos, es decir, no es posible intercambiar los instrumentos de un fabricante por otro similar. Estas tecnologías cerradas tienden a desaparecer puesto que actualmente es necesaria la interoperabilidad de sistemas y aparatos y así tener la capacidad de manejar sistemas abiertos y estandarizados. Con la mejora de los protocolos de comunicación es ahora posible reducir el tiempo necesario para la transferencia de datos, asegurando la misma, garantizando el tiempo de sincronización y el tiempo real de respuesta determinista en algunas aplicaciones.

Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores. Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal. Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son Profibus, Hart, Fieldbus Foundation.

3.2.3 Profibus

En la industria de procesos, los procesos de producción a menudo son "híbridos". Los procesos primarios industriales caracterizados por actividades como la reacción, la mezcla o la separación, se combinan con aplicaciones discretas de los procesos secundarios de la logística de entrada (Inbound) o la logística de salida (Outbound).

Para estas aplicaciones industriales son características una serie de actividades, como identificar, transportar, comprobar, empaquetar, envasar o almacenar diversas materias. El PROFIBUS es actualmente el único bus de campo del mundo que cumple estos requisitos. Este bus de campo es el único capacitado para interconectar áreas de producción industriales de forma homogénea, gracias a las tecnologías de transmisión complementarias, a un perfil de comunicación unificado y a los perfiles aditivos de aplicación para funcionalidades típicas de dispositivos, como p. ej. PA Devices, PROFIdrive o PROFI-safe.

Una arquitectura de bus de campo con una homogeneidad de este tipo presenta ventajas enormes en lo que a los gastos se refiere. Principalmente se trata de una reducción de gastos para el diseño, el montaje y el cableado, pero también para la planificación, la ingeniería, la puesta en marcha y la prueba, así como la documentación y la formación.

El PROFIBUS es un bus de campo abierto y universal que permite la comunicación rápida con los dispositivos periféricos descentralizados inteligentes

(PROFIBUS con física DP), la comunicación y alimentación simultánea de transmisores y actuadores (PROFIBUS PA). Gracias a su concepción modular con tecnologías de transmisión complementarias, un protocolo de comunicación unificado y múltiples perfiles de aplicación como los PA Devices, PROFIsafe, PROFIdrive, E/S remotas para PA, sistemas de identificación o dosificación/pesaje; PROFIBUS es el único bus de campo que puede aplicarse tanto en la industria manufacturera como en la industria de procesos.

3.2.3.1 Profibus DP

El Profibus DP es el más utilizado para solucionar las necesidades de interconexión de los posibles perfiles Profibus. Está optimizado en velocidad, eficiencia y bajo costos de conexión, orientado especialmente para la comunicación entre sistemas automáticos y los periféricos distribuidos en el nivel de campo.

Cuando se selecciona un medio de transmisión se deben considerar las largas distancias, la velocidad de transmisión y los requerimientos del sistema a automatizar, tales como la operatividad en áreas peligrosas y la transmisión en un único cable de los datos y la energía.

El intercambio de datos es principalmente cíclico, utilizándose determinadas funciones de comunicación eventualmente regladas según EN 50170 a parte de las habituales básicas funciones exclusivas para dicho intercambio. Aunque DP también ofrece servicio en comunicaciones acíclicas más complejas para la parametrización, la monitorización y el manejo de alarmas en los dispositivos de campos inteligente

Funciones Principales de Profibus DP

- Transferencia de datos cíclica entre el maestro y esclavos.
- Activación y desactivación dinámica de los esclavos de forma individual.
- Chequeo de la configuración del esclavo.
- Funciones de diagnóstico, 3 niveles jerárquicos de mensajes de diagnóstico.
- Sincronismo de entradas y salidas.
- Posibilidad de asignación de dirección remota a través del bus para los esclavos que lo soporten.
- Zona de entrada y salida de 244 bytes máximo por cada esclavo

3.2.3.2 Profibus PA

Los perfiles de aplicaciones describen el uso de las comunicaciones Profibus y de los perfiles físicos para un cierto rango de aplicaciones o para unos ciertos tipos de dispositivos. El uso de Profibus en dispositivos típicos y aplicaciones en procesos de automatización es definido por los perfiles PA, El perfil está basado en los perfiles de comunicación DP y dependen del campo de la aplicación.

Medios como IEC 1158-2, RS-485 y fibra óptica son utilizados como transmisores de esta tecnología. Los perfiles PA definen los parámetros de los dispositivos y el comportamiento de los típicos dispositivos de campo tales como transductores de señal o actuadores, facilitando incluso el cambio de un dispositivo por otro similar de distinto fabricante

Profibus PA ha sido desarrollado en estrecha cooperación con usuarios de procesos industriales, con las siguientes características:

- Perfil de aplicaciones estándar para procesos de automatización que permite la intercambiabilidad del dispositivo de campo con otros de distinto fabricante.
- Se pueden añadir y desconectar estaciones del bus incluso en áreas peligrosas sin influenciar a otras estaciones.
- El bus suministra alimentación para los transductores de señal usando la tecnología de dos cables acuerdo con el estándar IEC 1158-2.
- Este bus es usado también en áreas potencialmente explosivas con los tipos de protección EEx ia/ib o la encapsulación EEx d.

3.2.3.3 Profibus FMS

FMS (Fieldbus Message Specification), es un protocolo del nivel de aplicación que ofrece servicios para la comunicación e implementación de redes con dispositivos industriales PLCs, sistemas de control de procesos, PCs, paneles de operador, entre otros.

La capa de aplicación, capa 7 según el modelo ISO OSI, consiste en las siguientes partes:

- Las especificaciones de los mensajes de campo, que da nombre al perfil FMS

- El interfaz con las capas de bajo nivel (LLI). Hace de intérprete entre las capa 7 de aplicación y las capas 1 y 2, más en contacto con el medio físico de transmisión.

FMS es una normalización de la capa de aplicación diseñada para proporcionar servicios de mensajería entre y con dispositivos programables en entornos CIM (Manufactura integrada por computador).

- Define un conjunto de objetos FMS que pueden existir dentro de un dispositivo.
- Define un conjunto de servicios de mensajería para acceder y manipular estos objetos.
- Define el comportamiento del dispositivo (de los objetos) frente a dicho conjunto de servicios de mensajería.

La ventaja principal que aporta el uso del protocolo FMS consiste en que las estructuras de datos se transfieren de forma independiente del equipo, siendo convertidas en el equipo terminal al lenguaje específico del mismo. Esto permite comunicarse con todos los equipos que entienden el protocolo FMS.

Utilidad

Utilizado para la transferencia de gran volumen de datos como programas, bloques de datos, entre otros.

Integración varias partes del proceso descentralizadas en un proceso común y comunicación entre estaciones inteligentes.

Ofrece servicio de usuario estructurados semejantes al MMS (Manufacturing Message Specification) para la comunicación abierta en pequeñas células. En estas configuraciones lo principal es el volumen de intercambio de información y no el tiempo de respuesta de los mismos.

3.2.3.4 HART

El protocolo Hart (highway addressable remote transducer) permite la comunicación digital bi-direccional con instrumentos inteligentes sin perturbar la señal analógica de 4-20mA. Ambas señales, la analógica 4-20mA y las señales de comunicación digital HART pueden ser transmitidas simultáneamente sobre el mismo cable. El éxito de este protocolo y la aceptación obtenida en el entorno industrial se debe a las ventajas que ofrece al usuario, y a su fácil implementación sobre los sistemas de control existentes basados en 4-20mA.

El protocolo HART utiliza el estándar Bell 202 FSK (Codificación por Cambio de Frecuencia) para superponer las señales de comunicación digital al bucle de corriente 4-20mA, como se muestra en la figura siguiente:

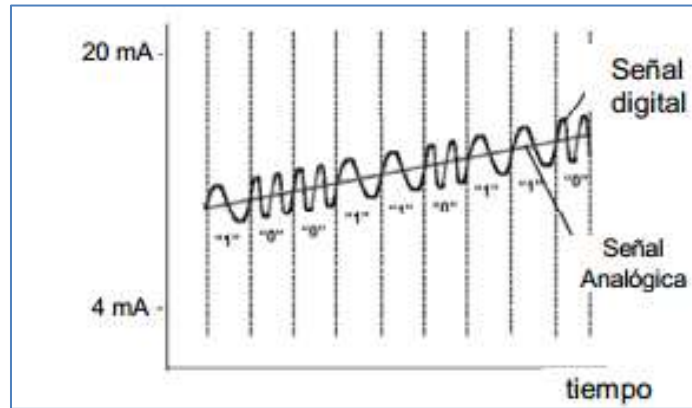


Ilustración 6 Comunicación Digital Hart

El protocolo HART también tiene la capacidad de conectar múltiples dispositivos de campo sobre el mismo par de hilos en una configuración de red multipunto como la que se muestra en la figura siguiente. En la configuración multipunto, la comunicación está limitada a la comunicación digital maestro/esclavo. La corriente a través de cada dispositivo esclavo se fija al mínimo valor para alimentar el dispositivo y no tiene ningún significado relativo al proceso.

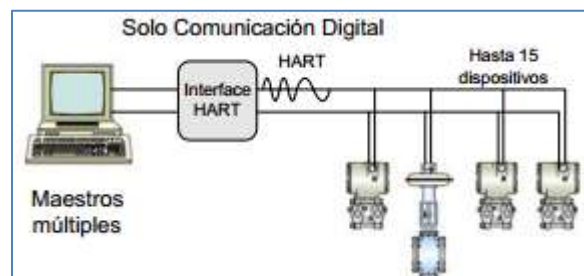


Ilustración 7 Conexión Hart en red Multipunto

3.2.3 FOUNDATION FIELDBUS

Foundation Fieldbus (FF) es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso

continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus Fieldbus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite.

3.2.4 Modbus

MODBUS Es un protocolo de comunicación industrial creado a finales de los 70, siendo el más popular por su facilidad de implementación y flexible en los sistemas de automatización y control. El protocolo especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de datos y como se tratan los errores como se muestra en la Ilustración 1 según modelo OSI. No especifica estrictamente el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS-232, entre otras

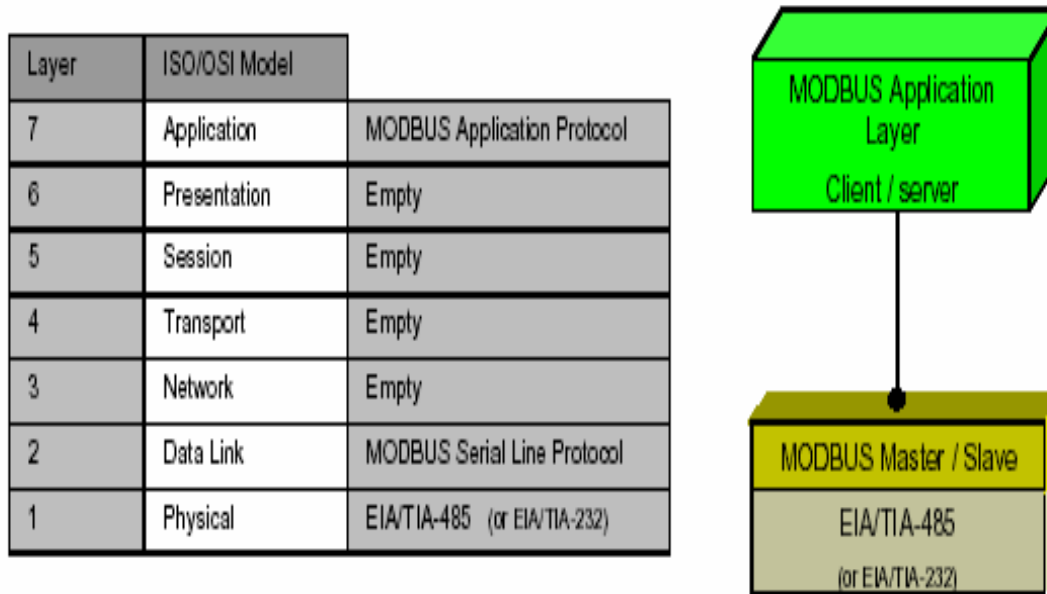


Ilustración 8 Protocolo MODBUS y MODELO OSI

El Protocolo de enlace tipo Maestro esclavo ubicado en la capa 2 de OSI y el Protocolo de aplicación Cliente –Servidor en la capa 7 de OSI. Se puede implementar en diferentes tipos de conexión física.

Tabla 6 Principales Características de MODBUS

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE MODBUS		
Funciones		<ul style="list-style-type: none"> • Exclusivamente un Maestro (en el mismo instante de tiempo). • Uno o varios nodos esclavos (hasta un máximo de 247). • La comunicación la inicia siempre el Maestro. • Los nodos esclavos nunca transmiten sin haber recibido una petición del nodo Maestro. • Los nodos esclavos nunca se comunican entre ellos. • El nodo Maestro inicia únicamente una transacción MODBUS en el mismo instante de tiempo.
Modos de Petición	Unicast	<ul style="list-style-type: none"> • El nodo maestro envía una petición a UN nodo esclavo. Después de recibir la petición el nodo esclavo devuelve un “reply” al nodo maestro. • transacción MODBUS de 2 tipos de mensajes: petición del nodo maestro y un “reply” del nodo esclavo. • Cada nodo esclavo debe tener una dirección única (entre la 1 a la 247) tal que puede ser direccionada de forma independiente de otros nodos
Modos de Petición	BROADCAST	<ul style="list-style-type: none"> • El nodo maestro envía una petición a todos los nodos esclavos. • No existe respuesta a esta petición. • Este modo se emplea para escribir comandos en los nodos esclavos, todos los nodos deben aceptar la función de escritura en este modo. • LA dirección 0 está reservada para identificar una petición tipo broadcast.
Conexión	Medio Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Bus semidúplex o half duplex • RS-485 o Fibra óptica o dúplex • full duplex) • RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica. • Comunicación asíncrona • Velocidades de transmisión previstas desde los 75 baudios a 19.200 baudios. • La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores

Campo de dirección: compuesto por número de esclavo (1 byte), permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01H hasta 3FH. El número 00H se reserva para los mensajes difundidos.

Campo de datos: subfunciones (n bytes), contiene en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura.

Campo de Función

A continuación se presenta un resumen del código y del campo función

Tabla 8 Campo Función

Función	Código	Tarea
0	00H	Control de estaciones esclavas
1	01H	Lectura de n bits de salida o internos
2	02H	Lectura de n bits de entradas
3	03H	Lectura de n palabras de salidas o internos
4	04H	Lectura de n palabras de entradas
5	05H	Escritura de un bit
6	06H	Escritura de una palabra
7	07H	Lectura rápida de 8 bits
8	08H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09H	No utilizado
10	0AH	No utilizado
11	0BH	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0CH	No utilizado
13	0DH	No utilizado
14	0EH	No utilizado
15	0FH	Escritura de n bits
16	10H	Escritura de n palabras

3.2.5 DeviceNet

DeviceNet es un bus estándar de campo para comunicación entre dispositivos. DeviceNet es mucho más que una simple red de sensores, gracias a que permite integrar un amplio rango de dispositivos que van desde variadores de velocidad hasta botoneras y desde PLCs hasta dispositivos neumáticos. Para poder conseguir este rango de dispositivos, en muchos casos se debería de utilizar dos buses de campo con diferentes protocolos con la finalidad de igualar esta capacidad.

Debido a que DeviceNet está basado en el modelo Productor/Consumidor, ofrece opciones de funcionamiento basadas en eventos de tiempo las cuales incrementan el rendimiento de la red en general. Permite configurar en tiempo real una serie de dispositivos en red.

Los parámetros de la configuración pueden ser guardados en la memoria del ordenador para posteriormente transferir la información en caso de ser necesario reemplazar algún dispositivo, también es posible reemplazar dispositivos conectados a la red en funcionamiento sin afectar las comunicaciones.

Tabla 9 DeviceNet

Características Físicas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Topología de bus lineal, compuesta por una línea troncal y derivaciones. • Número máximo de nodos = 64. • La longitud máxima de la línea troncal está directamente relacionada con la velocidad de transmisión y del tipo de cable. • La longitud máxima de la línea de derivación únicamente depende de la velocidad de transmisión. • Se pueden realizar conexiones directas a dispositivos en la línea troncal, únicamente si al extraer el dispositivo no se provocan perturbaciones en la red. • Configuración de dispositivos en tiempo real. • Extracción y sustitución de dispositivos de la red en tensión. • Paquetes de datos de 8 bytes. • Alimentación y señal de comunicación en el mismo cable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del coste de instalación. • Reducción del tiempo de puesta en marcha. • Reducción de los tiempos de paro, los diagnósticos de dispositivos • Permiten diseñar estrategias de mantenimiento preventivo. • Mayor productividad y calidad en los productos, los dispositivos pueden proporcionar más información, con mayor precisión y fiabilidad. • Proporciona una instalación simple y flexible que no requiere unas herramientas especiales. • Integración de un amplio rango de dispositivos.

Velocidad seleccionable en función de la distancia:

Velocidad	Distancia
125 Kbps	500 m
250 Kbps	250 m
500 Kbps	100 m

Comunicación en DeviceNet

El acceso a una red se puede realizar mediante el modelo Cliente/Servidor (Origen/Destino) o por Productor/Consumidor (Multicast).

Modelo Cliente/Servidor (Origen/Destino)

Src	Dst	Data	Crc
------------	------------	-------------	------------

El nodo Originador envía los datos individualmente a cada nodo Destinatario. Para enviar la misma información varias veces a diferentes destinos hay que enviar el paquete de datos cada vez. La sincronización entre los nodos es compleja ya que los datos llegan a cada nodo en instantes diferentes.

Modelo Productor/Consumidor (Multicast)

Identificador	Datos	crc
----------------------	--------------	------------

El modelo productor/consumidor, este modelo pone la información accesible a todos los componentes de la red simultáneamente. Esto provoca que múltiples nodos puedan consumir información simultáneamente y que la sincronización de nodos sea fácil.

Modos de Trabajo

Master/Slave (Maestro/Esclavo): Un maestro, múltiples esclavos. Los dispositivos esclavos únicamente intercambian información con el dispositivo maestro. Cuando se habla de conexiones Master/Slave se está haciendo referencia a aquel conjunto de conexiones, donde los nodos que intervienen no son libres para escoger el tipo de conexión, simplemente quiere decir que la conexión está predefinida.

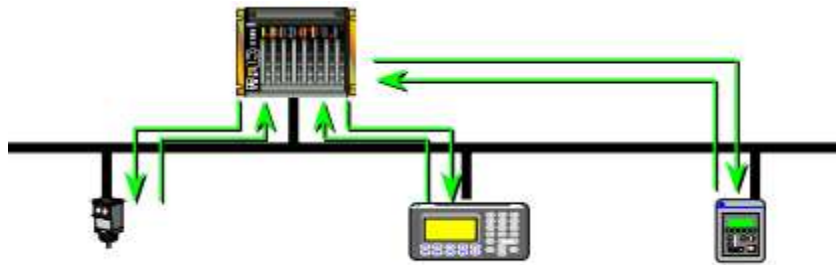


Ilustración 10 Modo Maestro - Esclavo

Multimaster (Multimaestro): Mas de un maestro en el mismo sistema, cada maestro tiene su grupo de esclavos. Los dispositivos esclavos únicamente intercambian información con sus maestros.



Ilustración 11: Método Multimaster

Conexiones

DeviceNet es una red basada en conexiones. Una conexión DeviceNet proporciona un camino entre múltiples aplicaciones. Cuando se establece una conexión, las transmisiones asociadas con esa conexión se les asigna un Connection ID. Si la conexión implica un intercambio bidireccional, entonces se les asigna dos Connection ID.

El identificador contiene los siguientes campos:

- Message ID: Identifica un mensaje dentro de un grupo. El message ID facilita el establecimiento de múltiples conexiones dentro de un grupo de mensajes.
- Source MAC ID: es el MAC ID asignado a un nodo transmisor. Los grupos 1 y 3 requieren el MAC ID del nodo transmisor, dentro del Identifier Field.

- Destination MAC ID: es el MAC ID asignado a un nodo receptor. Los mensajes del grupo 2 permiten la especificación del MAC del emisor y del receptor.

La creación de los Message Groups fue diseñada para presentar una solución en la que la prioridad de acceso al bus no esté basada únicamente en el MAC ID, y que esté tan distribuida como sea posible.

3.2.6 ControlNet

ControlNet⁷ o conocido como Bus de Campo, surge debido a que la proliferación de las redes industriales ofrece a los usuarios diversos beneficios, pero por diferentes redes. Esto con el aplanamiento de las arquitecturas y las demandas de mayor rendimiento, se puede ver que hay una necesidad de una red de automatización y control que combina los beneficios de varias redes en un enlace para un mayor rendimiento del sistema. Además se requería una red de control fiable para verificar cuando se entregarán los datos y garantizar los tiempos de transmisión sean constantes y no sean afectados por los dispositivos que se conectan a él o salen de la red.

ControlNet actúa en un tiempo real, es una red de control de capa que proporciona el transporte de alta velocidad de datos tanto de datos de entrada, salida y de mensajería en tiempo crítico, incluyendo carga, descarga de los datos de programación y configuración y peer-to- mensajería -peer, en un único enlace físico. El Bus define una única capa física basada en cable coaxial RG-6 con conectores BNC. Las características que distinguen a ControlNet de otros buses de campo incluyen el soporte incorporado para cables totalmente redundantes y el hecho de que toda comunicación en ControlNet es estrictamente planificada y altamente determinista.

ControlNet es altamente determinista y repetible, lo que constituye en un requisito fundamental para garantizar un rendimiento fiable, sincronizada y coordinada en tiempo real. El determinismo permite la capacidad de predecir de forma fiable cuando se entregarán los datos, y la capacidad de repetición garantiza que se transmitan en tiempos constantes y no sea afectado por los dispositivos que se conectan a, o salen de la red.

ControlNet es ideal para sistemas con varios controladores basados en PC, PLC a PLC y la comunicación PLC a DCS y proporciona:

- Ancho de banda de E / S en tiempo real

⁷ Conocida como Bus de Campo definida en una única capa física

- Mensajería peer-to-peer y programar
- Rendimiento determinista y repetible para aplicaciones discretas y de proceso
- Múltiples controladores de control de E / S en el mismo enlace
- Todos los datos tal vez multicast, incluyendo entradas, salidas, y peer-to-peer
- Redundancia de medios y opciones de seguridad intrínseca
- Instalación sencilla que no requiere de herramientas especiales para instalar o sintonizar la red
- Acceso a la red desde cualquier nodo
- Flexibilidad en la topología (bus, árbol, estrella) y los medios de comunicación tipos (coaxial, fibra, ect)

3.2.7 Unitelway

Uni-TELWAY es un bus de campo que se utiliza para la comunicación entre dispositivos del mismo tipo en función de un protocolo definido por Schneider Electric. La comunicación entre dispositivos del mismo tipo solamente puede efectuarse si se definen estándares de interconexión que establezcan el comportamiento de cada dispositivo respecto a los demás.

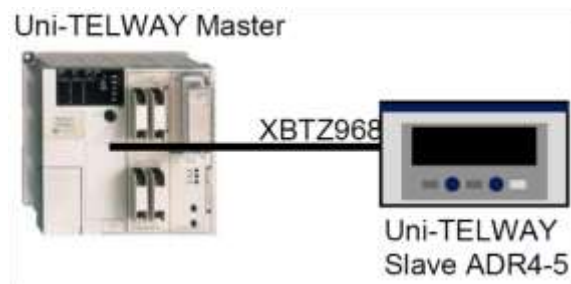
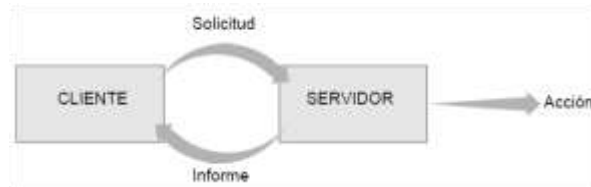


Ilustración 12 Unitelway

El bus Uni-Telway cumple los requisitos del modelo OSI, en cuanto a capas, aun sin tenerlas todas. Este bus de campo solamente necesita las capas de aplicación, red, enlace y física como se describe a continuación:

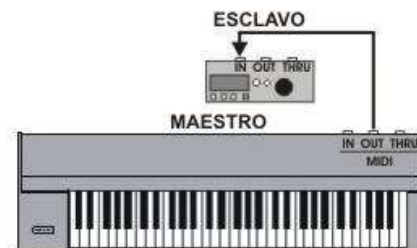
Capa de Aplicación: comunicación entre el cliente y el servidor



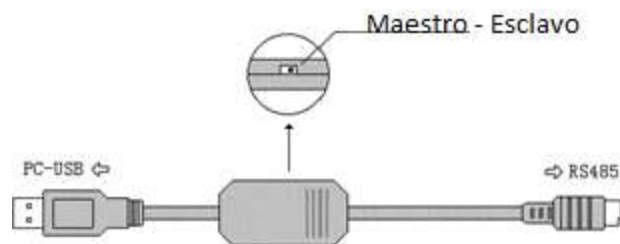
Capa de red: Sus configuración se expresa de la siguiente forma

RELOJ	040 - 043	8
TECLADO	060 - 063	9
RS232 SECUNDARA	2F8 - 2FF	11
DISCO DURO	320 - 32F	13
IMPRESORA	378 - 37F	15
DESPLIEGE Monocromatico	380 - 3BF	//////
DESPLIEGE DE COLOR	3D0 - 3DF	//////
DISCO FLEXIBLE	3F0 - 3F7	14
RS232 PRIMARIA	3F8 - 3FF	12

Capa de enlace: Comunicación tipo Maestro - esclavo



Capa física:



El modem tiene la misión de convertir (modular/desmodular) las señales que llegan o salen del bus. El bus UTW es un bus RS-485, por lo tanto para conectar en él un modem RS-232 será necesario utilizar un convertor lo cual implica que se van a conectar dos equipos DCE para poder acceder al bus. Es imprescindible que el convertor RS-232/485 a conectar al modem, sea capaz de conmutar

automáticamente la emisión/recepción (DE, driver enable) ya que no existe ninguna señal en el RS232 del modem que pueda servir para tal función.

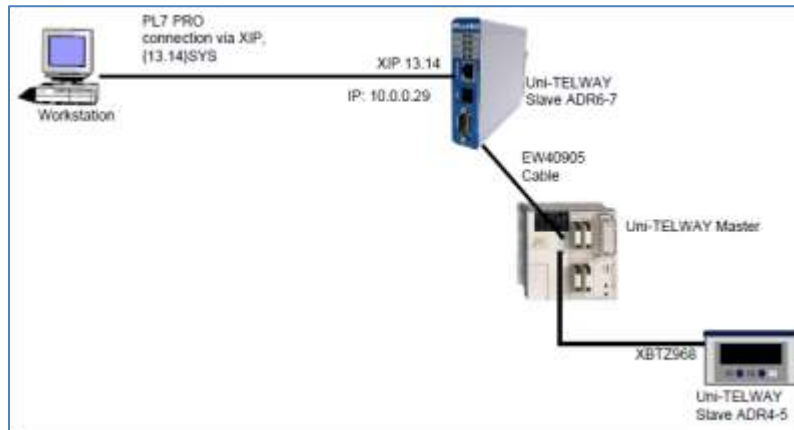


Ilustración 13 Unitellway

Sus principales aplicaciones son:

- En la industria: Ethernet Gateway & SCADA, servidor web.
- En Procesos de Maquinaria: Mantenimiento y Servicios a distancia con alarma
- Utilidades: Mantenimiento remoto y Gestión remota de equipos o procesos
- En Aplicaciones Inalámbrica: Vigilancia y Control de Sistemas ADSL y GPRS

Aplicaciones:

a) Ethernet Gateway y ESCADA

Mantenimiento Remoto y servicio con PL7Pro desde cualquier punto de la red, servidor web para el control y mantenimiento y protocolos de conversión para modbus

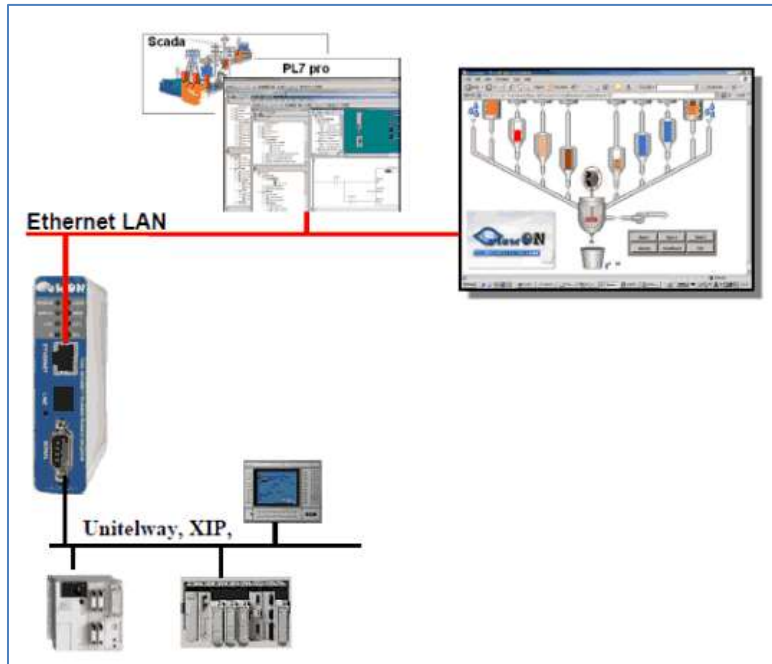


Ilustración 14 Gateway y SCADA

b) Mantenimiento remoto y Servicios

Mantenimiento remoto desde internet o conexiones estándar de acceso telefónico a red, conectividad y adquisición de datos local, gestión de alarmas y notificación por correo electrónico, SMS.

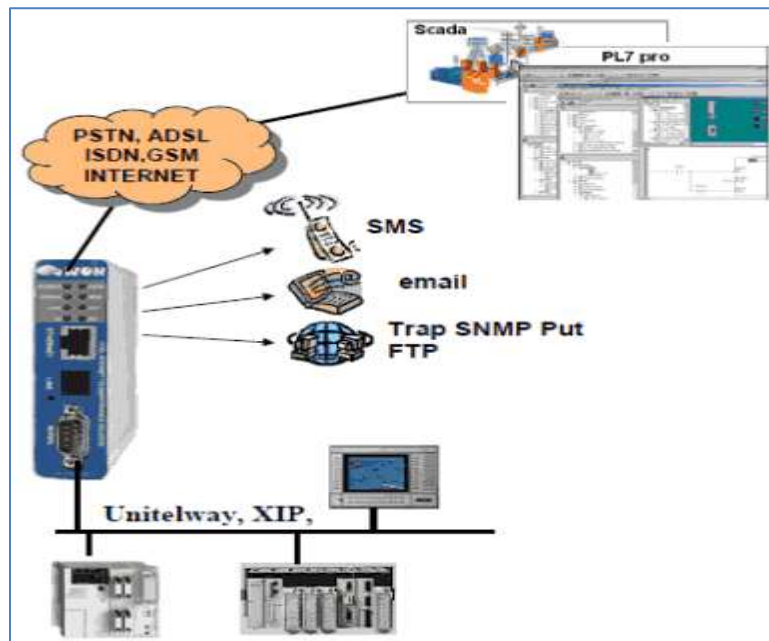


Ilustración 15. Mantenimiento remoto y Servicios

c) Gestión Remota

Página web dinámica para el control remoto, recuperación de datos a través de FTP o archivos adjuntos de correo electrónico y gestión de alarmas

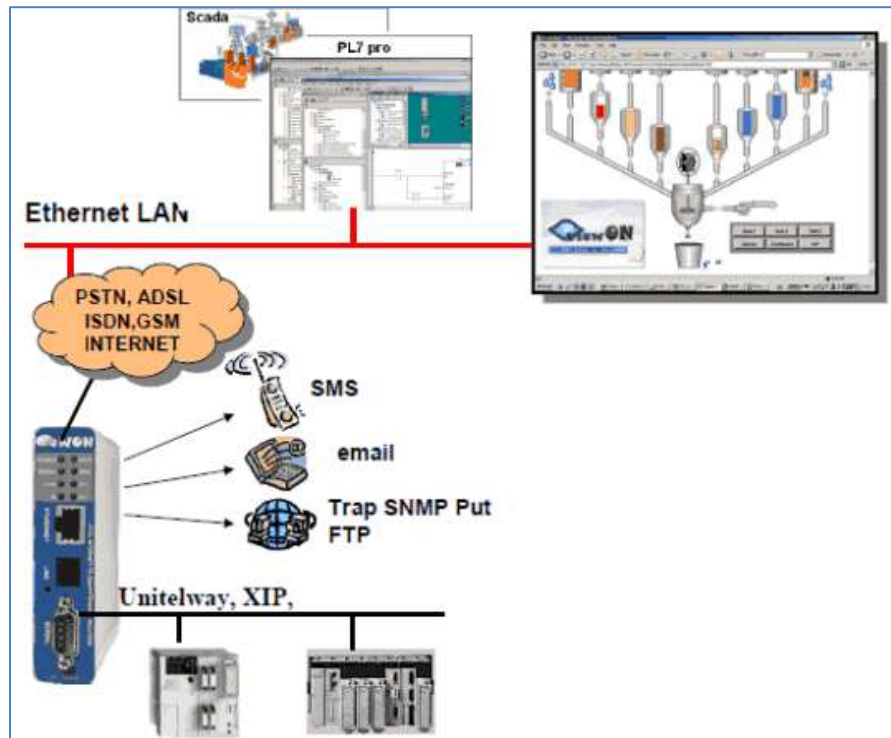


Ilustración 16 Gestión remota de alarma

d) Vigilancia y control De sistemas ADSL y GPRS

Como ejemplo se tiene a Esync que es un servidor VNP que permita la conexión de entrada múltiple, la aplicación de administración y mantenimiento remoto es capaz de acceder a PLCs

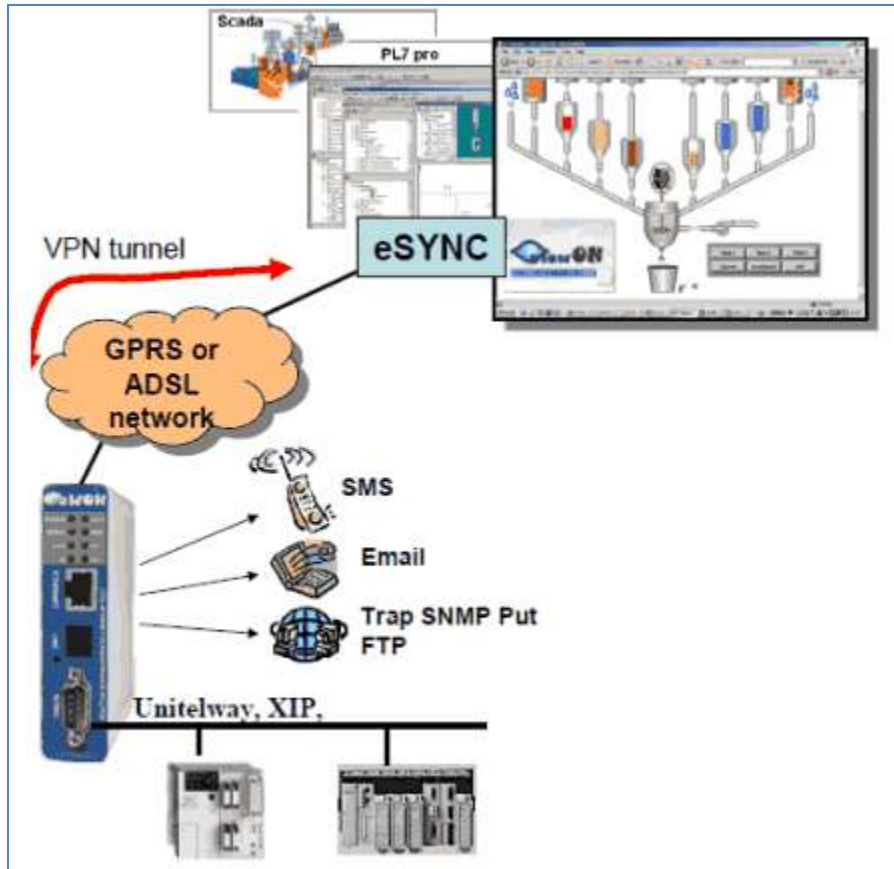


Ilustración 17 Vigilancia y control De sistemas ADSL y GPRS

3.2.8 CANopen

CANopen es un sistema de comunicación industrial muy popular, diseñado originalmente para las redes de control de máquinas de movimiento como los sistemas de manejo. Por ahora se utiliza más en la industria como en equipos médicos, vehículos todo terreno, la electrónica marítima, el transporte público y la automatización de edificios. Los productos CANopen están certificados por la organización de usuarios de la CIA⁸, que garantiza la compatibilidad en todo el mundo

El bus de campo CAN sólo define la capa física y de enlace por lo que es necesario definir cómo se asignan y utilizan los identificadores y datos de los mensajes CAN. Para ello se definió el protocolo CANopen, que está basado en CAN, e implementa la capa de aplicación. Actualmente está ampliamente extendido, y ha sido adoptado como un estándar internacional.

⁸ CIA (CAN-en-Automation) está estandarizado grupo de usuarios y fabricantes internacionales y en la norma europea EN 50325-4.

La construcción de sistemas basados en CAN que garanticen la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes requiere una capa de aplicación y unos perfiles que estandaricen la comunicación en el sistema, la funcionalidad de los dispositivos y la administración del sistema

Descripción de las capas:

- Capa de aplicación (application layer). Proporciona un conjunto de servicios y protocolos para los dispositivos de la red.
- Perfil de comunicación (communication profile). Define cómo configurar los dispositivos y los datos, y la forma de intercambiarlos entre ellos.
- Perfiles de dispositivos (device profiles). Añade funcionalidad específica a los dispositivos.

La relación entre el modelo OSI y los estándares CAN y CANopen la podemos ver en la siguiente figura.

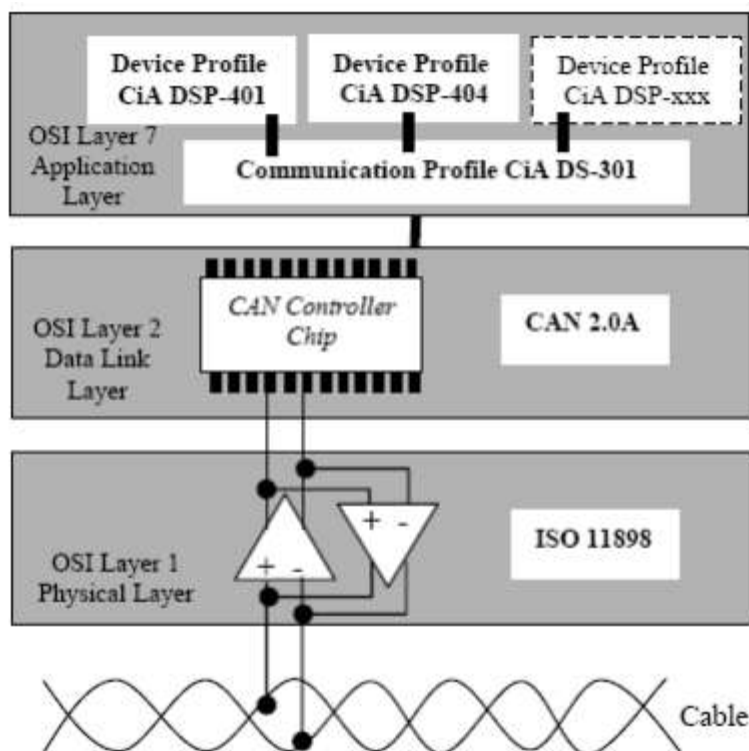


Ilustración 18 CAN y CANOPEN en OSI

Modelo de Comunicación CANOPEN

El modelo de comunicaciones de CANopen define cuatro tipos de mensajes (objetos de comunicación):

Tabla 10 Objetos de comunicación CANOPEN

Modelos de comunicación CANOPEN	
Objetos administrativos	son mensajes administrativos que permiten la configuración de las distintas capas de la red así como la inicialización, configuración y supervisión de la misma, se basa en los servicios NMT, LMS (LSS) y DBT de la capa CAL.
Service Data Objects (SDO):	Objetos o mensajes de servicio utilizados para leer y escribir cualquiera de las entradas del diccionario de objetos de un dispositivo. Corresponden a mensajes CAN de baja prioridad
Process Data Objects (PDO)	Objetos o mensajes de proceso utilizados para el intercambio de datos de proceso, es decir, datos de tiempo real. Por este motivo, típicamente corresponden a mensajes CAN de alta prioridad
Mensajes predefinidos	De sincronización, de emergencia y time stamp. Permiten la sincronización de los dispositivos (objetos SYNC) y generar notificaciones de emergencia en forma opcional

CANopen soporta los modelos de comunicación punto-a-punto, maestro-esclavo y productor-consumidor en sus variantes push y pull. En el modelo push los productores colocan los eventos en el canal de eventos y éste se los envía a los consumidores. En el pull el flujo de eventos ocurre en el sentido contrario, es decir, los consumidores solicitan eventos al canal de eventos y éste los solicita a los productores

3.2.9 Asibus

El bus AS-I Actuador-Sensor Interface, es una Propuesta para la normalización y estandarización de las conexiones de sensores y actuadores, tras un acuerdo entre diversos fabricantes de sensores y actuadores.

Un sistema industrial formado por redes AS-i es considerado como el más económico e ideal para la comunicación entre actuadores y sensores. Los beneficios de la utilización de una red AS-i van desde ahorros de hardware hasta el condicionamiento de una red AS-i propiamente dicha.

La red AS-i puede ser conectada al nivel de control principal de dos formas:

- La primera forma es la conexión directa: En este caso, el maestro es parte de un PLC o PC siendo ejecutado dentro de los tiempos de ciclos determinados por estos dispositivos. Un maestro AS-i puede ser construido por cualquier fabricante cuando se trata de un estándar abierto.
- La segunda manera: A través de un acoplador (gateway) entre una red de más alto nivel y la red AS-i. Existen otros acopladores para otras redes de campo, tales como: Profibus, Interbus, FIP, DeviceNet, entre otros.

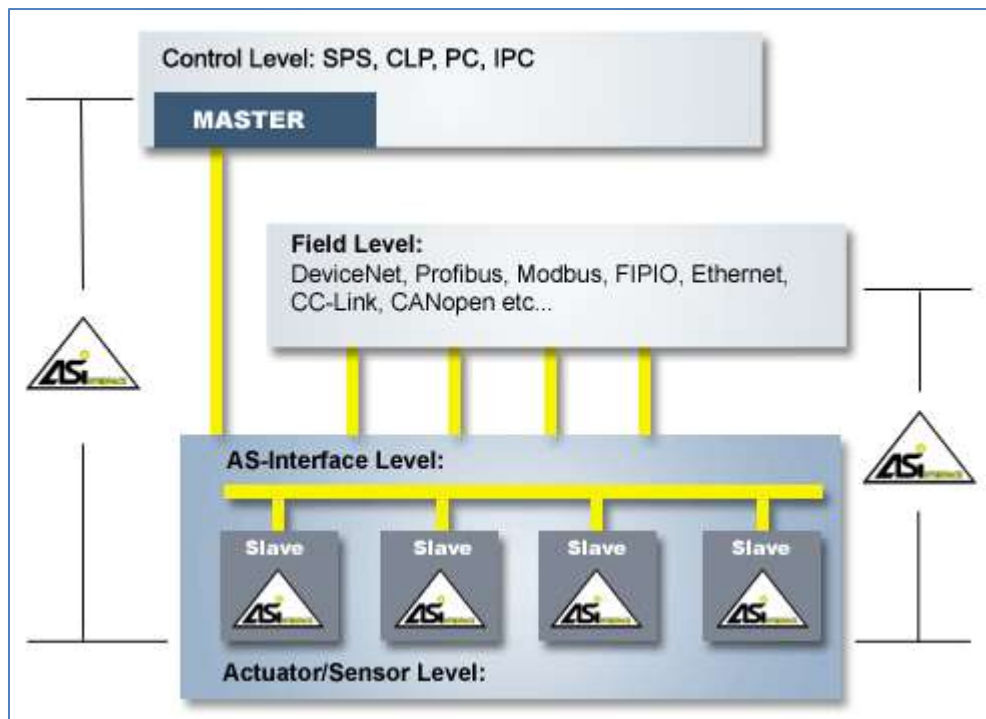


Ilustración 19 Interconexión con redes digitales

Fuente: AS-International Association (2008)

3.2.10 Profinet

PROFINET es la solución Ethernet industrial más avanzado del mundo para la conexión en red de los activos de producción (sensores, actuadores, sub-sistemas y unidades de producción) y equipos tales como PLCs, DCS y los sistemas de TI en toda la empresa. Está estandarizado en la norma IEC 61158 e IEC 61784, sus productos están certificados por la organización de usuarios de PNO, que garantiza la compatibilidad en todo el mundo.

PROFINET se basa en Ethernet y utiliza el protocolo TCP / IP y estándares de TI y complementa con los protocolos y mecanismos específicos que permiten la integración de los sistemas de bus de campo existentes, como PROFIBUS, DeviceNet, Interbus, sin cambios en los dispositivos existentes. Eso significa que las inversiones de los operadores de planta, máquinas y sistemas, constructores y fabricantes de dispositivos están protegidas.

PROFINET es totalmente compatible y aprovecha todo las características de oficina Ethernet. Sin embargo, hay diferencias en particular que la oficina de Ethernet no es capaz de la ejecución en tiempo real requerido de la automatización industrial. Oficina Ethernet es también mucho menos capaz de soportar ambientes industriales severos.

Ventajas de trabajar con PROFINET IO:

- Arquitecturas altamente escalables.
- El acceso a los dispositivos de campo en la red.
- Mantenimiento y servicio desde cualquier lugar (incluso a través de Internet).
- Costos más bajos para el monitoreo de datos de producción / calidad.

Debido al avance de Industrial Ethernet en la automatización, Profinet ha adquirido una gran importancia y presencia a lo que las comunicaciones industriales se refiere, permite acelerar los procesos, incrementar la productividad y conseguir una mayor disponibilidad de la instalación.

Aprovecha del estándar Ethernet para la automatización, que permite un intercambio de datos rápido y seguro a todos los niveles. Esto brinda la oportunidad de implementar conceptos innovadores de máquinas y plantas o instalaciones. Gracias a su flexibilidad y a su carácter abierto, ofrece al usuario un máximo de libertad para las tareas de ingeniería y la configuración de la

arquitectura de la planta. La eficiencia de Profinet permite aprovechar al máximo los recursos de los que dispone el usuario e incrementar notablemente la disponibilidad de las instalaciones.

Arquitectura Profinet

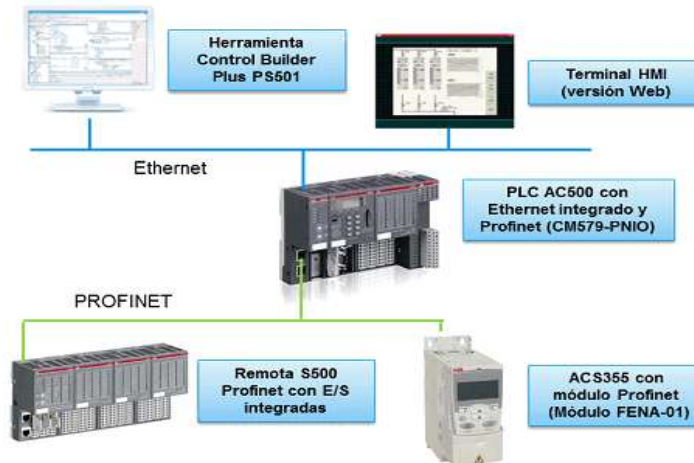


Ilustración 20 Arquitectura Profinet

La arquitectura PROFINET presentada en la ilustración anterior consiste en el control de una máquina donde se encuentra el material siguiente: PLC AC500 con Ethernet integrado y comunicaciones PROFINET.

Dentro de Profinet, Profinet CBA (Componentes Basado en Automatización), permite la realización de aplicaciones modulares y la comunicación entre máquinas como muestra la ilustración siguiente. Para su comunicación se requiere un cable PC Adapter MPI, Un software STEP 7, y un ordenador con tarjeta de red.

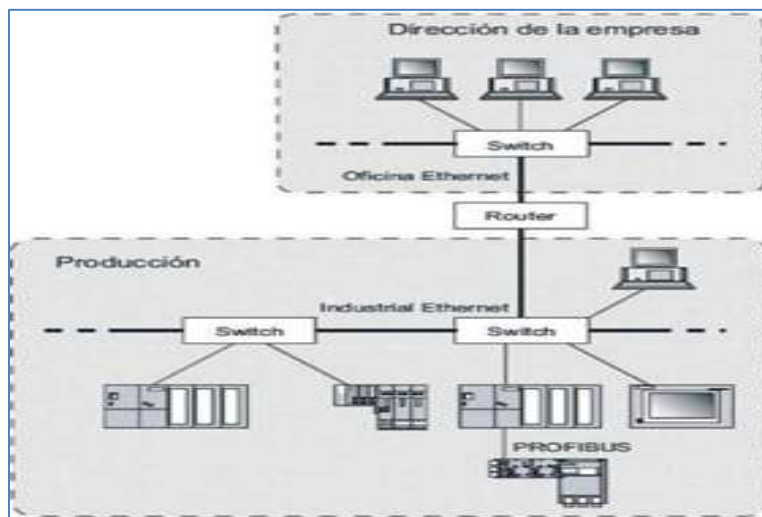


Ilustración 21 Profibus - Profibus CBA

CAPITULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE CONTROL DE MONITOREO

Introducción al Capítulo:

El presente capítulo expone los elementos y dispositivos seleccionados para la implementación de la maqueta control. Se describe sus principales características y su funcionalidad dentro del sistema de comunicación

4.1 Análisis del Sistema del Sistema de Comunicación

La necesidad de establecer un Sistema de control por internet o vía servicio de mensajería corta SMS y monitoreo requiere de la aplicación de las siguientes áreas:

a) Áreas de estudio

- **Redes de comunicaciones:** Su importancia radica en comprender la lógica de comunicación con tecnología GPRS con su servicio GSM. Así como los protocolos de comunicación que permiten el envío y recepción de datos en todo el sistema de comunicación propuesto.
- **Electrónica:** Área de estudio que permitirá realizar la implementación del sistema de monitoreo, se vinculará en la creación del circuito electrónicos, cuyo funcionamiento permitirá la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información
- **Programación Web:** Área que será de ayuda para la gestión del sitio web. La comprensión de código HTML (Lenguaje de marcas de Hipertexto) permitirá la gestión y personalización del sitio de monitoreo, para ofrecer salidas como reportes para la alta Gerencia.

b) Análisis del Sistema General

Para la solución propuesta en los objetivos de esta investigación, se consideran los siguientes aspectos:

- Proceso Sistema de control industrial
- Proceso de Comunicación GPRS
- Proceso de reportes vía SMS

El esquema de solución analizado se plantea en el siguiente esquema:

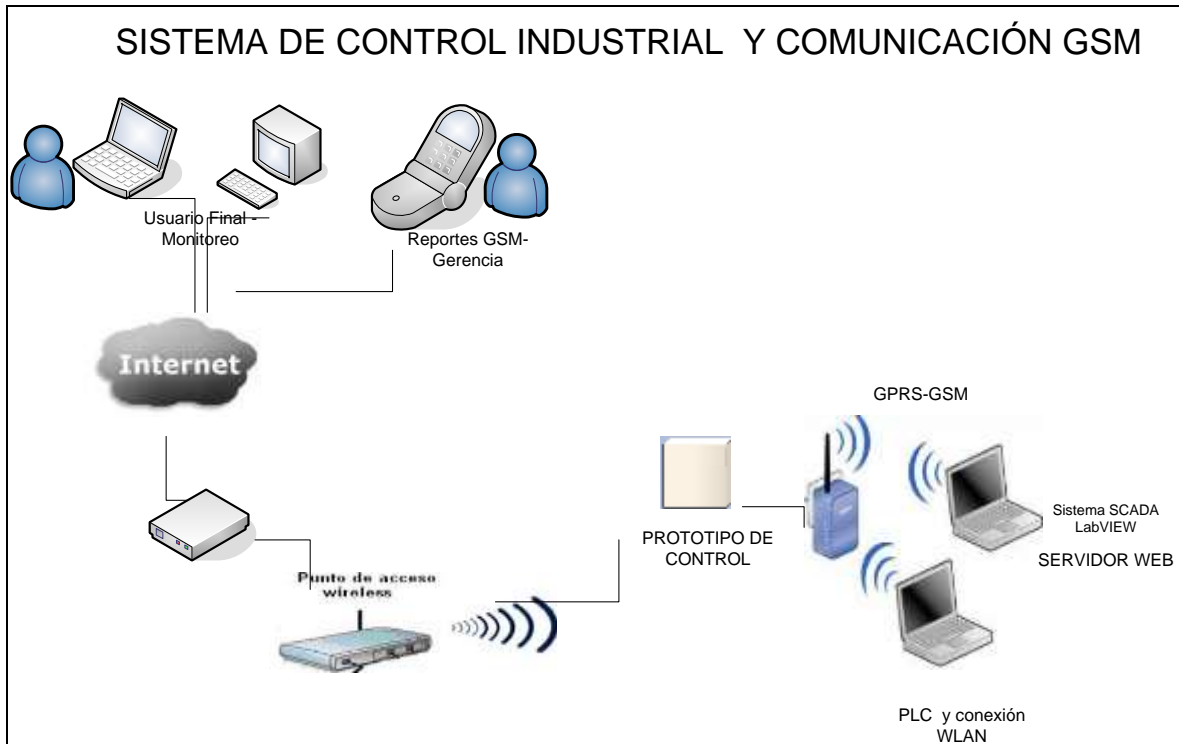


Ilustración 22 Sistema de control industrial y comunicación GSM

Fuente: Autor F.O

4.2.- Análisis del Sistema de Control Industrial

Esta etapa es el inicio para establecer claramente los elementos necesarios para dar cumplimiento a los requerimientos. Para dar paso a un buen diseño del sistema de control se analiza los elementos básicos a utilizarse:

a) Maqueta

La superficie en la cual reposaran los elementos del sistema de control pretende ser de fácil movilidad pero sobre todo que permita garantizar la inmovilidad y manipulación de todos los elementos que contempla el sistema. Para una buena manipulación y movilidad la maqueta oscilara entre de 80 X 70 cm.

b) Rieles

El uso de este elemento permitirá tener un desplazamiento adecuado de los objetos metálicos que serán usados para la simulación y detección por parte de los sensores. La elección del material adecuado del riel, será importante para un desplazamiento de dichos objetos.

c) Colocación de PLC

El control lógico programable es elemento indispensable para el sistema, la correcta elección como se verá más adelante, permitirá establecer las bondades de servicios que pueda facilitar el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

d) Sensores

Elemento capaz de detectar diferentes factores a través de un lente óptico. Este elemento me permitirá detectar el color de los objetos metálicos o no metálicos para transmitir sus señales analógicas por el PLC

e) Fuente de luz

Necesario para proporcionar pasó de corriente al sistema de control. Sera necesario de 110 v a 12 v para el prototipo

f) Breacker

Elemento para usado para cerrar o dar paso de energía al sistema de control

4.3.- Selección elementos para el prototipo de control

A continuación se analizan y se determinan los elementos adecuados y necesarios para dar funcionalidad de control al prototipo.

4.3.1 Componentes electrónicos

a) Análisis y Selección de PLC

Utilidad del PLC:

Los PLC (autómatas programables) se utilizan para controlar los procesos manejando señales que reciben de los distintos dispositivos que hay instalados, las procesan y mandan señales de control. En la actualidad cualquier planta automatizada dispone de uno o varios PLCs.

Niveles de Lenguaje que soporta el PLC

Los lenguajes de programación de sistemas basados en microprocesadores, como es el caso de los PLC, se clasifican en niveles, al microprocesador le corresponde el nivel más bajo, y al usuario el más alto.

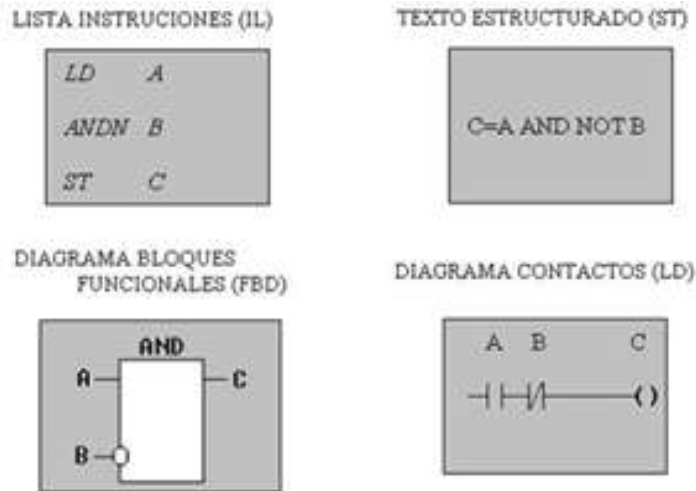


Ilustración 23 Niveles de Lenguaje de PLC

Los lenguajes de bajo nivel como máquina y ensamblador y de alto nivel basados en la construcción de sentencias orientadas a la estructura lógica de lo deseado.

La siguiente tabla muestra un análisis de lenguajes de uso común

Tabla 11 Análisis de los lenguajes en PLC

Tipos	Descripción	Nivel	Características	
			Acceso a los recursos	Preferencias de uso
Visuales	Utilizan símbolos de planos esquemáticos y diagrama de bloques	Alto	Restringido a los símbolos que proporciona el lenguaje	Profesionales en áreas de automatización industrial, mecánica y afines
Escritos	Usan sentencias similares a las de programación de computadores	Bajo	Total a los recursos de programación	Profesionales en el área de electrónica e informática

Simbología y elementos para programación en un PLC

Tabla 12 Simbología y elementos PLC

Lenguaje	Características	Ejemplos	Tipo	Nivel
Lista	Lista de instrucciones	IL AWL STL	Escrito	Bajo
Plano	Diagrama eléctrico	LADER LD KOP	Visual	Alto
Diagrama de bloque funcionales	Diagrama lógico	FBD FBS FUD		
Organigrama de bloques funcionales	Diagrama algorítmico	AS PERTI		
Otros	Lenguajes usados en otras áreas de computación	BASIS JAVA C	Escrito	Alto

Elementos principales:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.

Un contacto es un elemento eléctrico el cual su principal y única función es abrir y cerrar un circuito eléctrico ya sea para impedir el paso de la corriente o permitir el paso de la misma. Un contacto es un elemento de entrada. Así lo lee el PLC.

Representación:

Entradas. (I)
Abierto 1L
Cerrado 0L

- Bobinas.

Las bobinas se consideran como elementos internos del PLC pero estas también representan salidas. Cuando se representan internamente actúan como electroimanes donde su principal letra característica son: la M y la V. Cuando representan una salida estos se representan especialmente con la letra Q.

- Temporizadores (Timers).

El temporizador es un elemento que permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación.

SÍMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	
BOBINA	
TIMERS	
CONTADORES	

Ilustración 24 Simbología de Temporizador

- Contadores.

El contador es un elemento capaz de llevar el cómputo de las activaciones de sus entradas, por lo que resulta adecuado para memorizar sucesos que no tengan que ver con el tiempo pero que se necesiten realizar un determinado número de veces.

Selección de PLC

Para la selección del PLC se analizar 3 Tipos, de los cuales pueda elegir que me permita dar cumplimiento de manera fácil y eficiente a los objetivos propuestos

PLC1: SLS-500-CAN-R v6.23

Este PLC es de uso común con funcionalidades básicas, incorporan un procesador para programas sencillos y dispositivos de entrada/salida, entre las funcionalidades importantes incorporan:

- Módulos multiprocesadores.
- Entradas y salidas digitales de contacto seco, de relé o TTL.
- Entradas y salidas analógicas para corriente o voltaje.

- Puertas de comunicación serial o de red.



Ilustración 25 PLC SLS-500-CAN-R v6.23

Fuente: EASY xLogig Micro PLC

PLC2: EASY EXM-12DC-DA-RT-GWFI

Es un PLC de X-Logic construido para dar servicio de conectividad WiFi. El PLC puede conectarse a cualquier red inalámbrica dentro del área de cobertura, es capaz de monitorear sistemas y realizar cambios que necesita el programa.



Ilustración 26 PLC EXM-12DC-DA-RT-GWFI

Fuente: EASY xLogig Micro PLC

PLC3: EXM-12DC-DA-RT-WIFI

Este tipo de PLC es similar al PLC2 citado anteriormente, pero con menos funcionalidades como se mostrara en la tabla de análisis para la elección del PLC



Ilustración 27 PLC EXM-12DC-DA-RT-WIFI

Fuente: EASY xLogig Micro PLC

Tabla 13 Análisis para elección de PLC

Características	PLC1 SLS-500-CAN-R v6.23	PLC2 EASI EXM-12DC- DA-RT-GWFI	PLC3 EXM-12DC-DA- RT-WIFI PLC
Fabricante	HIQUEL	EZSY	FÁCIL
Entradas	4 X analógicos, 4 X digital	4 Analógicas 8 digitales	4 Analógicas 4 digitales
Salidas		2 Relay +2Transistor(PNP)	
Tamaño	67.5x 85 x 75mm	95 mm	95mm
Protocolos	MODBUS	Modbus RTU/ASCII/TCP	Modbus RTU/ASCII/TCP
Tención de alimentación	24 Vcc	4(DC 0...10V)	4(DC 0...10V)
Memoria	48 kB		
SMS	NO	SI	NO
GPRS	NO	SI	NO
WIFI MODEM	NO	SI	SI
Ethernet Interface	SI	SI	SI
Modo de comunicación y programación	Interfaz de programación por monitor RS232	1RS232,1 Expansion port/RS485, 1Ethernet/Wi-F Vía Android amart pone para monitoreo vía wifi	1RS232,1 Expansion port/RS485, 1Ethernet/Wi-F

Análisis y Conclusión

Se ha elegido tres PLCs para este análisis, de lo cual se concluye que el PLC1 tiene características básicas de funcionamiento, el mismo que analizadas sus características de comunicación, no cumple con lo necesario para comunicaciones GPRS. El PLC 2 y PLC 3 según la tabla tiene características similares en cuanto a entradas de entrada/salida, protocolos de comunicación entre otras cosas, sin embargo el PLC prevalece por el soporte de comunicación GRPS, SMS ante PLC3. Por lo cual para este proyecto de investigación se hará uso del PLC2 EASI EXM-12DC-DA-RT-GWFI.

Anatomía del PLC elegido

La siguiente figura muestra las funcionalidades del PLC elegido, el cual nos permitirá hacer uso en la etapa de diseño e implementación del prototipo.

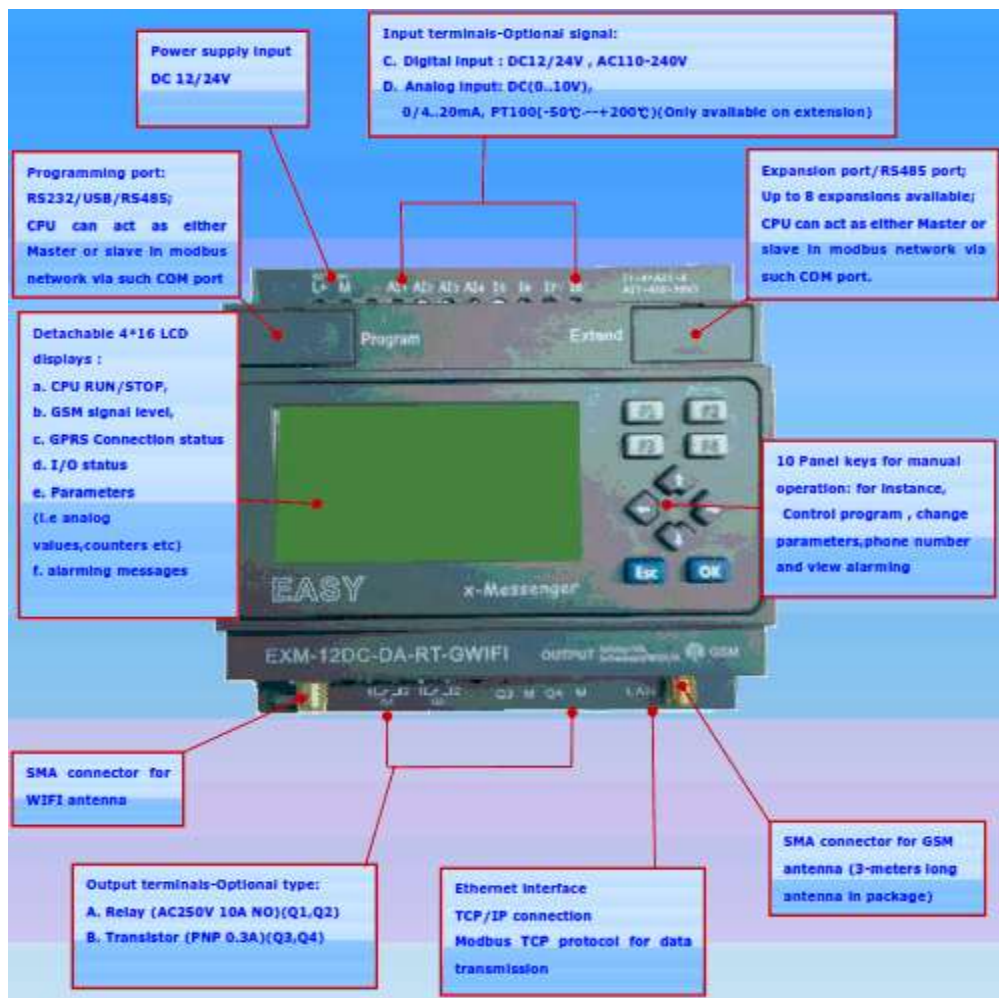


Ilustración 28: Anatomía de PLC2 EASI EXM-12DC-DA-RT-GWFI

b) Análisis y Selección Sensores

Más que un análisis, para la elección de los sensores se identificó que tipos de objetos se pretende detectar en el prototipo, para lo cual se estableció la utilización de piezas metálicas de diferente color.

De este modo se requieren la elección de 3 sensores

- Un sensor Óptico detector de presencia
- Un sensor Óptico detector de color
- Un sensor Inductivo detector de Metal

Utilidad general del Sensor Óptico:

Tanto en el emisor como en el receptor poseen pequeñas lentes ópticas que permiten concentrar el haz de luz y se encuentran en un mismo encapsulado. Generalmente trabajan por reflexión de la luz, es decir, el emisor emite luz y si esta luz es reflejada por un objeto, el receptor lo detecta. Los sensores ópticos son de los más sensibles que existen y en este tipo de sensores las señales que se transmiten son luminosas

Sensores Ópticos elegidos

En el prototipo se incluirán 2 sensores ópticos, el primero destinado para la detección de presencia de objetos como muestra la ilustración siguiente y el segundo destinado para la detección de color.



Ilustración 29 Sensor Óptico PESL-R18POC 3MD

Su uso será indispensable en emitir señales al detectar la presencia de objetos, es un tipo de sensor reflectivo. Su funcionamiento estará en la emisión de un haz de

luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Tiene muchas aplicaciones en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados.

Partes del sensor:

- Fuente
- Receptor
- Lentes
- Circuito de salida

El segundo sensor tiene la característica de ser un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. El sensor es capaz de la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.



Ilustración 30 Sensor Óptico detectar de Luz

El sensor producirá una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Para este efecto, el sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

Utilidad general del Sensor Inductivo:

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Sensor Inductivo elegido



Ilustración 31 Sensor Inductivo IPS 8PO2B

Características generales

- Sensor inductivo, forma cilíndrica, diámetro 8mm
- Rango de 4mm.
- blindados
- DC, Led Rojo.
- 3 Cables
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito

La utilidad de este sensor en el prototipo se dará cuando un objeto metálico entre a un área establecida, circulara corriente dentro del objeto para provocar la detección, como se muestra a continuación

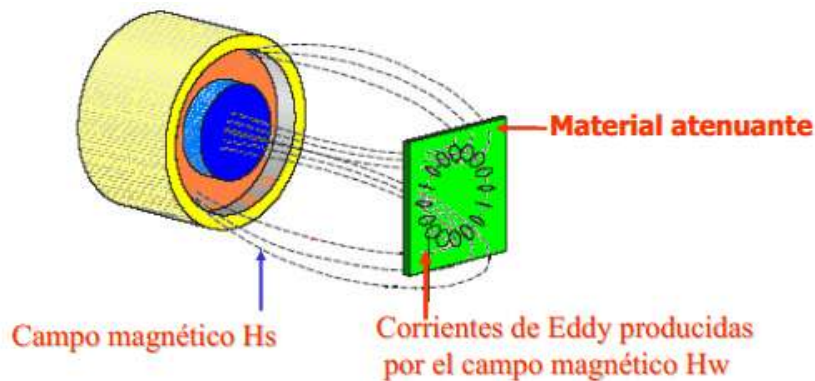


Ilustración 32 Campo Magnético del sensor inductivo

El principio de operación se dará al monitorear la amplitud del oscilador y a un nivel predeterminado, conforme el objetivo se aleje del sensor, la amplitud del oscilador aumenta. A un nivel predeterminado el circuito de disparo conmuta el estado de la salida del sensor de nuevo a su condición normal

c) Selección Fuente de Energía

Al ser un prototipo, no se requiere de fuente de alimentación de altos voltajes, por lo cual se ha seleccionado una fuente de 110 a 12 voltios DC.



Ilustración 33 Fuente de Corriente

La utilidad de la fuente será en la alimentación de energía a todo el sistema de control y comunicación propuesto, y como medida de protección al sistema se incluirá un breaker para controlar el paso o cierre de corriente

4.3.2 Componentes de red

El análisis de los elementos necesarios para establecer comunicación para que la información proveniente del PLC llegue hasta el usuario final, se analizó en base a alternativas de proporcionar comunicación alámbrica o inalámbrica. Por lo cual se decidió realizar conectividad de forma inalámbrica aun sabiendo que aumentaría los costos de prototipo, pero tendría la ventaja de una conexión directa al internet.

a) Modem Para Internet Movil Huawei E173

Para la elección se disponían de las 3 operadoras conocidas como Claro, Movistar y CNT, eligiéndose esta última como dispositivo a utilizarse para el prototipo. El motivo de su elección repercute sobre su bajo costo en contraposición a las otras dos operadoras y su cobertura que es la misma.



Ilustración 34 MODEM Movil Huawei E173

Este módem USB 3G es para conexión a Internet móvil mediante acceso a redes HSUPA, HSDPA, UMTS 2100Mhz y soporta una velocidad de bajada de hasta 7,2 Mbps y subida de 5,76 Mbps. Además no requiere de software, es autoinstalable y es compatible con sistemas operativos Windows y Mac.

Especificaciones Generales

- Plug & Play
- 7,2 Mbit/s descarga (HSDPA)
- 5,76 Mbit/s subida (HSUPA)
- HSUPA/HSDPA/UMTS 2100MHz
- EDGE/GPRS/GSM 1900/1800/900/850MHz
- Soporta Datos y SMS services

b) Router Inalámbrico

Para la conectividad inalámbrica se eligió un único dispositivo con capacidad de soportar los 2 ambientes de conectividad siguientes:

Servicio de enrutador para que permita la interconexión entre redes y por consiguiente la conexión a internet. Y soporte de punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Inalámbrica Access Point) para interconectar dispositivos de comunicación inalámbrica como el PLC para formar una red inalámbrica.

Por lo tanto el ROUTER CONCURRENT DUAL BAND INALÁMBRICA GIGABIT ROUTER se utiliza para conectividad a la nube y la funcionalidad de Access point para obtener la red inalámbrica



Ilustración 35 Router Access Point

4.3.3 Componentes complementarios

- MODEM HUAWEY : para conectividad a internet
- CHIP para comunicación SMS en PLC

4.4 Diseño del prototipo de control

El diseño del prototipo se lo realizo de forma manual, para esto se consideraron los elementos indispensables que deberán ir sobre la plataforma metálica. El tamaño y peso fueron factores importantes a consideran, de forma que permitan fácil movilidad o transportación e inmovilidad de los diferentes elementos de comunicación y control.

4.4.1 Diseño del Prototipo de Control

Se consideraron incorporar elementos como fuente de corriente, Breacker, sensores y todo el cableado necesario, en soportes que faciliten el trabajo como se muestra en la siguiente figura.

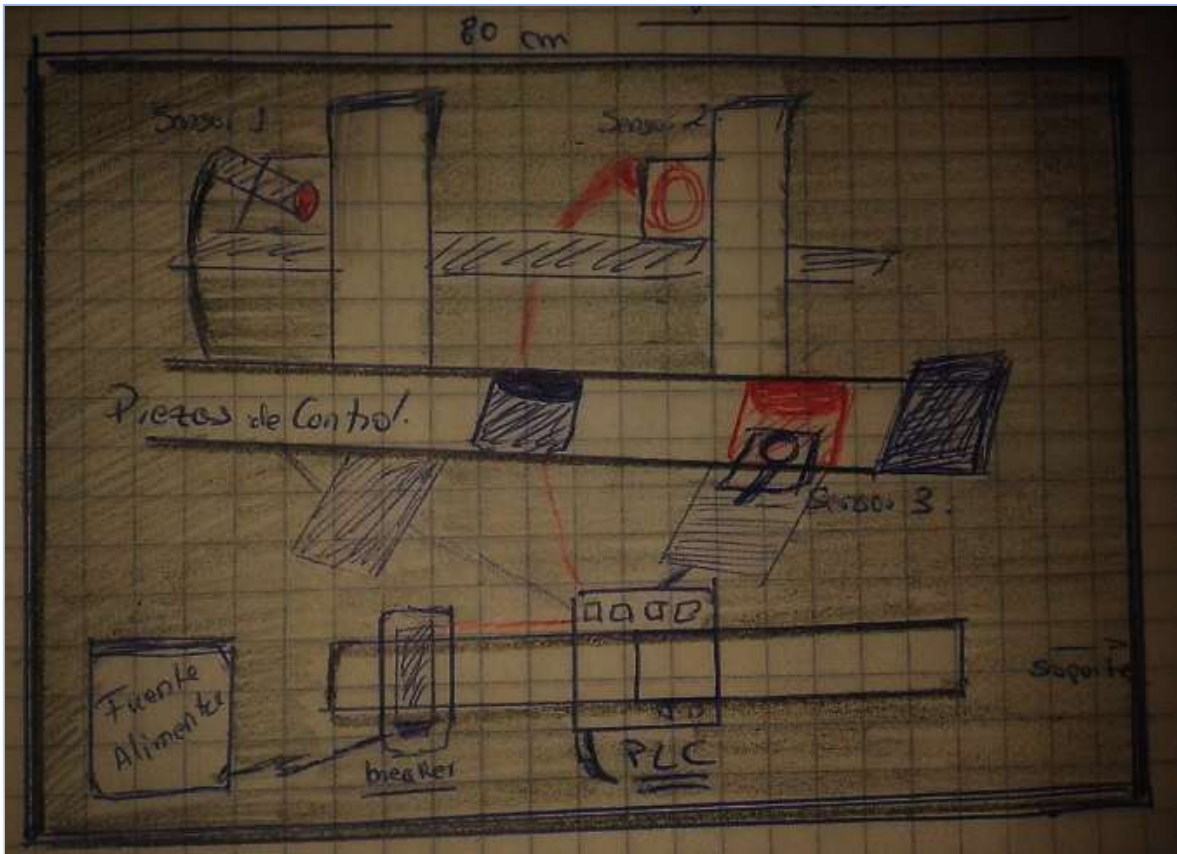


Ilustración 36 Diseño de Prototipo de Control y Comunicación

Fuente: Auto FO

Elementos principales a considerar en el diseño

<p>Sensores</p>	
<p>PLC inalámbrico</p>	

Fuente			
Breaker			

4.5 Implementación de la Maqueta de prototipo de Control

Partiendo del diseño inicial, se procedió al montaje y conectividades de los diferentes elementos en la maqueta de prototipo.

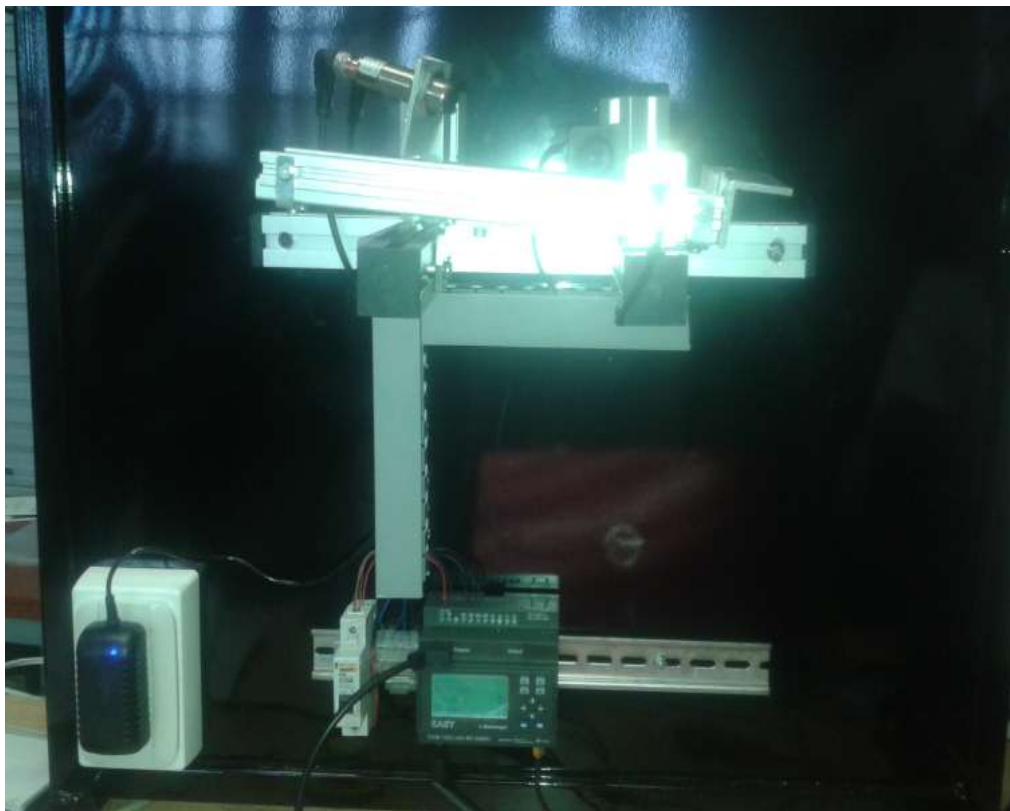


Ilustración 37 Ensamblaje del Prototipo de Comunicación

Como se muestra en la figura anterior, los diferentes elementos de control y comunicación fueron montados de forma que la conectividad sea fija y faciliten realizar el monitoreo de las piezas metálicas que pasaran por los rieles y posteriormente sean detectados por los sensores del prototipo. En el siguiente capítulo se explicara la forma de comunicación y envío de señales.

CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

Introducción al Capítulo:

El presente capítulo permitirá conocer los elementos claves de configuración en la comunicación GPRS-GMS, la configuración de protocolo Modbus, identificar el proceso de comunicación a través de la red GSM, establecer la comunicación entre PLC y el sistema SCADA y la configuración del sitio web.

5. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR LA RED GPRS y PLC

5.1 Diseño del sistema de comunicación

El diseño de comunicación comprende de:

a) Nomenclatura

Sensores:

S01 (Sensor Óptico 1, para detección de presencia),

S02 (Sensor Óptico 2, para detección de color),

S03 (Sensor Inductivo, para detección Metal).

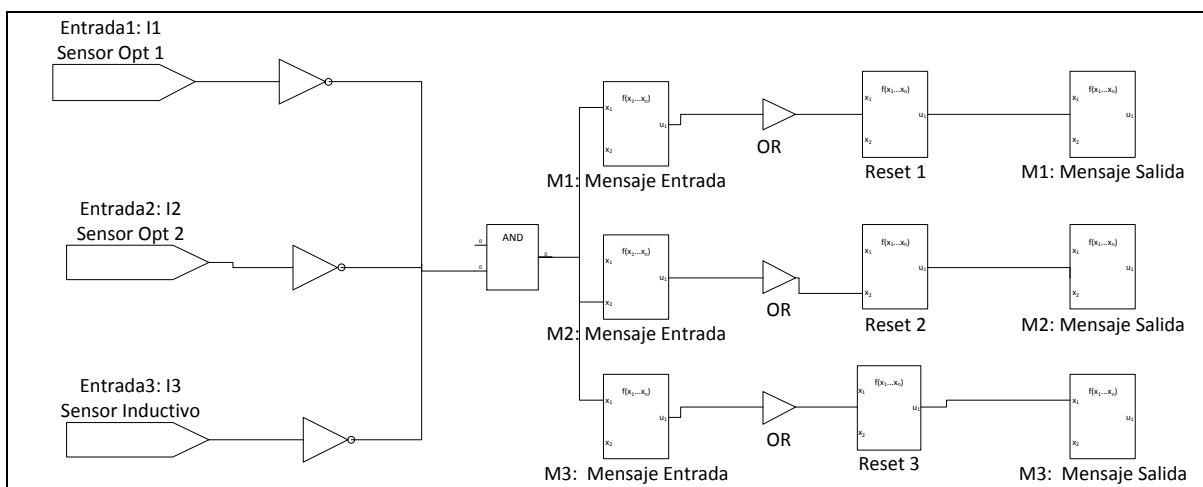
Entradas Analógicas: AI1, AI2, AI3

Memoria: M

b) Diseño de la Secuencia Lógica de activación

Sensor óptico 1 Piezas Negras	Sensor óptico 2 Piezas de Color Rojo	Sensor Inductivo
Sopt1	Sopt1	Sopt1
(Sopt2)'	Sopt2	Sopt2
(Sind)'	(Sind)'	Sind
Salidas		
<ul style="list-style-type: none"> Plástica Negra 	<ul style="list-style-type: none"> Plástica Color 	<ul style="list-style-type: none"> Metálica Color

c) Diseño inicial del diagrama de Comunicación



5.2 Transferencia de datos por la red GPRS-GSM

El prototipo del presente sistema de comunicación permitirá experimentar el envío de datos por la red GPRS, usando mensajes cortos que permitan conocer a la gerencia el estado de reportes instantáneos de producción en sus empresas. El PLC seleccionado incorpora tecnología GPRS cuyo funcionamiento se conoce a continuación.

Sistema GSM

Es un sistema digital de comunicaciones que más se usa hoy en día para transmitir voz y datos en donde se digitaliza y comprime la información y realiza la transmisión asignándole a cada llamada una ranura de tiempo, lo que permite que múltiples llamadas compartan un mismo canal simultáneamente sin interferir con las demás. Este sistema opera en las bandas 900MHZ y 1800MHZ en Europa, África y Asia y en las bandas 850MHZ y 1900MHZ en Estados Unidos. La banda 850MHZ también se utiliza para GSM y 3GSM en Canadá, Australia y en varios países de Latinoamérica

Dos de las grandes ventajas del GSM es que permite la transmisión de datos a velocidades de hasta de 9.6 kb/s facilitando el servicio de mensajes cortos (SMS por sus siglas en Inglés). Otra de sus grandes ventajas es el roaming internacional, que permite el uso de un celular en cualquier país del mundo donde exista la tecnología GSM.

Tecnología GPRS

El Instituto de telecomunicaciones de estándares Europeo (ETSI) desarrollo la tecnología GPRS una comunicación basada en paquetes de datos, en donde se pueden enviar información (datos) a través de la red GSM, de forma rápida y atractiva. GPRS está diseñado para hacer uso de internet en el celular y sus servicios derivados como escribir y recibir mails, transferencias de ficheros por FTP y llamadas VOIP de una manera veloz y eficiente.

5.3 Uso y utilidades de comandos AT

El proceso interno de comunicación de datos contempla factores de comunicación que se los resumen en la siguiente tabla

Los comandos AT que permitirán conectividad vía hyperterminal (Windows) o minicom (Linux) al modem poseen el siguiente código:

Tabla 14 Comandos AT

COMANDOS AT		
	COMANDOS	Acción
GSM	AT+CMGF=1 AT+CMGS="número de teléfono" El modem debería responder ">" Ahora introduces el texto a enviar + CONTROL-Z	
	AT+CMGR=número de mensaje	Leer SMS
	AT+CMGD=número de mensaje	Borrar SMS
GSM	AT+CGMI	Identificación del fabricante
	AT+CGSN	Obtiene número de serie (IMEI)
	AT+CIMI	Obtener el IMSI.
	AT+CPAS:	Leer estado del modem
	AT+CGMM	Identificación del modelo del teléfono
	AT+CBC	Leer estado de carga de la batería
Servicios de Red	AT+CSQ	Obtener calidad de la señal +CSQ: <rssi>,<ber>
	AT+COPS:	Selección de un operador
	AT+CREG	Registrarse en una red
	AT+WOPN:	Leer nombre del operador
Comandos de Seguridad	AT+CPBR	Leer todas las entradas
	AT+CPBF	Encontrar una entrada
	AT+CPBW	Almacenar una entrada

	AT+CPBS	Buscar una entrada
SMS	AT+CPMS	Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS
	AT+CMGF:	Seleccionar formato de los mensajes SMS (0= PDU; 1= Texto)
	AT+CMGR	Leer un mensaje SMS almacenado
	AT+CMGL	Listar los mensajes almacenados
	AT+CMGS	Enviar mensaje SMS
	AT+CMGW:	Almacenar mensaje en memoria
	AT+CMSS:	Enviar mensaje almacenado
	AT+CSCA	Establecer el Centro de mensajes a usar
	AT+ WMSC	Modificar el estado de un mensaje

Análisis de comandos AT

El conjunto de comandos Hayes es un lenguaje desarrollado por la compañía Hayes Communications, es un estándar abierto de comandos para configurar y parametrizar módems. Los caracteres "AT", que preceden a todos los comandos, significan "Atención", e hicieron que se conociera también a este conjunto de comandos como comandos AT. Midiendo la longitud de los bits se puede determinar en detalle la velocidad de transmisión.

La mayoría de los módems se controlan y responden a caracteres enviados a través del puerto serie. Estos comandos u órdenes hacen posible que el software

de comunicación pueda comunicarse con el módem. El lenguaje más extendido de comandos para módems es el de los comandos Hayes o AT.

Los comandos Hayes se dividen en dos grandes tipos:

- a) De ejecución de acciones inmediatas: ATD marcación, ATA contestación, ATH desconexión
- b) De configuración de algún parámetro del módem: ATV define cómo responde el módem tras la ejecución de un parámetro, ATE selecciona el eco local

A medida que se fueron requiriendo más funciones en los módems se fueron agregando nuevos comandos AT. A estos comandos se los llama extendidos y tienen la forma AT&X donde “&” indica que el comando X es extendido. Así mismo cada fabricante introdujo otros comandos que no fueron estándares y cumplían funciones específicas para sus dispositivos. Por lo tanto no todos los módems responden a estos comandos

5.4 Conexión y Acceso Wifi del PLC

Lo primero en la conexión del PLC es establecer la velocidad 9600 bps, hacemos clic en connect. Como se muestra a continuación

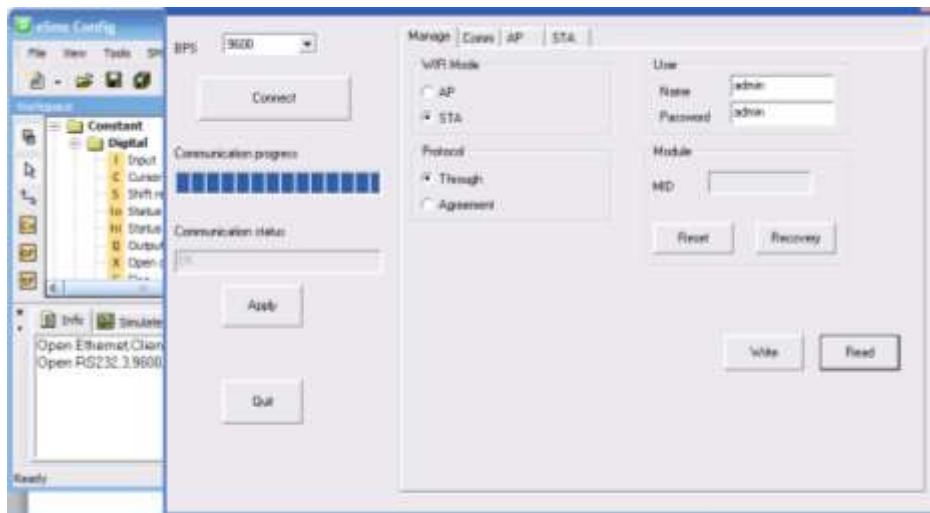


Ilustración 38 Configuración de velocidad de comunicación

Para conectar a wifi, el puerto 502 es exclusivo para Modbus y la dirección IP asignada al PLC es 192.168.0.25

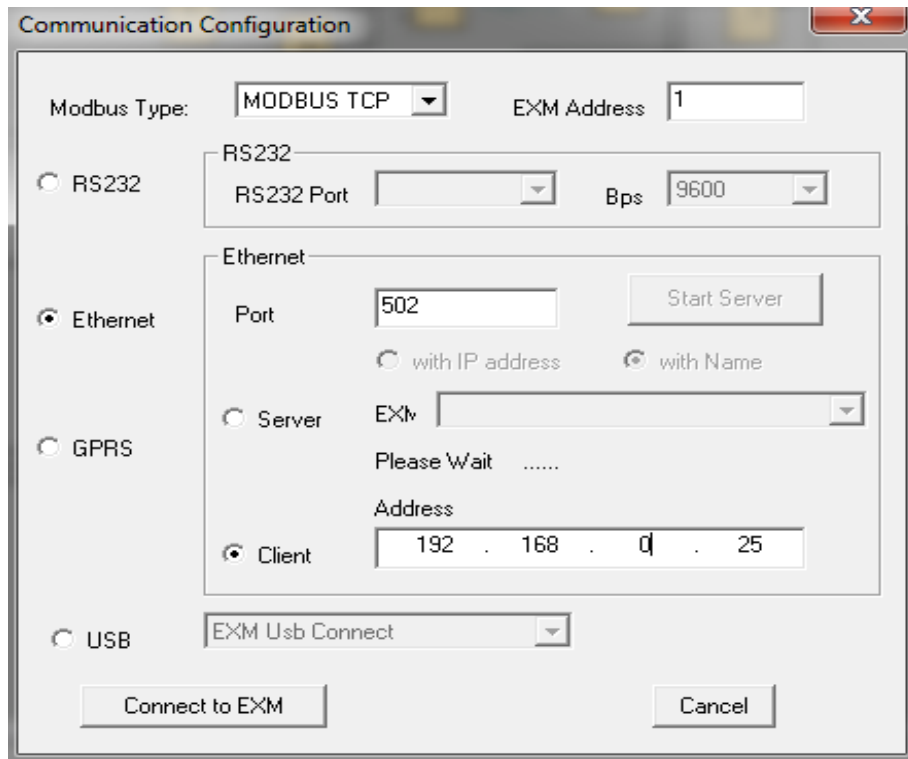


Ilustración 39 Configuración de MODBUS TCP

Para esta configuración se utiliza COMM y STA



Ilustración 40 COMM y STA

En la opción Manage se selecciona STA: Modo de conexión Wifi



Ilustración 41 Modo de configuración Wifi

En COMM, colocamos la velocidad de transmisión de datos 9600 Baudios (bps), en mode “servidor”, en protocol “tcp” y en port “502”.

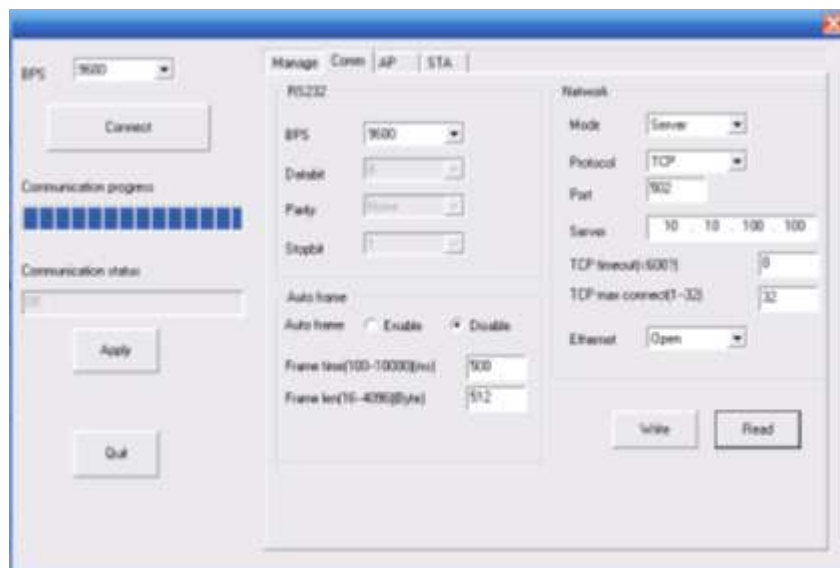


Ilustración 42 Configuración COMM

En la opción STA configuramos:

- name: EASY PLC,
- ENCRYPT MODE: WPAPSK

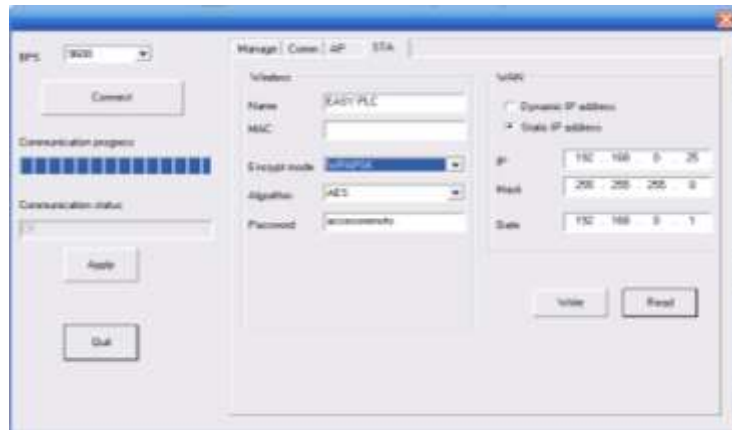


Ilustración 43 Configuración STA

Con esta configuración el PLC está listo para programarse y comunicarse.

5.5 Programación y Acceso a servicios de comunicación GPRS/GSM en PLC

a) Diagrama de Bloque de comunicación General

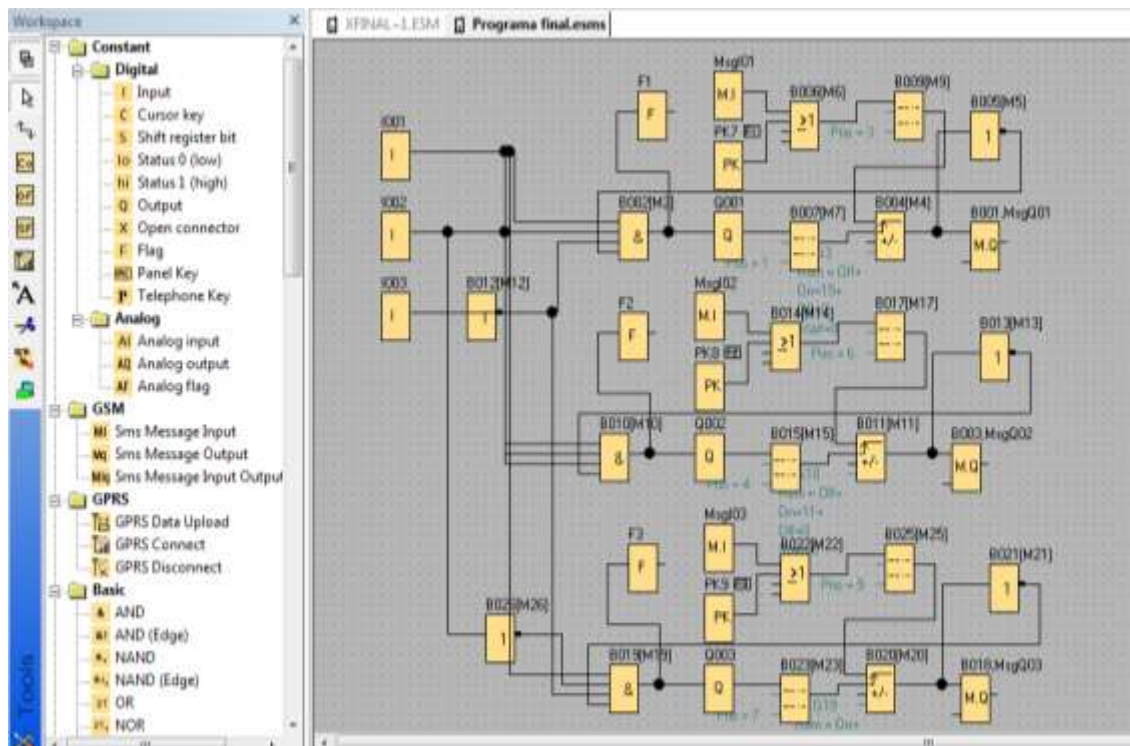


Ilustración 44 Diagrama de Comunicación General

b) Configuración

A continuación se detallan las configuraciones relevantes:

Entradas:

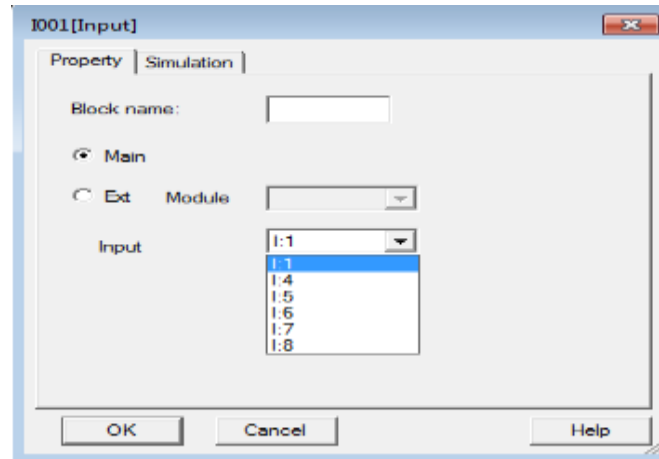


Ilustración 45 Entradas

c) Mensajes de Salida SMS

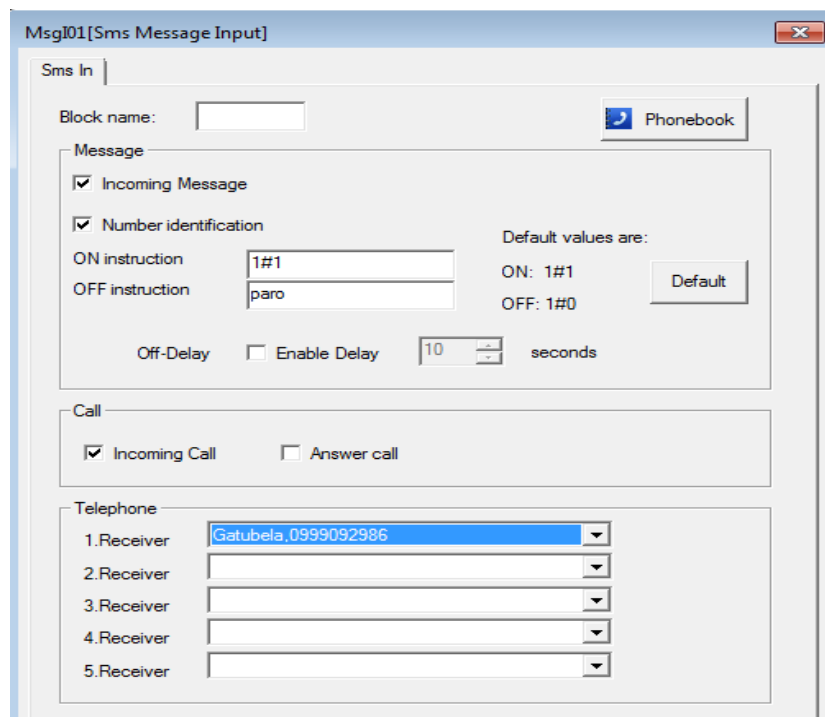


Ilustración 46 Mensajes de Salida

d) Reseteo de piezas

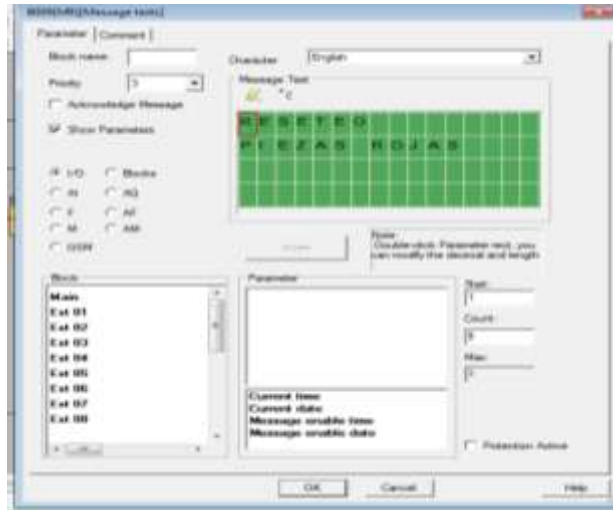


Ilustración 47 Reseteo Piezas Rojas

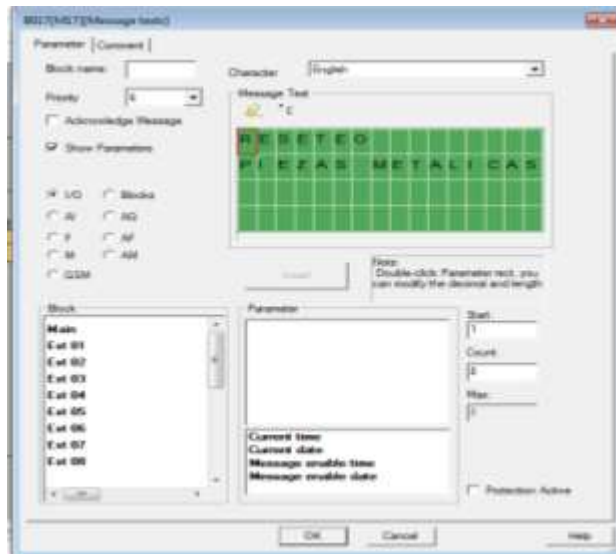


Ilustración 48 Reseteo Piezas Metálicas

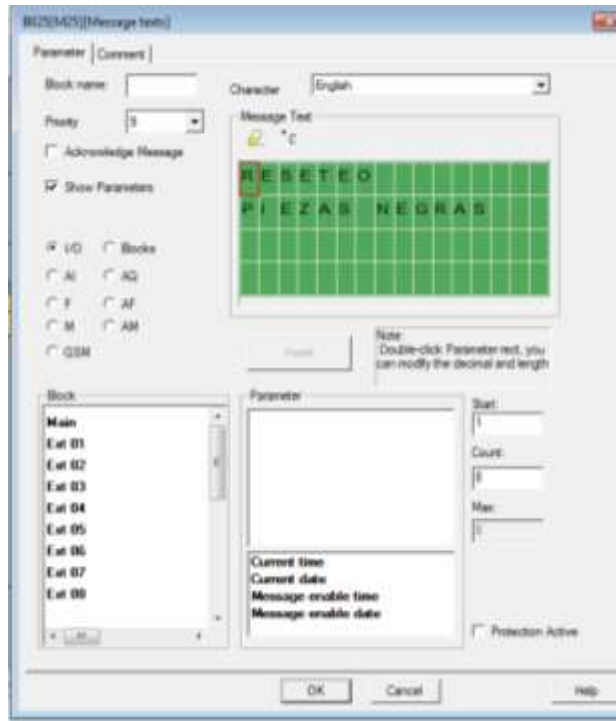


Ilustración 49 Reseteo piezas negras

5.6 Selección de entornos de desarrollo e implementación

- El entorno de desarrollo e implementación contempla la utilidad de las siguientes : Labview 2012: Para Sistema SCADA y Servidor Web
- eSms Config: Para configuración de entradas, salidas analógicas y/o digitales del PLC, permite configuración GPRS-GSM
- Macromedia Dreamweaver: Para configuración de página web

5.7 Implementación del sitio web para control y Monitoreo de Datos

5.7.1 Sistema SCADA y LabView

A continuación se presenta el proceso de comunicación entre en PLC (Control Lógico Programable) Y El Sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). El proceso detalla la creación y configuración de protocolo MODBUS (modicom bus).

Primero debemos establecer el servidor Modbus mediante un nuevo I/O Server como se muestra a continuación



Ilustración 50 Modbus Mediante IO/ Server

Seleccionamos el protocolo a utilizar, en este caso Modbus

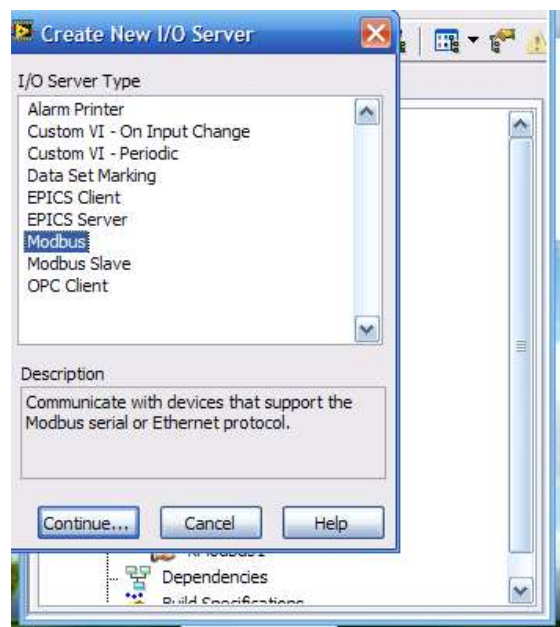


Ilustración 51 Selección de protocolo MODBUS

Configuramos en este caso el Modbus Ethernet, dándole dirección 1, por defecto, y la dirección IP.

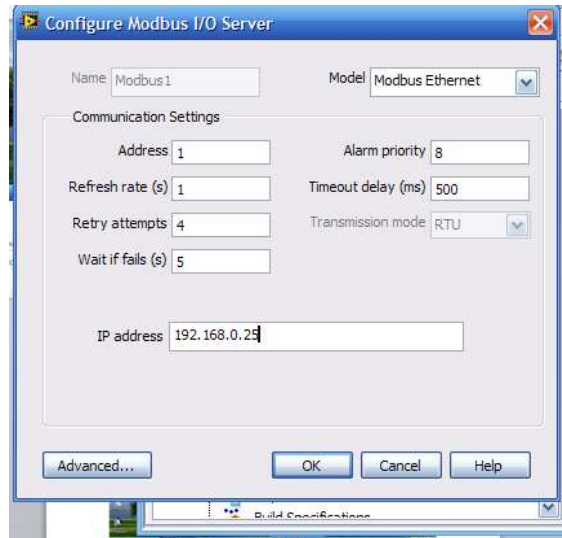


Ilustración 52 Configuración Modbus Ethernet

Establecemos las variables compartidas, entre el PLC y el SCADA, mediante Modbus

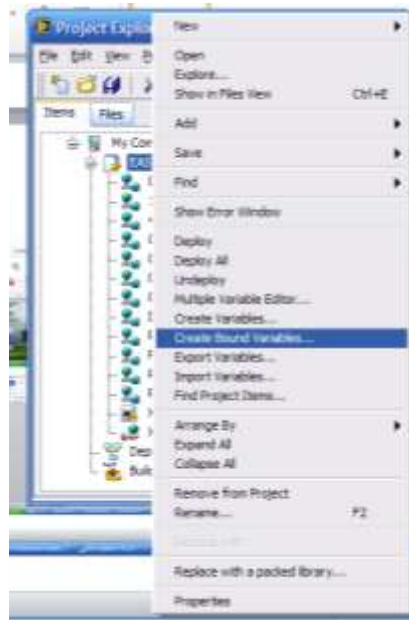


Ilustración 53 Variables compartidas entre PLC y SCADA

Escogemos las direcciones a utilizar para la comunicación como se muestra

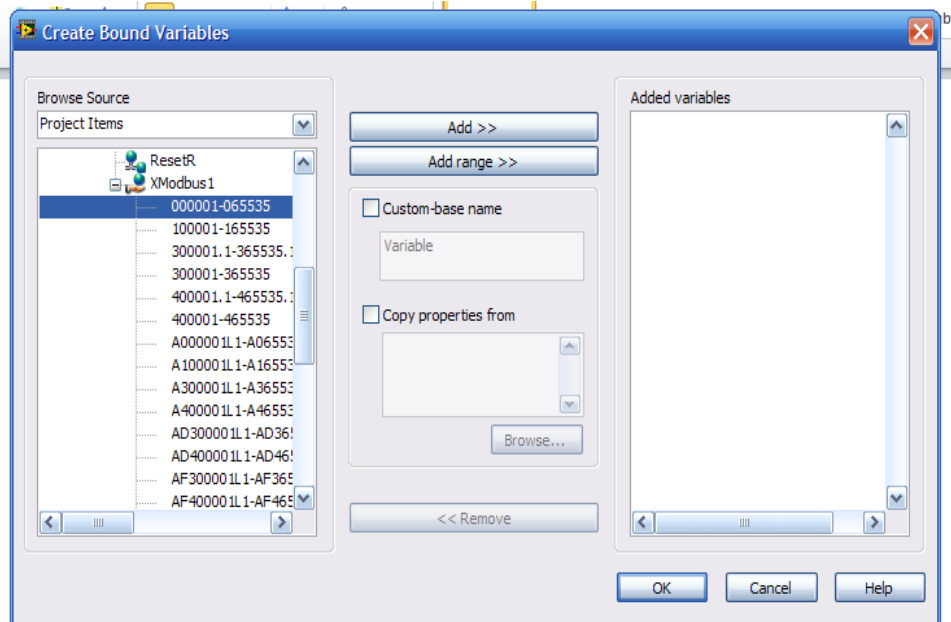


Ilustración 54 Configuración de Direcciones de Comunicación

Añadimos el rango de las entradas y salidas como por ejemplo: 000001, 000002, 000003, etc.



Ilustración 55 Configuración de entradas y salidas

Renombramos las variables y direcciones de Modbus para mejor entendimiento, es decir, le damos un alias

Entradas:

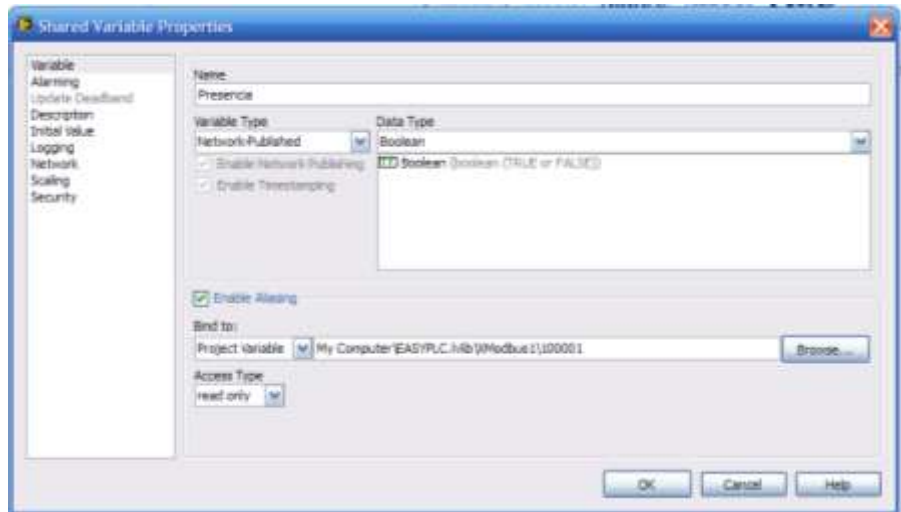


Ilustración 56 Configuración de alias

Registros analógicos, en este caso para el valor de los contadores que nos darán la cuenta de las piezas detectadas

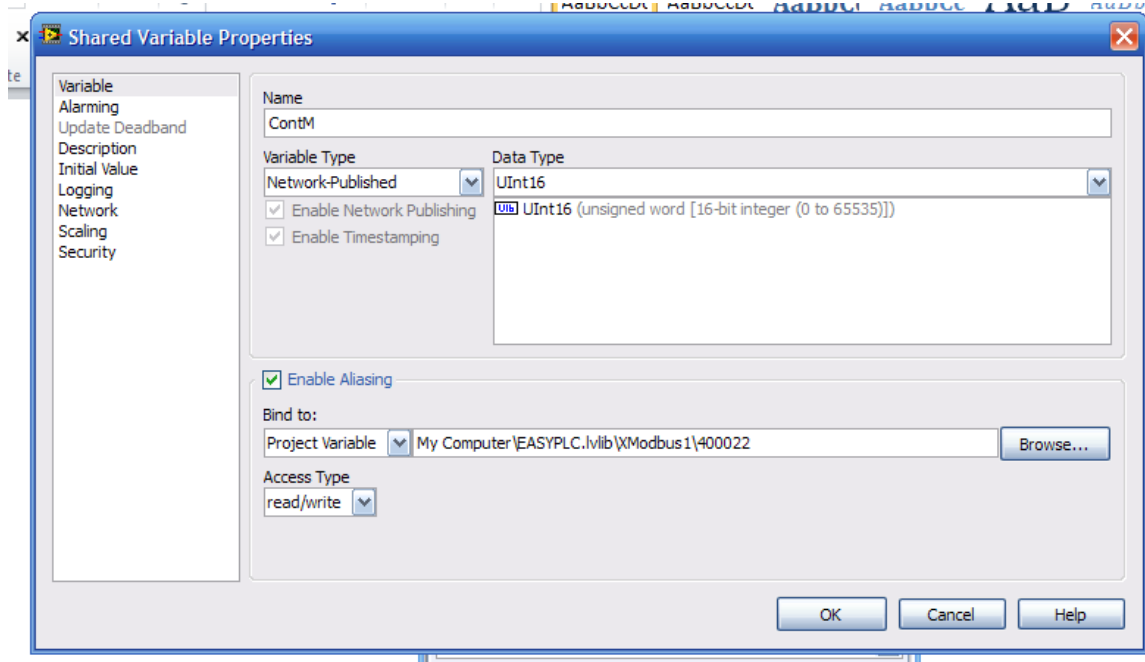


Ilustración 57 Configuración de Contador de piezas

Salidas: Nos indicaran cuando se detectó la pieza

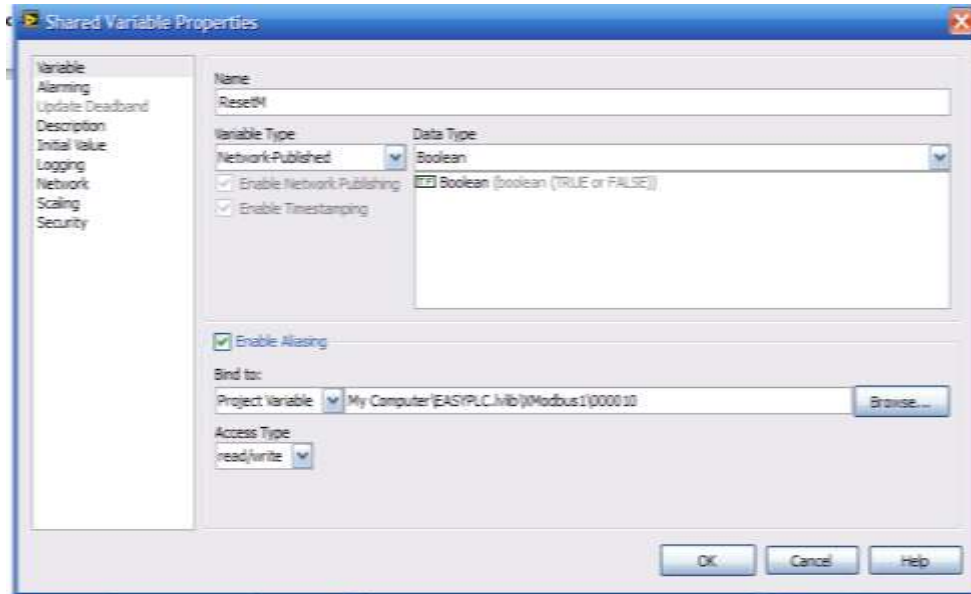


Ilustración 58 Configuración de Salidas

Finalmente creamos un nuevo VI (Virtual Instrument), es decir nuestro panel frontal para interactuar con el usuario.

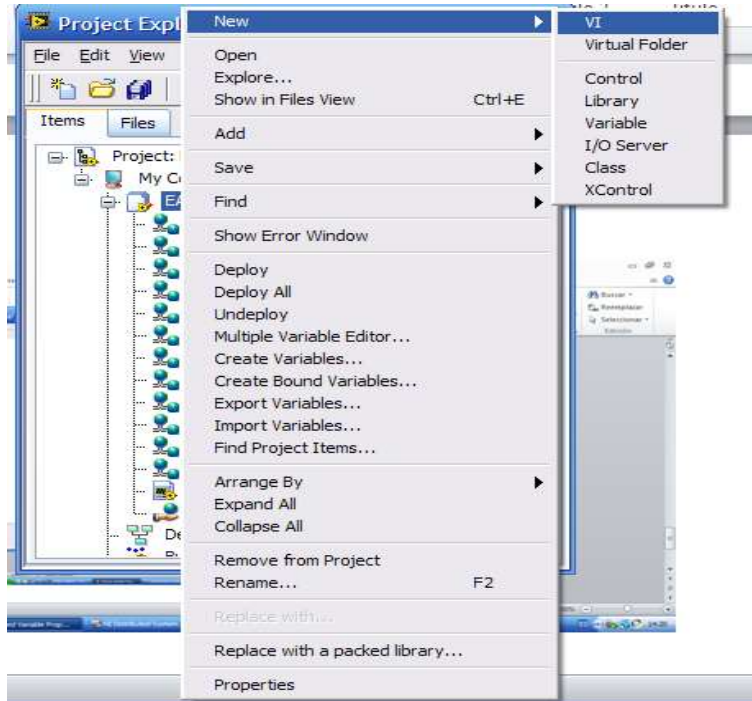


Ilustración 59 Creación del Panel Frontal (VI)

Una vez realizados estos pasos el OPC (ole for process control) está listo para usarse. Cada salida del PLC corresponderá a una señal del OPC, modbus para ser visualizado. Y cada pulsador del panel frontal, corresponderá a una entrada en el PLC.

5.7.2 Configuración del Servidor web en Labview

Siendo el punto clave de este prototipo el poder visualizar a la alta gerencia reportes del monitoreo de los procesos industriales y la posibilidad de ejecutar acciones como el reseteo de procesos vía internet, es necesario la configuración del sitio web y la personalización de documentos HTML que se visualizara.

La implementación del sitio web en LabView, se puede evidenciar en (Anexo 1)

5.8 PRUEBAS Y RESULTADOS

5.8.1 Pruebas de conectividad del prototipo de control

Las pruebas realizadas en el prototipo de control y comunicación vía internet tiene como factor importante la conectividad de todos los elementos involucrados y mencionados en los capítulos anteriores. Para este efecto se muestra en la siguiente imagen el montaje final y su activación a través del suministro de energía.

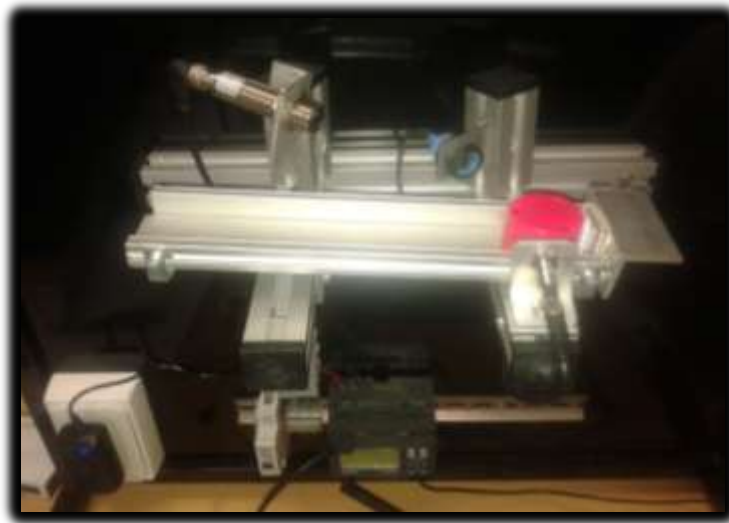


Ilustración 60 Prueba de conectividad y funcionamiento de prototipo

Para la emisión de datos vía SMS, se incorporó en el PLC un chip de una operadora local y el registro de números telefónicos a emitir los reportes como se mostró en el Capítulo V

5.8.2 Pruebas de comunicación entre PLC, Prototipo y la Nube

Para la prueba se parametrizó de la siguiente forma:

Cada vez que pasen o detecten el paso de 12 piezas metálicas, negras o rojas, los sensores correspondientes. Una bandera se activará alertado por el contador de piezas para posteriormente emitir como salida un mensaje al número o números de teléfono registrado como se muestra a continuación

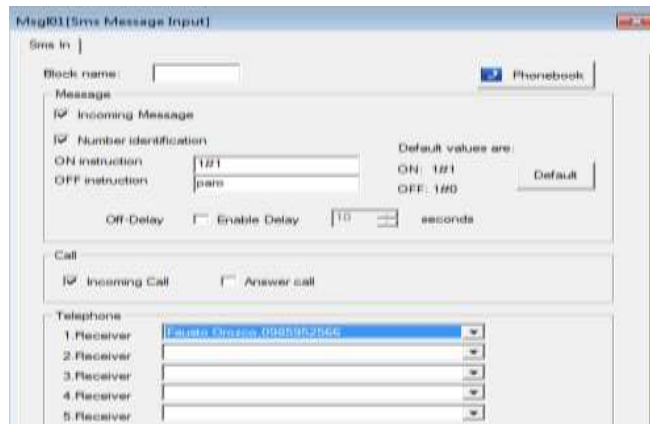


Ilustración 61 Registro de usuarios

Finalmente el destinatario recibe el SMS de alerta, para este ejemplo indicando que han atravesado 12 piezas de producción (de interés para la gerencia), para posible toma de decisiones



Ilustración 62 Prueba de comunicación SMS

Para la visualización en la nube, basta con digitar la URL en el navegador y se visualizará el sistema de control como se muestra



Ilustración 63 Módulo de Control en la nube

Desde la nube el administrador o la gerencia puede emitir orden de reseteo de cada una de las piezas propuestas en el prototipo, ordenes que sean acatadas por el sistema de Control en tiempo real.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El estudio de los diferentes tipos de protocolos existentes en cuanto a su uso y características permitió establecer que todas las redes industriales basadas en Ethernet hacen uso de la misma tecnología de transmisión de datos, en comparación con el gran número de diferentes tecnologías de transmisión de los buses de campo.
- El PLC inalámbrico seleccionado incorporan nuevos módulos como conectividad a más de GSM, GPRS, esto permitió que la transmisión de datos o mensajes sea más fácil en la implementación del prototipo, aún a sabiendas de un incremento importante de costos en el equipo pero de gran eficiencia al momento de ejecución de proyectos.
- El proyecto permite evidenciar de forma exitosa la comunicación a través del prototipo de control y comunicación, para lo cual se incorporó diferentes piezas como metálicas, de color negro y color rojo, de tal forma que los sensores ópticos y de inducción puedan emitir señales ante la presencia de cada pieza, para posteriormente ser comunicados vía internet
- No todas las versiones de Labview permiten implementar sistemas para comunicación vía internet, para nuestro propósito fue necesario recurrir a Labview 2012 para la creación del sistema SCADA, puesto que incorpora nuevas librerías que facilitan la configuración del Servidor web.
- Para dar cumplimiento a los objetivos de este proyecto de investigación se tuvo que recurrir a diferentes áreas de conocimiento, tales como redes de comunicaciones, comunicaciones móviles, comunicación industrial, programación web entre otras. Por tanto en la actualidad se requiere del aporte de las diferentes áreas de conocimiento para conseguir proyectos ambiciosos que el país está impulsando en lo que se conoce como el “Cambio de la matriz productiva”.
- Los usuarios tienen buenas razones para ser optimistas sobre el futuro de Ethernet Industrial, la aplicación de este proyecto innovador, permitirá a las empresas por intermedio de la gerencia, tener el control y supervisión en todo momento y en el lugar que se encuentre para la toma de decisiones de forma oportuna.

6.2 RECOMENDACIONES

- En la actualidad muchas empresas ya cuentan con infraestructura de red, por lo cual se recomienda darle mayor utilidad incorporando nuevos mecanismos de producción y control que nos permita dar mayores facilidades de control y supervisión a nivel gerencial.
- Experimentar en proyectos que vinculen las diferentes áreas del conocimiento, permitirán obtener grandes beneficios tecnológicos para el beneficio de la sociedad, por lo cual se recomienda experimentar proyectos en campos relacionados con la Domótica y Electrónica por estar estrechamente relacionados con las redes de comunicación.
- Se recomienda el uso del PLC EASI EXM-12DC-DA-RT-GWFI en proyectos relacionados en comunicación GSM, GPRS con Ethernet o wifi. Grandes beneficios se podrán experimentar explotando todas las utilidades que incorpora eSms Config del PLC.
- Es recomendable adquirir las versiones actuales de LabVIEW puesto que incorporan nuevas librerías que facilitan la comunicación vía internet por intermedio de sistema SCADA y el Servidor web.
- El futuro de Ethernet Industrial está vinculado con el cambio de la matriz productiva que impulsa el gobierno Ecuatoriano en la actualidad, por lo cual el presente proyecto se recomienda para las empresas que necesiten tener el control y supervisión en todo momento y en el lugar que se encuentre para la toma de decisiones de forma oportuna.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] WonSuk Jang (2008), *Inalámbrica Sensor Networks as a part of a web based building environmental monitoring system*, *Automation in Construction*, (17ava Ed. pp.729-736)
- [2] Carlos C(2009). Sistema SCADA, disponible :<http://www.generatetecnologias.es/index.html.pdf>
- [3] Borobia I,(2012), *Desarrollo de comunicaciones inalámbricas con PLCs*, disponible: <http://biblioteca.unirioja.es/tfe/R000001369.pdf> [Logroño 12 julio 2012]
- [4] Arroyo R(2013), *DevoloLAN pro 500 Inalámbrica+, un adaptador PLC con WiFiintegradoPLCinalámbrico*, disponible: <http://www.channelbiz.es/2013/03/11/devolo-dlan-pro-500-inalámbrica-un-adaptador-plc-con-wifi-integrado/>, [11 marzo 2013].
- [5] Corrales L.(2007), *Interfaces de Comunicación Industrial, Dpto. De automatización Industrial*, (1ra Ed. pp 88).
- [6] Estepa R.(2008), *Comunicaciones Industriales Inalambricas*,(1ra Ed. pp.24)
- [7] Castillo J.(2009), *Sensores Ópticos para comunicación Industrial*, *Revista Industria*, (59 va Ed. Parte III).
- [8] Villajaula C(2010), *Ethernet Industrial Inalámbrico: comunicación robusta y confiable*, disponible: <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursoslibres/automatizacion/curso-redes-industriales/item/284-ethernet-industrial-inal%C3%A1mbrico-comunicaci%C3%B3n-robusta-y-confiable.html#sthash.JUMwizdC.dpuf>, Viernes, [20 Agosto 2010].
- [9] D.Caro,(2005).*Inalámbrica Networks for industrial Automation, ISA–The Instrumentation, Systems and Automation Society*, (2da Ed. pp.112).
- [10] National Instruments Corporation (2000),*LabVIEW™ Basics II Course Manual*. Disponible en: <http://stu.edu.vn/uploads/documents/030409-204759.pdf>, [Septiembre 2000]

ANEXOS

ANEXO 1

IMPLEMENTACIÓN DEL SITIO WEB MEDIANTE LABVIEW

1.-Creacion del servidor web y configuración de puertos de comunicación

Primeramente establecemos el servidor web en labview Dando clic derecho, seleccionamos options como se muestra a continuación:

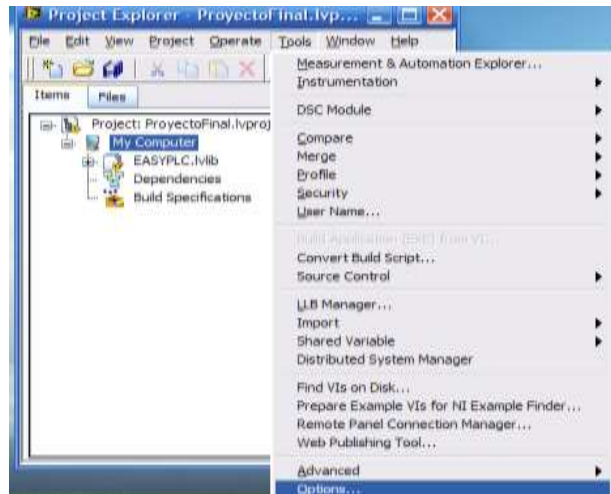


Ilustración 64 Configuración Web en Labview

Luego escogemos “web server” y el lugar donde se guardara el archivo web.

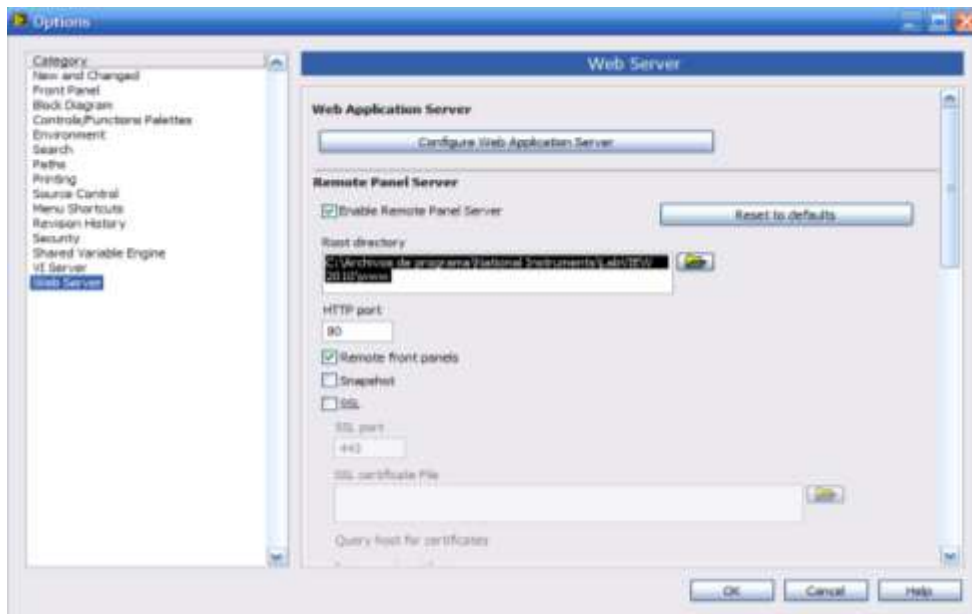


Ilustración 65 Lugar del Sitio Web

Aquí determinamos el tipo de control, local al poner visto bueno en la IP, la aplicación con el dominio, o desde cualquier pc si se pone asterisco.

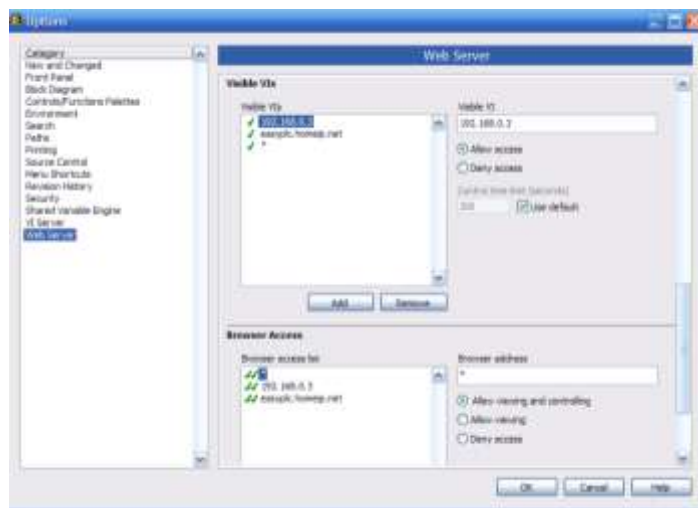


Ilustración 66 Configuración del Tipo de Control

El **puerto 80** se pone para el desarrollo de **la aplicación**

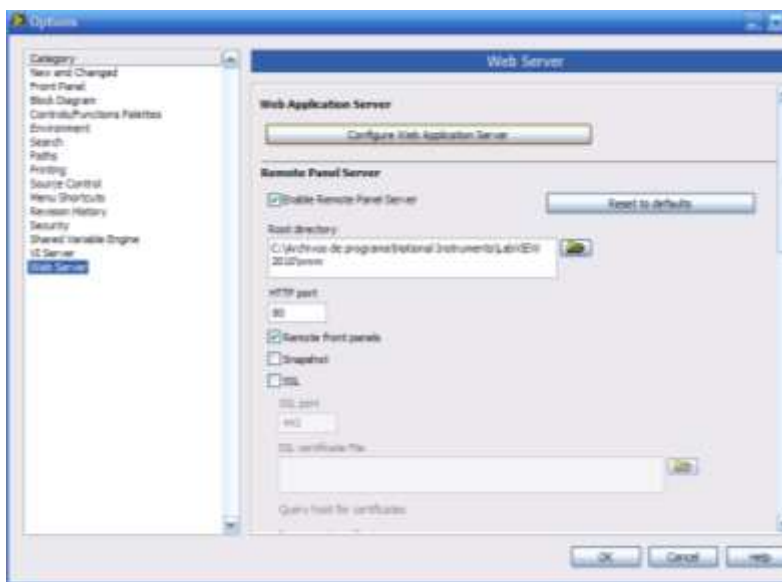


Ilustración 67 Configuración de Puerto

En esta opción nos aseguramos que tenga las siguientes opciones puerto **8080** para el monitoreo.

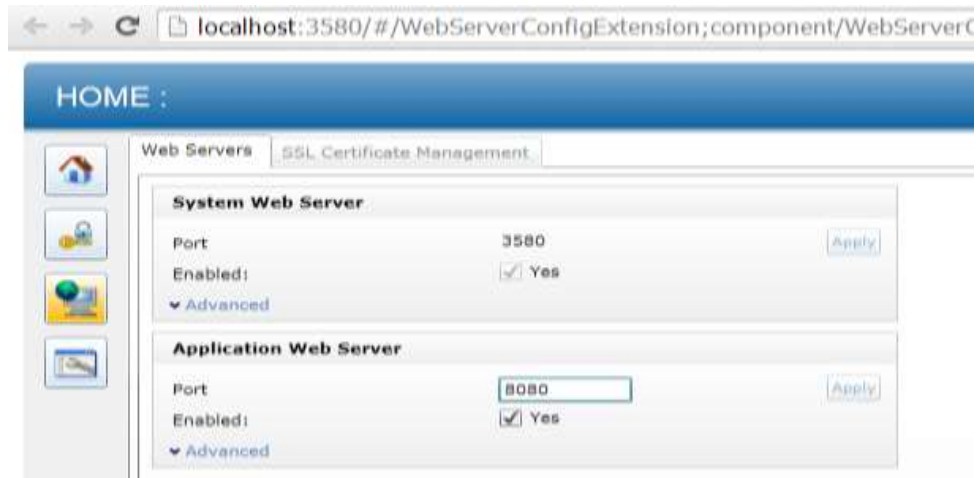


Ilustración 68 Puertos de Aplicación

2.- Creación de la página Web en LabView

Procedemos a crear nuestro HTML, con la herramienta web publishing tool en LabView como se muestra

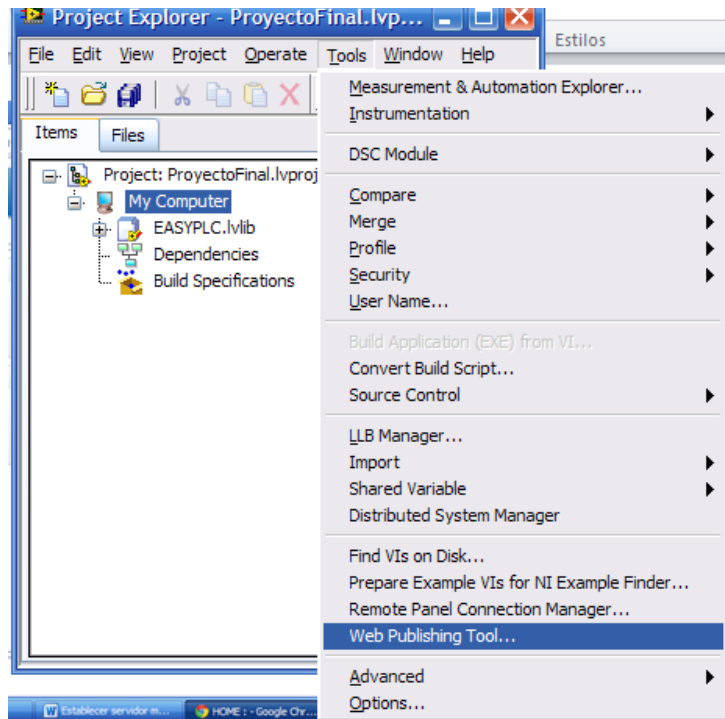


Ilustración 69 Creación de la Pagina Web

A continuación seleccionamos el “VI”

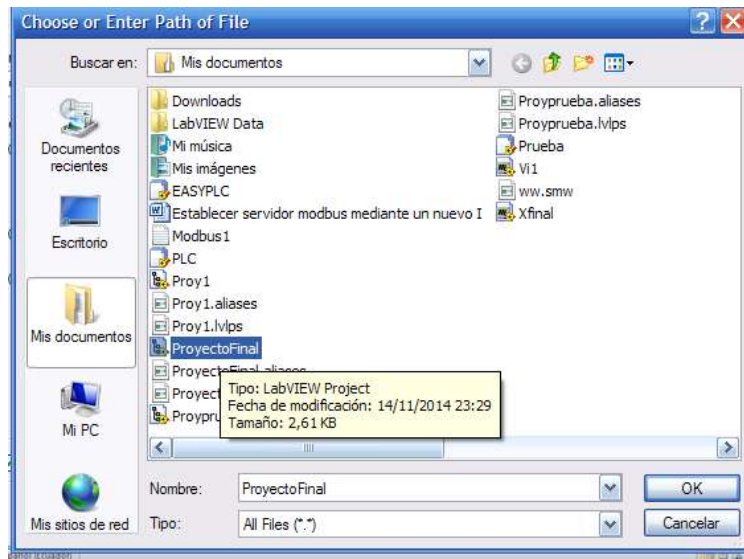


Ilustración 70 Selección del VI

Seleccionamos “embed” para que el VI pueda ser de tipo “monitoreo/control”. Es decir no solo podamos ver sino también controlar.



Ilustración 71 Modo Monitoreo y Control

Aquí editamos el título del de la página del documento, encabezado y pie de página web

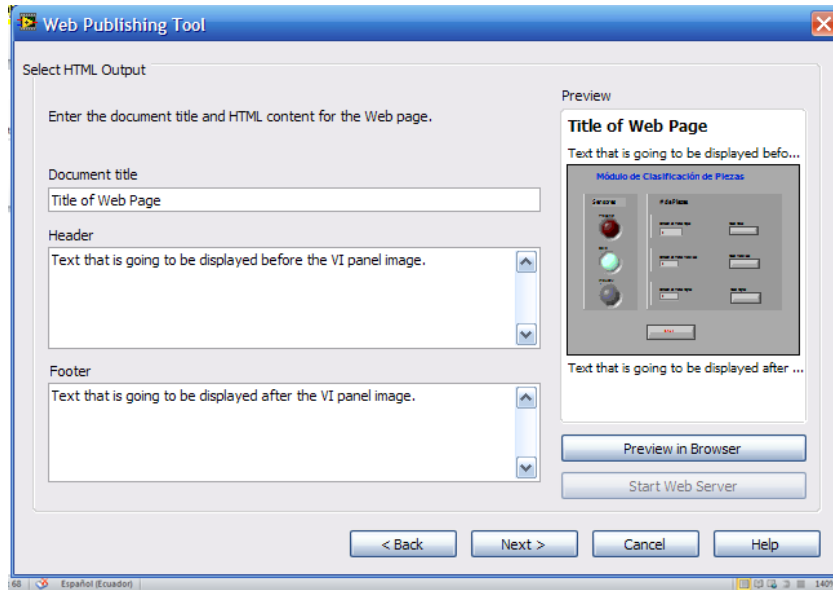


Ilustración 72 Edición de la página web

Luego configuramos nuestro HTML con Dreamweaver por ejemplo.

3.- Configuración de la Página web con Dreamweaver

a) Creación de la interfaz de logueo

Para este caso se consideró un solo tipo de usuario “administrador”, el cual tiene definido mediante código javascript un usuario y password por defecto

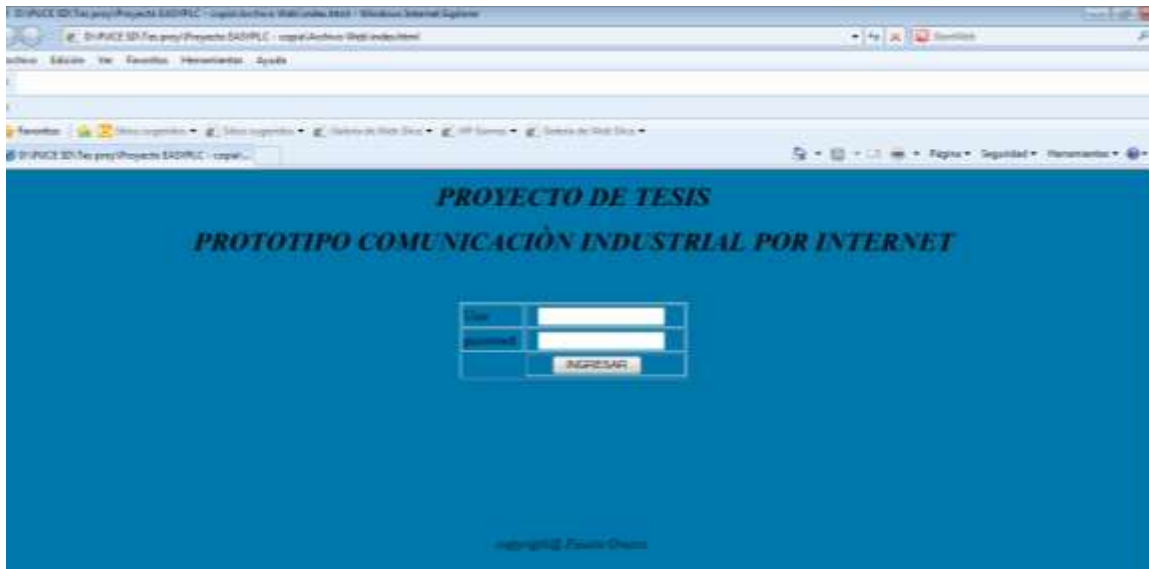


Ilustración 73 Página web de Logueo

b) Validación mediante javascript

El código javascript, nos permitirá controlar espacios vacíos y que además el usuario digite correctamente el usuario y clave establecida por defecto como se muestra a continuación.

```
Var log=["admin"];
var cl=["admin"];
function validar(formulario)
{
if (formulario.login.value == "" || formulario.clave.value == "" )
{
    alert("escribe login o password");
    return(false);
}

if (formulario.login.value != log || formulario.clave.value != cl )
{
    alert("Datos mal ingresados");
    return(false);
}
}
```

c) Pagina web de Control

Finalmente la página web que visualizara el usuario vía internet será:



Ilustración 74 página web de control

Desde este sitio, la persona que tenga acceso de internet como la gerencia, podrá resetear el contador de cada una de las piezas, este mando reconocerá automáticamente el PLC en el prototipo

ANEXO 2

INSTALACION Y CONFIGURACION DE VPN EN TEAMVIEWER

Luego de la descarga de la última versión de Teamviewer desde la página oficial, procedemos con la instalación en el servidor como se muestra

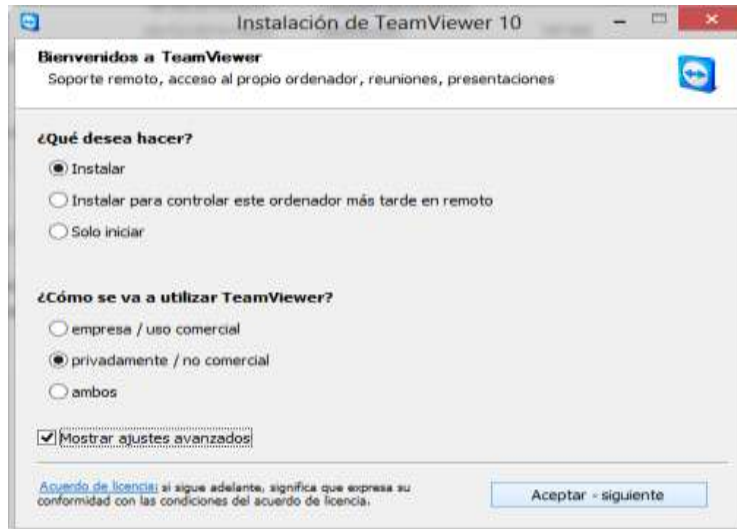


Ilustración 75 Instalación de Team Viewer

- Elegir la opción VPN

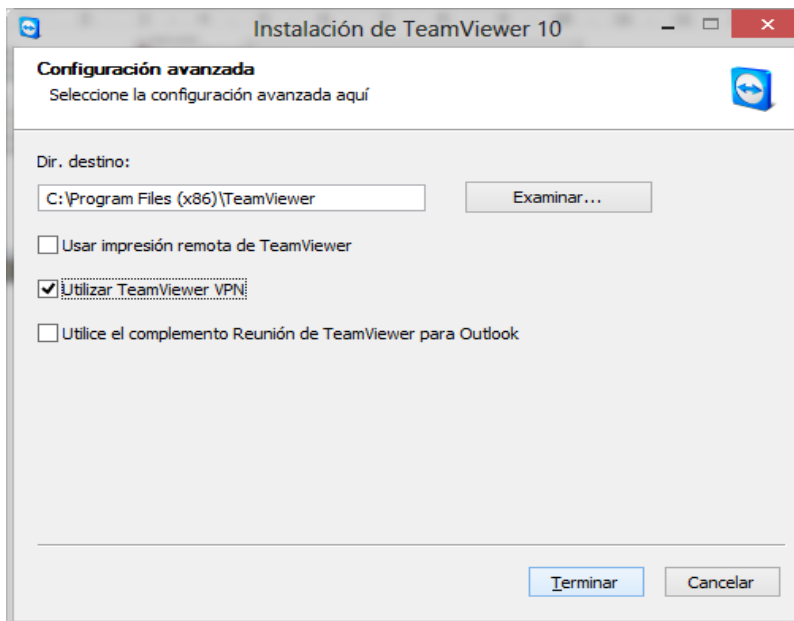


Ilustración 76 configuración de VPN

- Luego realizamos los mismos pasos en la máquina cliente
- Finalizada la instalación se muestra la siguiente pantalla



- En la máquina cliente ponemos la dirección del equipo a conectar

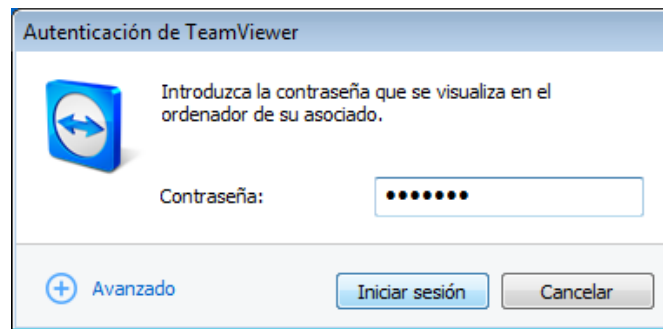


Ilustración 77 Conexión de equipos

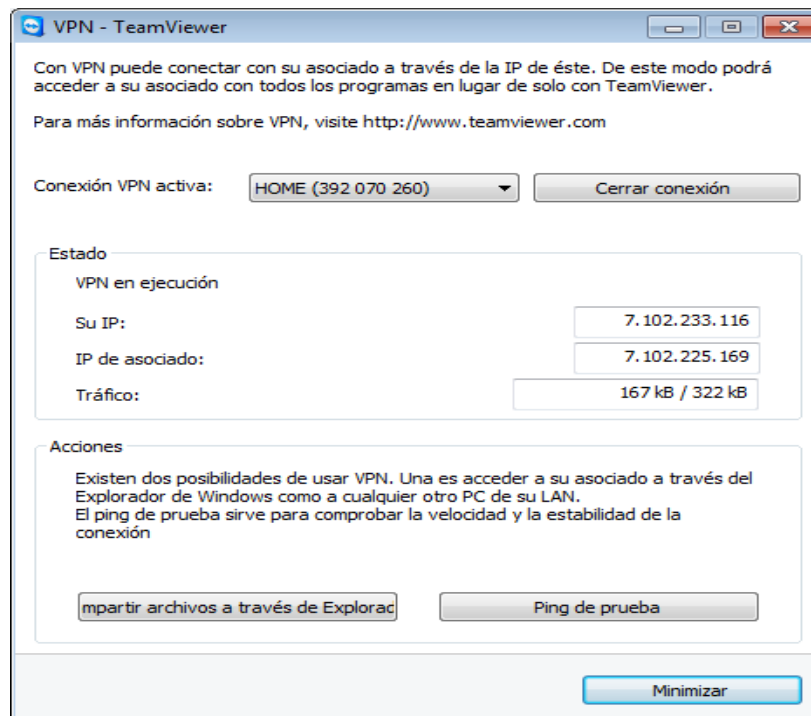
- Comienza el enlace



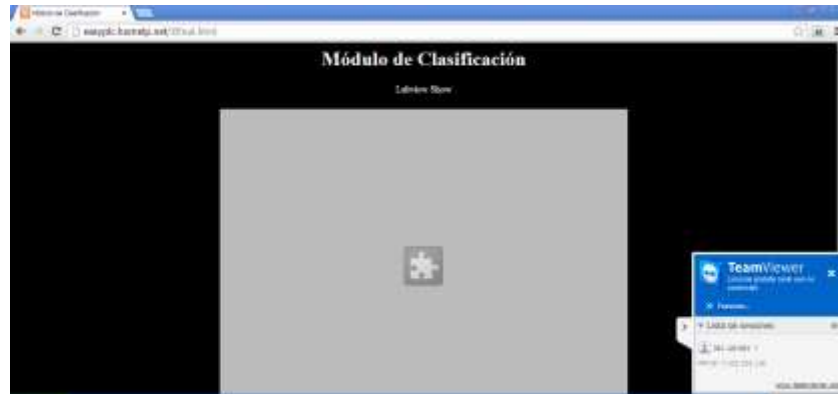
- Si la conexión es garantizada pide la contraseña puesta en el equipo servidor



- Una vez autenticada la cuenta nos aparece la siguiente pantalla en el cliente



- En el servidor aparece la ventana que indica conexión remota



- Para asegurar la conexión entramos a la página de dyndns(<https://es.account.dyn.com/dns/dyndns/add.html>) para configurar las opciones



- Seleccionamos nuestro host previamente creado

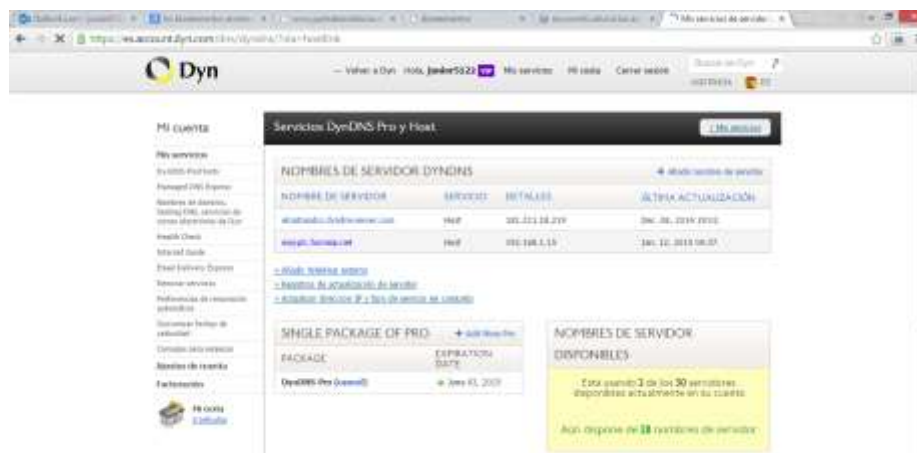
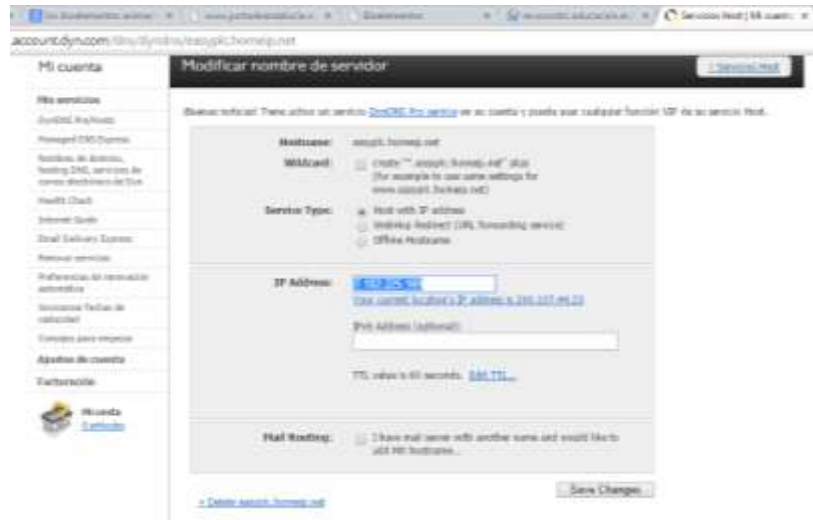


Ilustración 78 Host Creado

- Cambiamos IP Address con la dirección dada por el teamviewer



- En el cliente abrimos el navegador e introducimos el dominio creado en dyndns



Finalmente probamos conectividad

Servidor



Máquina del Cliente



Nota: si la conexión no se realiza efectivamente debemos quitar la opción de solicitud de usuario y contraseña en ambos equipos.

Quitar la solicitud de nombre de usuario y contraseña

En Windows Vista

- Anda a "Inicio > Panel de control > Redes e Internet > Centro de redes y recursos compartidos"
- Desactiva "Uso compartido con protección por contraseña"
- Finalmente haz clic en "Aplicar"

En Windows 7

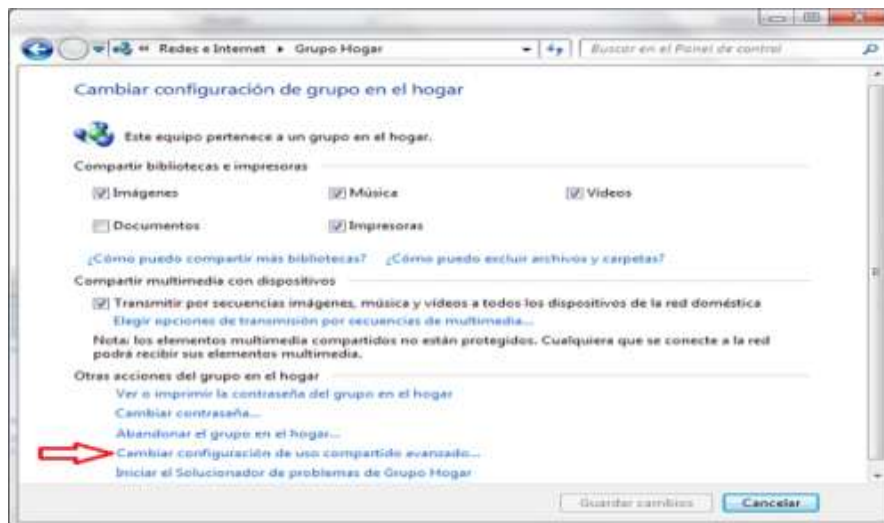
Anda al menú "Inicio > Panel de control > Redes e Internet"



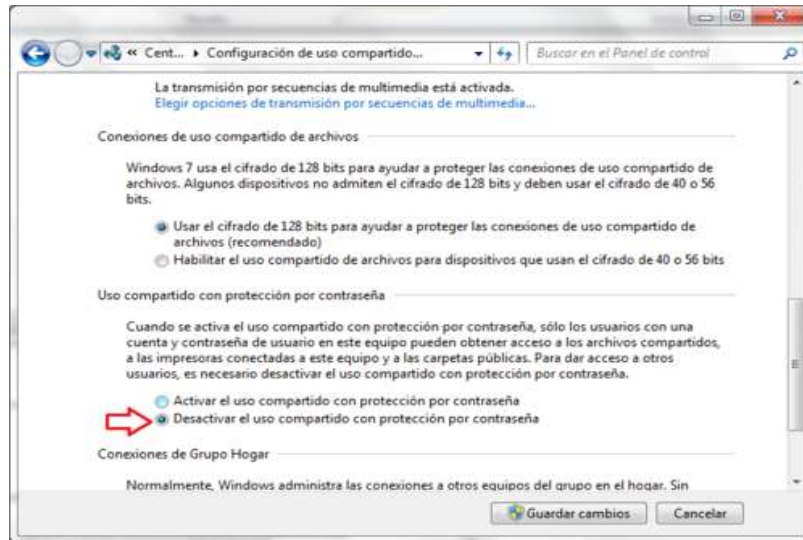
Haz clic en "Grupo Hogar"



Haz clic en "Cambiar configuración de uso compartido avanzado"



Finalmente marca la casilla "Desactivar el uso compartido con protección por contraseña" y haz clic en "Guardar cambios"



En Windows 8

- Abrimos la barra lateral de Windows 8 y haz clic en "Configuración > Panel de control > Centro de redes y recursos compartidos > Cambiar configuración de uso compartido avanzado"
- Haz clic en "Privado"
- Desmarca "Usar cuentas de usuario y contraseñas para conectarse a otros equipos", luego haz clic en "Guardar cambios".