

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Programación, configuración, implementación y puesta en marcha de equipos nuevos y existentes de la red de comunicaciones en las áreas de molinos y conversión de una planta industrial, con el fin de supervisar y controlar índices de funcionamiento.

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por:

Ricardo Gabriel Gómez Rivera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios por brindarme toda sabiduría y dedicación necesaria para culminar con éxito mi carrera universitaria. A mi madre, hermano padrastro y abuelo que siempre me mostraron su apoyo en todo momento, así como a mi pareja sentimental que me acompañó y me aconsejó todo este camino universitario.

A mi tutor, el Ing. César Martín, PhD, y a mi profesor Ing. Dennys Cortez, MSc, quienes me guiaron por todo el proceso de la materia integradora. Finalmente, al Ing. Miguel Bermúdez por todas las enseñanzas que sigo recibiendo hasta ahora.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme fuerza de voluntad en los momentos más difíciles en mi vida universitaria, y por brindarme el conocimiento necesario para culminar mi carrera.

A todos los profesores que cursé en mi etapa universitaria, ellos fueron un pilar fundamental en todo este proceso de aprendizaje obtenido.

A la empresa OMACONSA SA, que me abrió sus puertas para trabajar, y brindarme este proyecto para la materia integradora.

Declaración Expresa

Yo *RICARDO GABRIEL GÓMEZ RIVERA* acuerdo y reconozco que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior el alumno firmante de la presente declaración reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, sin perjuicio de lo cual deberán contar con una autorización previa expresa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizo expresamente a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, 21 de enero del 2023.



Sr. Ricardo Gómez

Evaluadores

Ing. Dennys Cortez, MSc.

Profesor de Materia



Ing. César Martín, PhD.

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto integrador previo al título de Ingeniero en Electrónica y Automatización Industrial, tiene como objetivo transmitir vía EtherNet tags de índices de funcionamiento de cinco controladores a un PLC central de marca Allen Bradley, ubicado en un área llamada conversión.

Para la implementación de este proyecto se comenzó con el diseño e implementación de los equipos físicos en un tablero de control, así como el traspaso del cable EtherNet por tubería de 3/4" a cada tablero del PLC correspondiente.

Los métodos de programación fueron individuales para cada PLC, y como comúnmente no existe una sola marca de controladores lógicos programables en una planta, se implementó dispositivos que trabajen como traductor para permitir comunicarse con el protocolo del PLC concentrador.

Por otro lado, en otra área de llamada molinos, se usaron métodos de programación más simplificados para el direccionamiento de variables analógicas.

Palabras Clave: PLC, EtherNet, comunicación, índice de funcionamiento, programación.

Abstract

The objective of this integrative project prior to the degree of Engineer in Electronics and Industrial Automation, is to transmit via EtherNet tags of operation indexes of five controllers to a central PLC of Allen Bradley brand, located in an area called conversion.

For the implementation of this project we started with the design and implementation of the physical equipment in a control board, as well as the transfer of the EtherNet cable via $\frac{3}{4}$ " pipe to each PLC board.

The programming methods were individual for each PLC, and as there is not commonly a single brand of programmable logic controllers in a plant, devices were implemented to work as a translator to allow communication with the PLC concentrator protocol.

On the other hand, in another area called mills, more simplified programming methods were used for addressing analog variables.

Keywords: PLC, EtherNet, communication, performance index, programming.

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	III
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	IV
Simbología.....	V
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas.....	VIII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	11
1.2 Descripción del problema.....	1
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivo específicos.....	3
1.4 Marco Teórico.....	4
Capítulo 2.....	10
2.1 Metodología.....	110
Capítulo 3.....	51
3.1 Resultados y análisis.....	151
Capítulo 4.....	63
4.1 Conclusiones y recomendaciones.....	158
4.1.1 Conclusiones.....	58
4.1.2 Recomendaciones.....	59
Referencias.....	65
Anexos.....	67

Abreviaturas

EIP	EtherNet Internet Protocol
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
IP	Internet Protocol
MDB	Modbus TCP/I
PLC	Controlador Lógico Programable
PND	PROFINET Device
TCP	Transmission Control Protocolo

Simbología

A	Amperio
kg	Kilogramos
m	Metro
Min	Minuto
mm	Milímetros
ms	Milisegundos
m ³	Metro Cubico
N°	Número
seg	Segundos
rpm	Revoluciones por minuto
V	Voltio
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
\$	dólar

Índice de figuras

Figura 1.1. Comunicación EtherNet/IP.....	6
Figura 1.2. Comunicación PROFINET.....	7
Figura 1.3. PLC Allen Bradley	8
Figura 1.4. Gateway PROSOFT TECHNOLOGY PLC31-EIP-MBTCP	8
Figura 2.1. Esquema físico de los equipos de comunicación	11
Figura 2.2. Conexión de la fuente de alimentación 1606-XLB120E-BASIC.....	13
Figura 2.3. Conexión del switch 1783-US16T	14
Figura 2.4. Topología de red deseada en conversión.....	15
Figura 2.5. Conexión del PLC 5069-L320ER	16
Figura 2.6. Topología de red deseada en molinos	18
Figura 2.7. Topología de comunicación del PLX32-EIP-PND	19
Figura 2.8. Configuración de las direcciones IP del PLX32-EIP-PND.....	20
Figura 2.9. Transferencia de configuración del PLX32-EIP-PND	21
Figura 2.10. Configuración de cantidad de bytes del PLX32-EIP-PND	22
Figura 2.11. Configuración de cantidad de palabras del PLX32-EIP-PND	23
Figura 2.12. Topología de comunicación del PLX32-EIP-MBTCP.....	24
Figura 2.13. Configuración de las direcciones IP del PLX32-EIP-MBTCP	25
Figura 2.14. Transferencia de configuración del PLX32-EIP-MBTCP	26
Figura 2.15. Configuración de cantidad de palabras del PLX32-EIP-MBTCP.....	27
Figura 2.16. PLCs agregados al proyecto de Studio5000	29
Figura 2.17. Programación de reinicio de bloque MSG para la recepción de los datos TS1 ...	30
Figura 2.18. Parametrización de configuración MSG acumulador.....	31
Figura 2.19. Parametrización de configuración MSG acumulador.....	32
Figura 2.20. Parametrización de configuración MSG acumulador.....	33
Figura 2.21. Rutinas en el programa principal.....	33
Figura 2.22. Programación en texto estructurado acumulador	35
Figura 2.23. Programación en texto estructurado cortadora	37
Figura 2.24. Programación de reinicio de bloque MSG para actualización de datos LS1	38
Figura 2.25. Parametrización de configuración MSG cortadora	39
Figura 2.26. Parametrización de configuración MSG cortadora	40
Figura 2.27. Parametrización de configuración MSG cortadora	41

Figura 2.28. Programación en texto estructurado CM1	42
Figura 2.29. Programación de reinicio de bloque MSG para actualización de datos CM1	43
Figura 2.30. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos	43
Figura 2.31. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos	44
Figura 2.32. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos	45
Figura 2.33. Hardware en nodo PN/IO	46
Figura 2.34. Configuración de hardware en nodo PN/IO	47
Figura 2.35. Programación en texto estructurado para el direccionamiento de los tags.....	49
Figura 3.1. Integración de los equipos al switch.....	51
Figura 3.2. Comunicación con las puertas de enlace	52
Figura 3.3. Arreglos de cada registro direccionado	54
Figura 3.4. Arreglo de cada registro direccionado CM1	55
Figura 3.5. Arreglo de cada registro direccionado TS1	56
Figura 3.6. Arreglo de cada registro direccionado LS1	57
Figura 3.7. Arreglo de cada registro direccionado PCMC.....	58
Figura 6.1. Plafón antes de la instalación del PLC concentrador	67
Figura 6.2. Tuberías ¾” para el paso de los cables EtherNet	68
Figura 6.3. Breakers de protección de los equipos	68
Figura 6.4. Instalación del Gateway EIP-MBTCP.....	69
Figura 6.5. Instalación del Gateway EIP-PND	69
Figura 6.6. Conectores RJ45 de los cables EtherNet.....	69
Figura 6.7. Instalación completa de los equipos de centralización.....	70
Figura 6.8. Pantalla de receta en maquina PCMC	71
Figura 6.9. Ciclo de los logs en proceso acumulador	71
Figura 6.10. Pruebas en línea de la transmisión de variables	72
Figura 6.11. Programación de la transmisión de datos en PLC PCMC.....	72
Figura 6.12. Pantallas del proceso MP8.....	73
Figura 6.13. Marquillas de los cables EtherNet.....	73

Índice de tablas

Tabla 2.1. PLCs en el área de conversión.....	17
Tabla 2.2. PLCs en el área de molinos.....	18
Tabla 2.3. Nombres técnicos de los PLCs en el área de conversión.....	29
Tabla 2.4. Variables para centralizar TS1.....	34
Tabla 2.5. Variables para centralizar LS1.....	36
Tabla 2.6. Variables para centralizar CM1.....	41
Tabla 2.7. Variables para centralizar PCMC.....	48
Tabla 2.8. Variables para centralizar PP8.....	49
Tabla 2.9. Variables para centralizar MP8.....	50
Tabla 3.1. Tags transmitidos PP8.....	59
Tabla 3.2. Tags transmitidos MP8.....	60
Tabla 3.3. Listado de materias utilizados en el proyecto con su respectivo precio.....	61

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

La preocupación por el estado de vida útil de las maquinas que conforman la industria es una cuestión de suma importancia, dado que impacta significativamente la eficiencia y competitividad de este sector. Las averías de estos dispositivos, provocadas por un mantenimiento inadecuado, o en algunos casos, porque nunca se ha llevado a cabo uno, tiene alto impacto en costos de arreglo, seguridad y regulaciones impuestas por un ente superior. Las industrias siempre buscan maneras de reducir costos de reparación o mantenimientos correctivos, sin embargo, muchas veces estos resultados no son los más esperados.

Este proyecto de tesis propone como solución centralizar en un PLC concentrador los datos de funcionamiento de sus actuadores y sensores más relevantes. El enfoque principal de esta solución es supervisar los datos centralizados desde la parte administrativa de la industria, y en base a los resultados adquiridos, tomar las decisiones más acertadas y efectivas para garantizar para una larga vida útil de todos estos dispositivos

1.2 Descripción del problema

Una industria ubicada en la ciudad de Santa Rita de Babahoyo enfrenta la limitación de no tener centralizado en el área administrativa los índices de funcionamiento de sus actuadores y sensores más importantes. Dos de sus cinco controladores principales ubicados en diferentes puntos estratégicos dentro del área de conversión poseen diferentes protocolos de comunicación industrial, dado que, estos controladores lógicos programables difieren en la marca de sus fabricantes y por lo tanto su comunicación es distinta. Existen también dos controladores en el

área de molinos que requieren ser centralizados, sin embargo, el proceso es diferente a los de conversión. Los fabricantes y modelos de los PLCs son los siguientes

Conversión

- S7-300 – SIEMENS
- LOGIX 5561 – ALLEN BRADLEY (x3)
- LMC600C – SCHNEIDER ELECTRIC

Molinos

- LOGIX 5561 – ALLEN BRADLEY (x2)

El PLC S7-300 de SIEMENS tiene la función de controlar la maquina llamada ‘PCMC’, y la comunicación industrial que posee es PROFINET.

El PLC LMC600C de Schneider Electric controla la maquina ‘Empacadora DUE’ y la comunicación industrial correspondiente es MODBUS.

Finalmente, los tres PLCs LOGIC 5561 de Allen Bradley tiene asignado a las maquinas ‘Formadoras de tubos’, ‘Cortadora’ y ‘Acumulador’ respectivamente. Su comunicación industrial es ETHERNET Industrial. También se agregan dos PLCs en molino denominados ‘PP8’ y ‘MP8’ que también comparten el mismo protocolo.

La industria busca una solución que implique la centralización de todos los datos provenientes de estos PLCs de conversión a un COMPACTLOGIX 5069 – L320ER de Allen Bradley denominado ‘PLC Concentrador’, que estará ubicado junto a los tableros eléctricos de la maquina PCMC.

1.3 Justificación del problema

El uso de puertas de enlace es fundamental cuando las redes dentro de una topología de red son de diferente tipo, debido que, estos dispositivos conectan datos de diferentes protocolos de comunicación industrial de manera bidireccional. Esto simplifica la tarea de centralizar los datos de índice de funcionamiento requeridos. En base a esto, mejora significativamente la eficiencia de transferencia de todos los datos de la red.

Este aumento de eficiencia implica que los operarios tengan una noción más clara del estado de operación y funcionamiento de las maquinas, puedan realizar chequeos y mantenimientos preventivos, la vida útil de las maquinas aumente considerablemente, y ahorros de dinero significativos en la industria por costosos arreglos o mantenimientos correctivos.

Ante cualquier eventualidad no programada, la reacción de los operarios es mucho más flexible en cuestiones de tiempo, lo que permite un accionar más rápido y eficiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Integrar los tags de diferentes equipos en un PLC concentrador, mediante el desarrollo de una infraestructura de comunicación industrial, para la centralización de estos datos en un área administrativa de la planta.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar pruebas de funcionamiento de los conectores RJ45 instalados en los cables EtherNet, usando un tester comprobador de cable de red, para la verificación de la correcta comunicación entre los equipos industriales.
2. Configurar las puertas de enlace, por medio de ProSoft Configuration Builder, para la traducción de los protocolos de red industriales al protocolo EtherNet.
3. Desarrollar la programación del PLC concentrador, mediante el software de Studio 5000, para la integración de todos los datos provenientes de los cinco controladores en conversión.
4. Analizar la recepción de todos tags integrados al PLC central, usando la herramienta de monitoreo de datos de Studio 5000.
5. Realizar una tabla de costos de los equipos de comunicación, mediante la consulta en línea con los proveedores de equipos industriales, para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Laboratorio de comunicaciones industriales de la Universidad Politécnica

Salesiana

En la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en Cuenca, los estudiantes Jefferson Torrez y Antonio Vega realizaron su proyecto de tesis que consiste en el Diseño e implementación de un laboratorio de redes de comunicación industrial.

El eje central de este documento se basa en la importancia de las redes de comunicación actualmente en la industria, y como se tiene por objetivo diseñar y construir un laboratorio para

que los estudiantes se familiaricen lo máximo posible con este ambiente industrial. Además, un análisis profundo de los protocolos de comunicación más utilizados en la industria: MODBUS, PROFIBUS DP, PROFINET, y se explica tanto su funcionamiento como las diferencias más características.

En este proyecto utilizan el estándar RS-232C de MODBUS para la monitorización remota de elementos campo, como actuadores y sensores conectados al PLC a través de este bus. Por otro lado, hacen uso de PROFIBUS DP para la transmisión de datos en tiempo real e igualmente como el protocolo anterior, se utiliza para actuadores y sensores conectados al Controlador Lógico programable. Finalmente, PROFINET cumple exactamente la misma función del protocolo mencionado anteriormente, la transmisión de datos en tiempo real por medio de un bus.

En conclusión, este proyecto de tesis es una guía sobre el diseño e implementación de un laboratorio de comunicación industrial, enfocados a los estudiantes de la Universidad Salesiana.

1.5.2 EtherNet IP

El EtherNet IP es el resultado de la red ETHERNET industrial más eficiente actualmente en lo que relaciona la automatización de procesos industriales y corresponde a un conjunto de estándares abiertos (DYNAPAR, 2022). Este protocolo industrial se familiariza con redes que ponen en marcha el Protocolo industrial común (CIP™) en sus capas superiores.

Actualmente, las industrias están migrando al protocolo EtherNet IP con el fin de poner fin a problemas futuros de la industria 4.0. Los problemas que enfrentan son los siguientes: integración de datos, conectividad perimetral, interoperabilidad del sistema, etc.

Generalmente las fábricas que poseen este protocolo industrial muestran una mayor productividad en sus procesos, además de poseer una mayor flexibilidad al permitir la comunicación entre las tecnologías de la información (IT) y tecnología operativa (OT). (RHERONICS, 2020).



Figura 1.1. Comunicación EtherNet/IP

1.5.4 ProfiNet

Es un estándar abierto de la familia EtherNet y uno de los protocolos más utilizados en todas las plantas industriales. Sus características más relevantes está la transmisión en tiempo real y muchos de sus entandares pertenece al mundo TI (Tecnología de la información).

Con este protocolo es posible establecer comunicación entre diversos sistemas entre sí, mejorando la eficiencia de velocidad y seguridad en sus comunicaciones, esto implica un ahorro significativo en costes de producción. (INCIBE-CERT, 2017).

El uso del protocolo ProfiNet tiene las siguientes ventajas:

- Escalabilidad de infraestructuras
- Accesibilidad a dispositivos de campo dentro de la comunicación.
- Diagnósticos y ejecución de tareas
- Accesibilidad de manera remota



Figura 1.2. Comunicación PROFINET

PROFINET tiene tres divisiones de comunicación: Standard TCP/IP, Real Time, Isochronous Real Time.

Standard TCP/IP: Permite la transmisión de información tipo video/audio y datos a sistemas de tecnología de información.

Real Time: Es enfocada a aplicaciones típicas E/S, como el control de movimientos de máquinas de gran consumo.

Isochronous Real Time: Permite la transmisión en alta precisión en control de movimientos.

1.5.6 Controlador Lógico Programable

Un controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo electrónico utilizado para automatizar procesos industriales, tales como los electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, etc.

En estos dispositivos como su nombre lo indica, son programables y se puede adaptar a las necesidades de la aplicación a la cual se está trabajando. En el mercado existe un número muy variado de fabricantes, cuya elección depende principalmente del enfoque que será destinado.

Conocido como el cerebro del proceso, este dispositivo acciona otros componentes para que realicen acciones automáticas y repetitivas que en algunos casos pueden ser peligrosas para las personas, o ineficientes en caso de hacerse de manera manual.

En la actualidad son dispositivos ampliamente utilizados para la automatización de procesos, y pueden ser utilizados tanto industrial, domésticos o comerciales, siendo estos dos últimos poco comunes de apreciar.



Figura 1.3. PLC Allen Bradley

1.5.5 Puerta de enlace.

Un Gateway permite la interconexión de diversos dispositivos con arquitecturas y protocolos de comunicación diferentes, valido para todos los niveles de comunicación. Su objetivo es traducir la información utilizado de un utilizado al protocolo de comunicación destino, además, trabaja como un vínculo entre dos redes del mismo protocolo y traduce sus direcciones IP con el fin de que exista comunicación entre ellas.



Figura 1.4. Gateway PROSOFT TECHNOLOGY PLC31-EIP-MBTCP

Generalmente los Gateway tienen asignado por defecto una dirección IP, que suelen ser las siguientes:

- 192.168.1.1
- 192.168.0.1
- 10.0.0.1, etc.

Muchas veces para conocer la IP de una puerta de enlace se tiene que hacer uso de programas como Tcpdump o Windump que tienen como función ‘bombardear’ rangos de direcciones IP.

Es común confundir los conceptos de router y puerta de enlace, que coinciden muchas veces, sin embargo, no necesariamente un ruteador no tiene que comportarse como un Gateway.

Capítulo 2

2.1 Metodología.

En el sector industrial los problemas están presentes a cada momento, y entre los más recurrentes está el fallo de operación las maquinas. Estos fallos se producen por falta de mantenimiento, descalibración, o desgaste de piezas. Para evitar estos inconvenientes que generan perdidas monetarias directamente en la industria, se plantean varias estrategias: elaborar un documento de planificación de mantenimiento de cada uno de los equipos industriales más relevantes en los procesos, hacer revisiones constantes de los índices de funcionamiento programados en los sistemas SCADA de cada proceso, o establecer una red de comunicación que permita centralizar los índices de funcionamiento más importantes de los procesos de la planta.

Cada solución planteada tiene sus respectivas limitaciones al momento de efectuarse. En parte, es debido a falta de responsabilidad de los operarios que no ponen entre sus prioridades los mantenimientos preventivos al observar un correcto operar o funcionamiento de las maquinas, y no plantearse a pensar en los cambios respectivos de funcionamiento que va a sufrir la maquina a mediano o largo plazo.

Sin embargo, la tercera propuesta es la más indicada al ser más autónoma que las otras, es decir, no es necesario que la observación de los datos la haga un operario presente en un SCADA o HMI, sino la persona o las personas encargadas del proceso que tienen como responsabilidad priorizar el correcto operar de las maquinas. Esta información que contiene los índices de funcionamiento de cada PLC más importante en sus procesos correspondientes permite saber en tiempo real desde un ambiente administrativo como está funcionando cada máquina. Al centralizar estos datos en un área administrativa, brinda una oportunidad a las personas de comprender el

monitoreo de los procesos. Con la ayuda de un técnico especializado o un jefe de procesos, el personal administrativo tendrá la capacidad de tomar decisiones acertadas sobre mantenimientos futuros y reducir eventualidades no programadas.

2.2 Implementación física de los equipos de comunicación en conversión

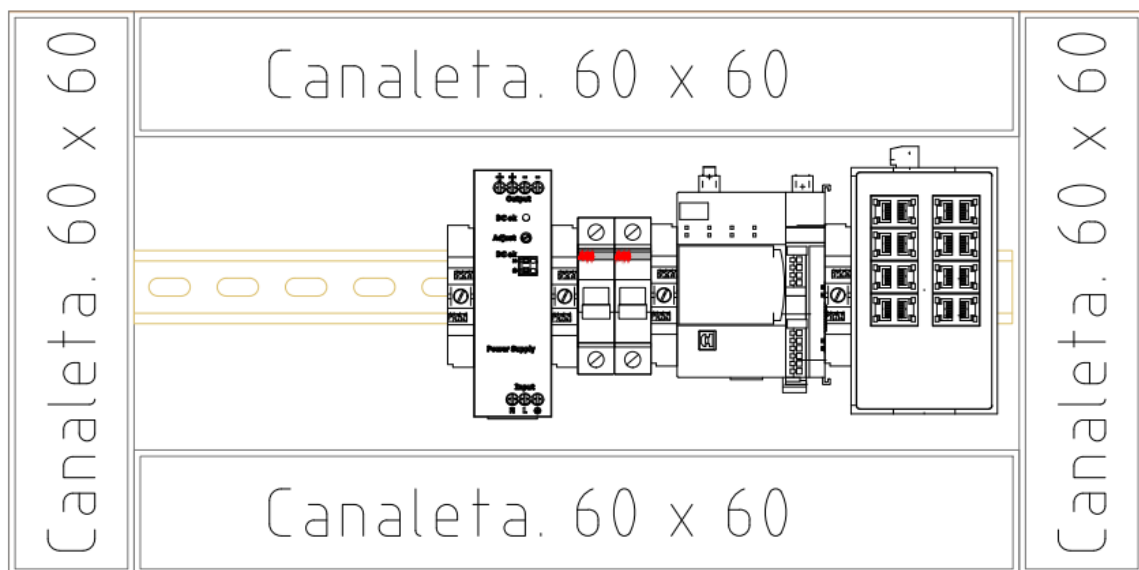


Figura 2.1. Esquema físico de los equipos de comunicación

Este diseño físico comprendió de dos etapas principales: alimentación de los equipos y la comunicación. En la etapa de alimentación, se empleó una fuente de 24-28 V DC para suministrar energía a los equipos de comunicación. Esta fuente de alimentación contó con un interruptor de protección en la entrada y dos en la salida. Un interruptor se encargó de la protección del PLC, mientras que el restante del SWITCH industrial. Por otro lado, se tuvo el PLC concentrador, en colaboración con el SWITCH industrial, recibió todos los datos de índice de funcionamiento de los otros PLCs involucrados en el proceso.

2.2.1 Fuente de poder

La fuente de poder para este diseño de red que alimentó a los equipos de comunicación es el modelo 1606-XLB120E-BASIC POWER SUPPLY perteneciente al fabricante Allen-Bradley, y pertenece a la familia de las fuentes de alimentación que operan a modo conmutado básico. Esta fuente de alimentación fue ideal para la alimentación de equipos industriales, tales como, PLC, switch, HMI, sensores y actuadores.

Este equipo de alimentación que abasteció energía a los equipos de comunicación posee los siguientes datos técnicos:

- Voltaje de entrada: 100-240 VAC
- Voltaje de salida: 24-28 VDC
- Corriente máxima de salida: 5 A
- Potencia máxima de salida: 120 W
- Eficiencia: 95.2 %
- Montaje: Riel DIN
- Posee protección contra sobrecarga, sobrevoltaje y sobre corriente.

Por otro lado, la fuente poder se abasteció con un voltaje de corriente alterna de 120 V, proveniente de la salida de un transformador de control con una relación de transformación de 480/120 VCA ubicado en el tablero eléctrico. Este voltaje de entrada se reguló a una tensión de corriente directa de 24-28 V y su valor de salida depende de la posición del potenciómetro regulador de voltaje. La salida de la fuente de se conectó directamente al PLC concentrador y al SWITCH industrial pasando previamente por sus correspondientes protecciones electromagnéticas de 2 A cada una.

A continuación, se presenta una parte del diagrama eléctrico de la conexión de la fuente:

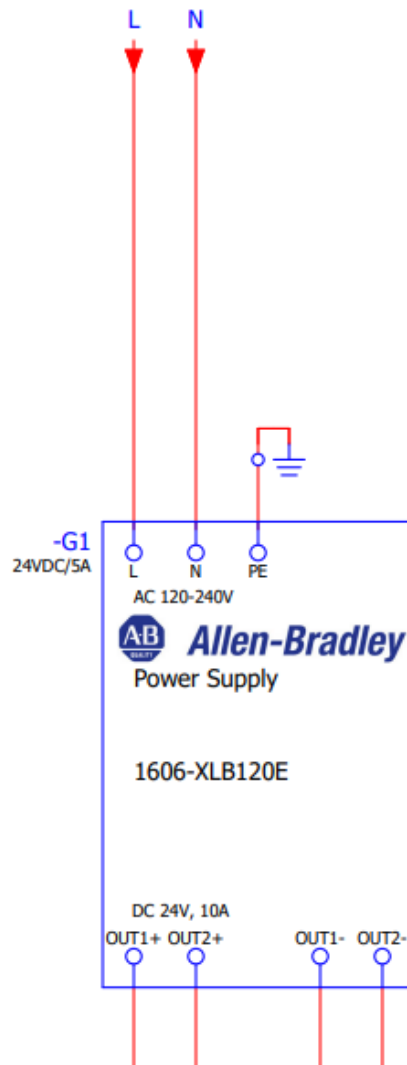


Figura 2.2. Conexión de la fuente de alimentación 1606-XLB120E-BASIC

La corriente que consume el PLC concentrador en promedio es de 75 mA, mientras que el SWITCH industrial tiene un consumo máximo de 500 mA. Por lo tanto, esta fuente fue óptima para el funcionamiento correcto de los equipos de la red comunicación industrial, sin ocasionar sobrecargas ni daños a los equipos.

2.2.2 Switch industrial

Debido que el PLC concentrador tiene embebido dos puertos RJ45, estos no tienen la capacidad necesaria para recibir datos de varios controladores lógicos programables.

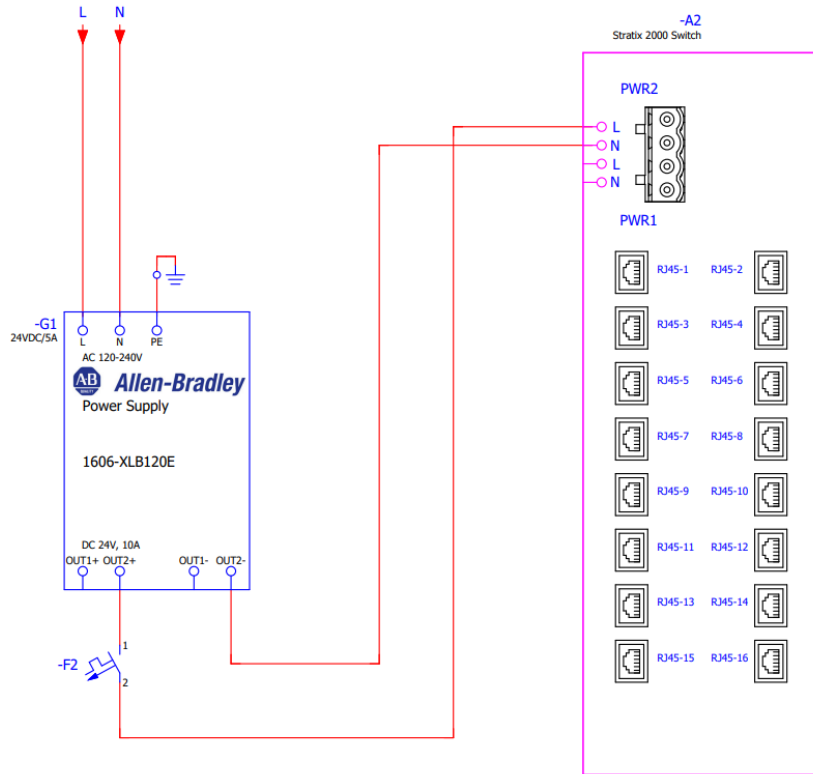


Figura 2.3. Conexión del switch 1783-US16T

Para facilitar la transferencia de estos datos al PLC concentrador, se utilizó un SWITCH ETHERNET industrial STRATIX 2000 16 puertos no administrable modelo 1783-US16T, perteneciente al fabricante Allen Bradley. Además, al ser “no administrable” implica que no es necesario realizar configuraciones específicas al dispositivo.

La topología de red en conversión que implica el uso del STRATIX 2000 es la siguiente:

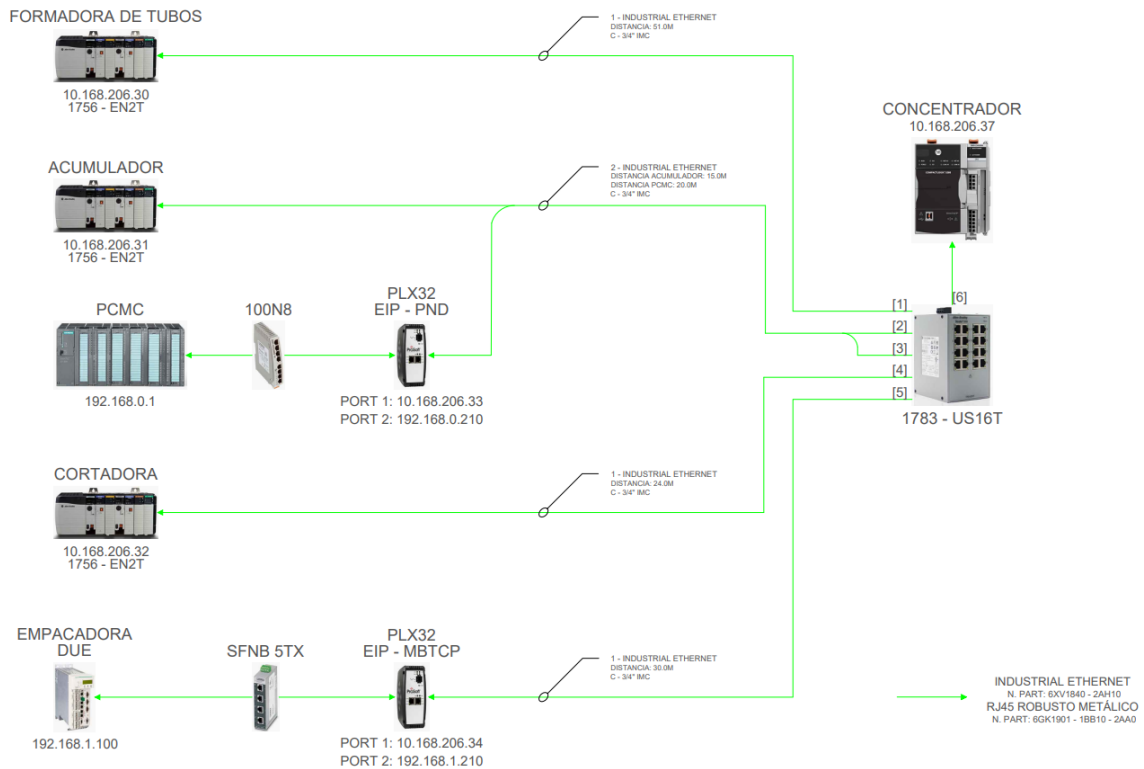


Figura 2.4. Topología de red deseada en conversión

2.2.3 PLC concentrador

El PLC concentrador desempeñó la función de recibir los datos mediante el protocolo EtherNet/IP de los cinco controladores lógicos programables. Estos controladores tienen la información de los índices de funcionamiento de los procesos más importantes de la planta. El modelo de PLC seleccionado para el recibimiento de datos es el 5069-L320ER perteneciente a la familia de procesadores COMPACTLOGIX 5380 del fabricante Allen Bradley. Además, este PLC tiene 2 MB de capacidad de memoria y es capaz de poder trabajar hasta con 40 nodos de EtherNet/IP.

La conexión eléctrica del PLC 5069-L320ER es la que se muestra en la figura 2.5.:

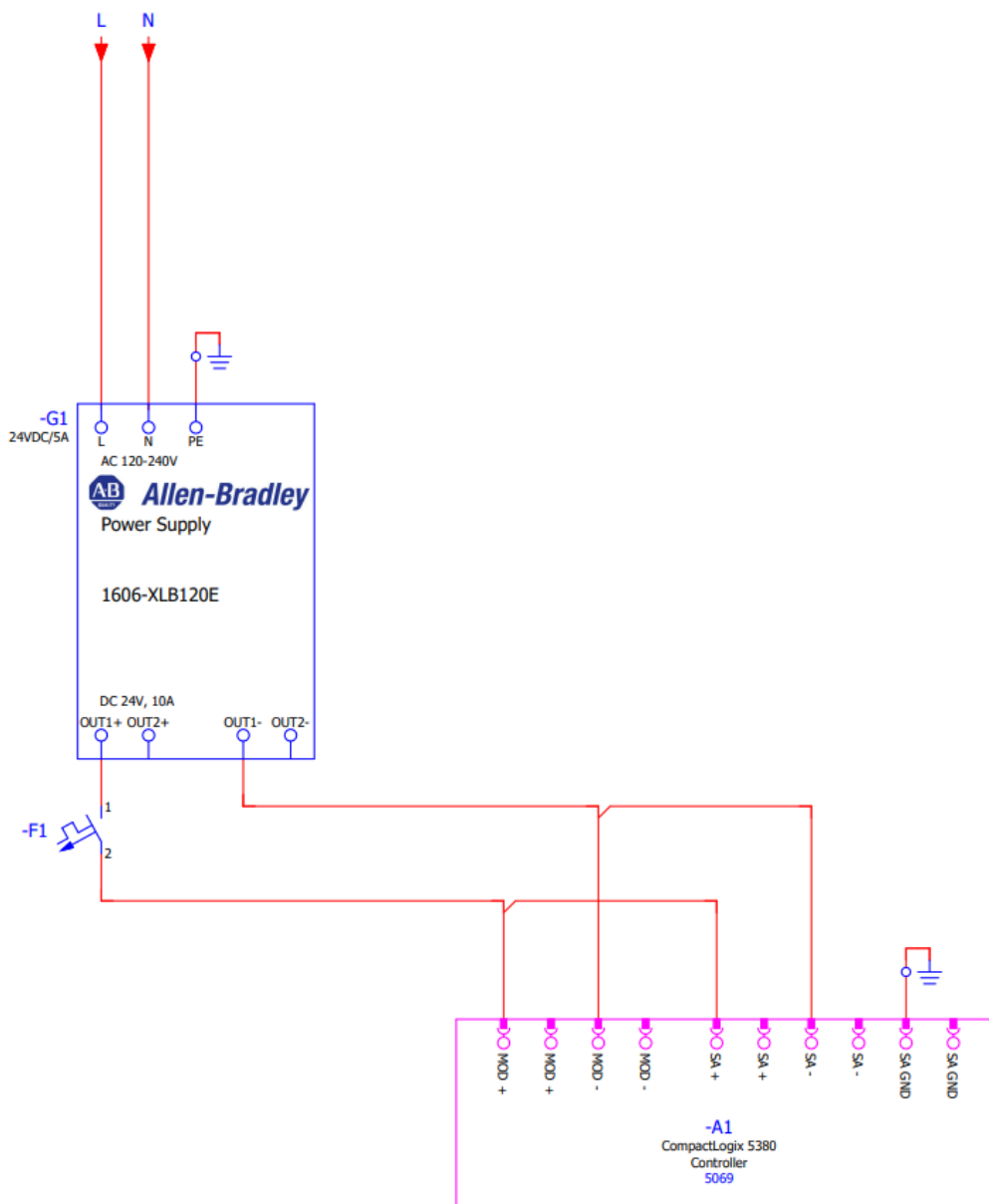


Figura 2.5. Conexión del PLC 5069-L320ER

El controlador se alimentó con 24 VCD proveniente de una fuente de la fuente de alimentación 1606-XLB120E-BASIC POWER SUPPLY y fue equipado en su entrada con breaker de 2 A que lo protege contra sobrecorrientes. Su pastilla de conexiones cuenta con una alimentación para los bornes MOD+, MOD-, SA+ y SA-. La conexión correspondiente al MOD es la alimentación para los módulos, mientras que la alimentación de SA es aplicada a la alimentación de sensores y actuadores de 24 VCD de alimentación. También cuenta con una protección a tierra.

En esta red de comunicación existe una variedad de PLCs que difieren en sus fabricantes, y esto implica variaciones en los protocolos de comunicación industrial por lo que se requiere que se use un solo protocolo para el envío de información al PLC concentrador. El protocolo usado es el EtherNet/IP.

En esta representación gráfica se muestran todos los PLCs que involucra la transmisión de índices de funcionamiento al PLC concentrador, así como su fabricante y el tipo de protocolo industrial utilizado.

Tabla 2.1. PLCs en el área de conversión

Nombre	Fabricante	Protocolo de comunicación
S7-300	SIEMENS	PROFINET
LOGIX 5561	ALLEN BRADLEY	ETHERNET/IP
LOGIX 5561	ALLEN BRADLEY	ETHERNET/IP
LOGIX 5561	ALLEN BRADLEY	ETHERNET/IP
LMC600C	SCHNEIDER	MODBUS TCP

En el área de conversión, tenemos cinco controladores principales que cumplen diferentes funciones dentro del proceso automatizado, y dos de estos controladores lógicos programables difieren con el protocolo de comunicación principal para la transmisión de datos EtherNet/IP.

2.3 Implementación física de los equipos de comunicación en molinos

En el área de molinos se contó con dos PLCs que trabajan con EtherNet/IP. Estos controladores están conectados por medio de un anillo de fibra óptica, y esto da acceso al PLC concentrador sin necesidad de conectarlo al switch industrial.

Tabla 2.2. PLCs en el área de molinos

Nombre	Fabricante	Protocolo de comunicación
LOGIX 5561	ALLEN BRADLEY	ETHERNET/IP
LOGIX 5561	ALLEN BRADLEY	ETHERNET/IP

La topología de red deseada para esta área fue simplemente conectar los dos PLCs en un switch que va directo al área administrativa.

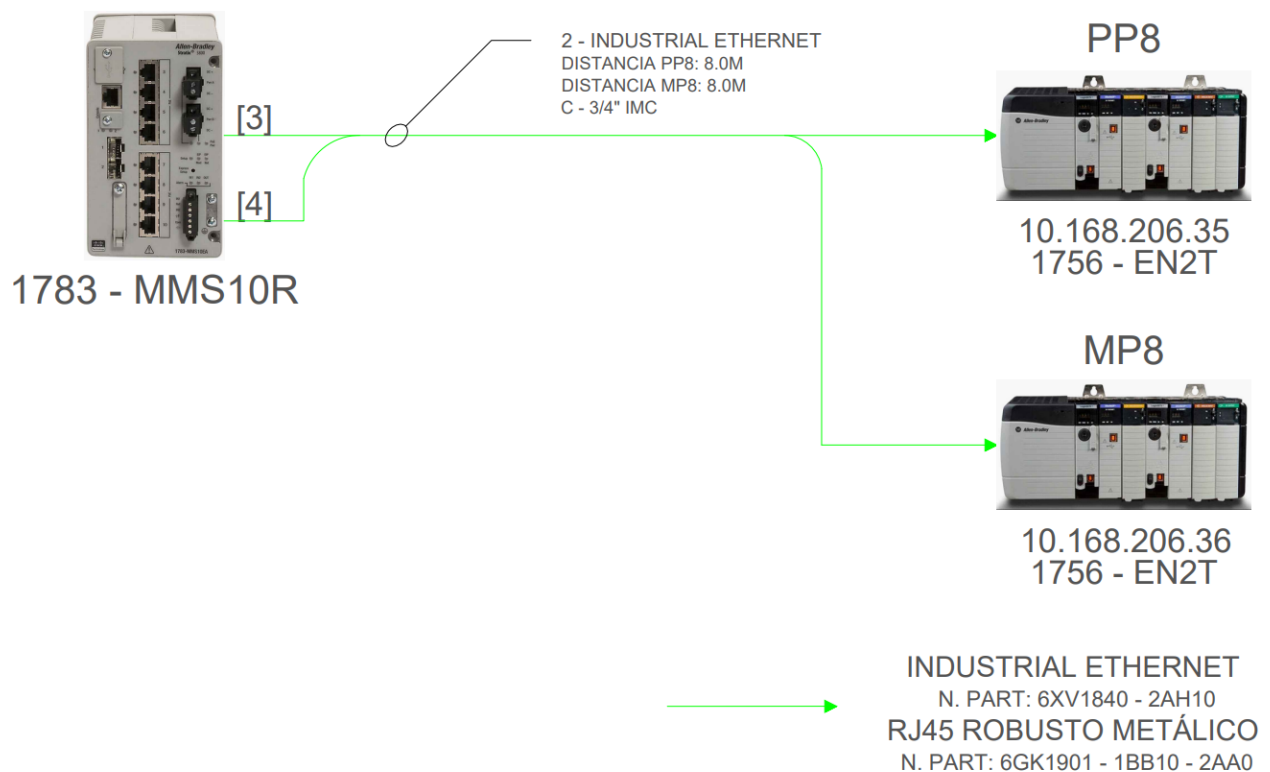


Figura 2.6. Topología de red deseada en molinos

2.4 Configuración de las puertas de enlace

Las puertas de enlace migrarán los protocolos de comunicación PROFINET Y MODBUS/TCP al protocolo en común EtherNet/IP. Debido a que existen dos protocolos de comunicación diferentes, se tiene los siguientes Gateway del fabricante PROSOFT:

- PLX32-EIP-PND
- PLX32-EIP-MBTCP

Cada puerta de enlace tiene su correspondiente configuración en el programa PROSOFT CONFIGURATION BUILDER. Para descargar los datos se lo hace a partir del puerto EtherNet número uno del Gateway correspondiente.

2.4.1 PLX32-EIP-PND

Para migrar el protocolo de comunicación PROFINET a EtherNet/IP se utiliza el GATEWAY PROSOFT de modelo PLX32-EIP-PND. Esta puerta de enlace que se monta en un riel DIN permitió la comunicación bidireccional entre PLCs de la marca SIEMENS y la marca Allen Bradley y su topología es tal como se lo muestra en la siguiente figura:

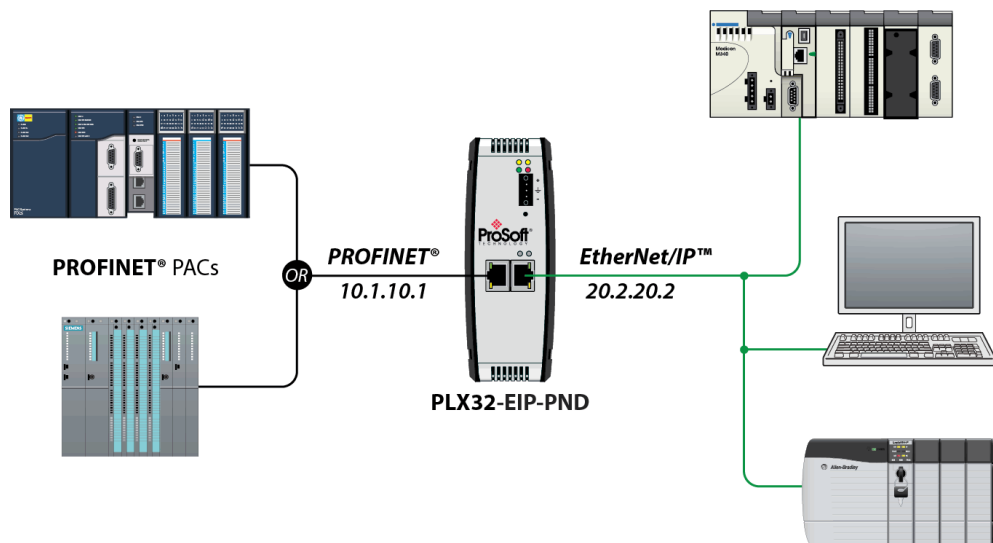


Figura 2.7. Topología de comunicación del PLX32-EIP-PND

Esta representación nos muestra la topología de red admitida por esta puerta de enlace. El PORT2 admite comunicación PROFINET, la cual es usado por los controladores SIEMENS. Por otro lado, en el PORT1 se recibe comunicación EtherNet/IP usado por los PLC de Allen Bradley, además, la descarga de la configuración de este Gateway se lo realiza por este puerto.

La configuración de las direcciones IP que se realizó en esta puerta de enlace se muestra en las siguientes representaciones:

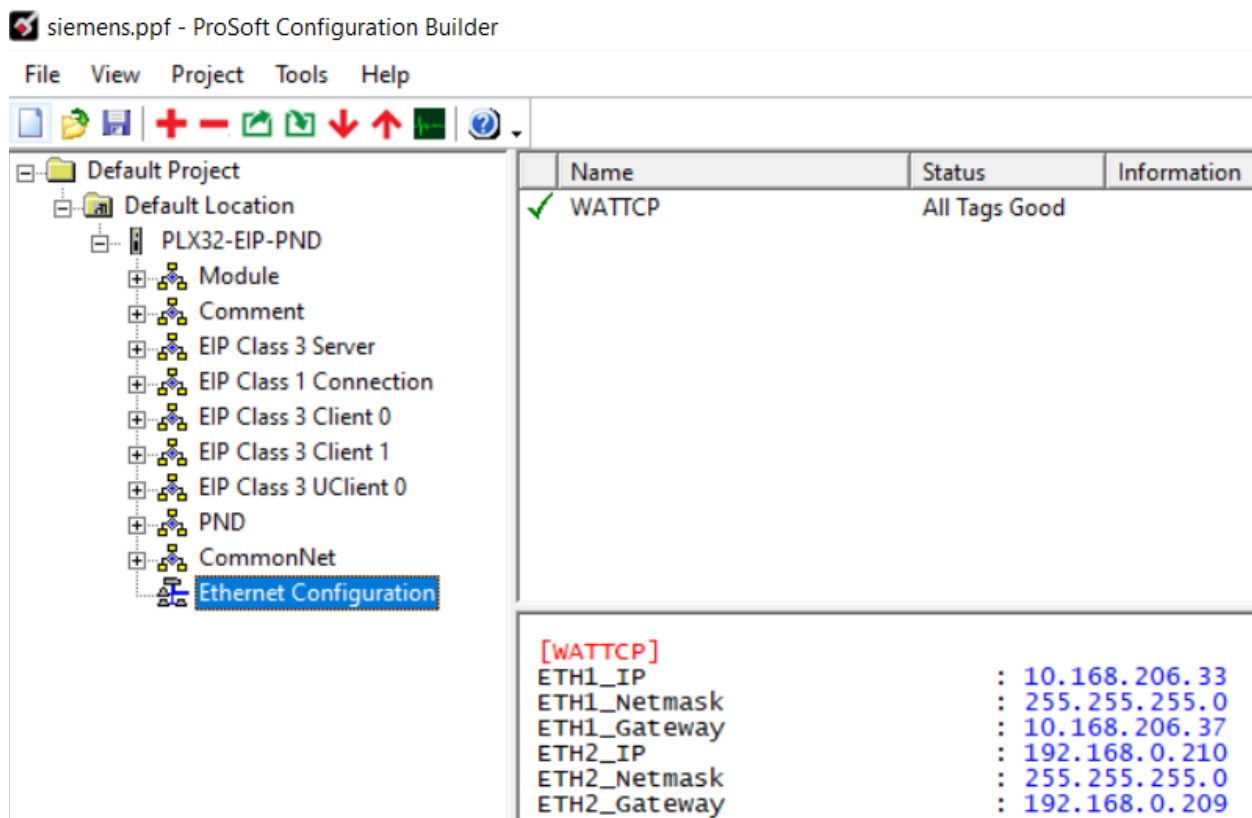


Figura 2.8. Configuración de las direcciones IP del PLX32-EIP-PND

Cada puerto EtherNet/IP tuvo su propia configuración predeterminada, dado que cada PLC tiene está conectado a una subred diferente. Por lo tanto, las configuraciones se realizaron de la siguiente manera:

- **ETHx_IP:** Es la dirección IP que se le da al puerto de la puerta de enlace a criterio propio. No necesariamente tiene que ser el mismo IP para todos los puertos.
- **ETHx_Gateway:** Es la dirección IP de a subred a la que está conectado el PLC. ETHx_IP apunta a esta dirección IP.

Nota: Las configuraciones IP independientes de cada puerto tienen que estar dentro del mismo rango, por ejemplo, la dirección IP 10.168.206.100 y 10.168.206.30 están dentro de un mismo rango.

Para descargar la configuración realizada se accede a la ventana de Download files from PC to module:

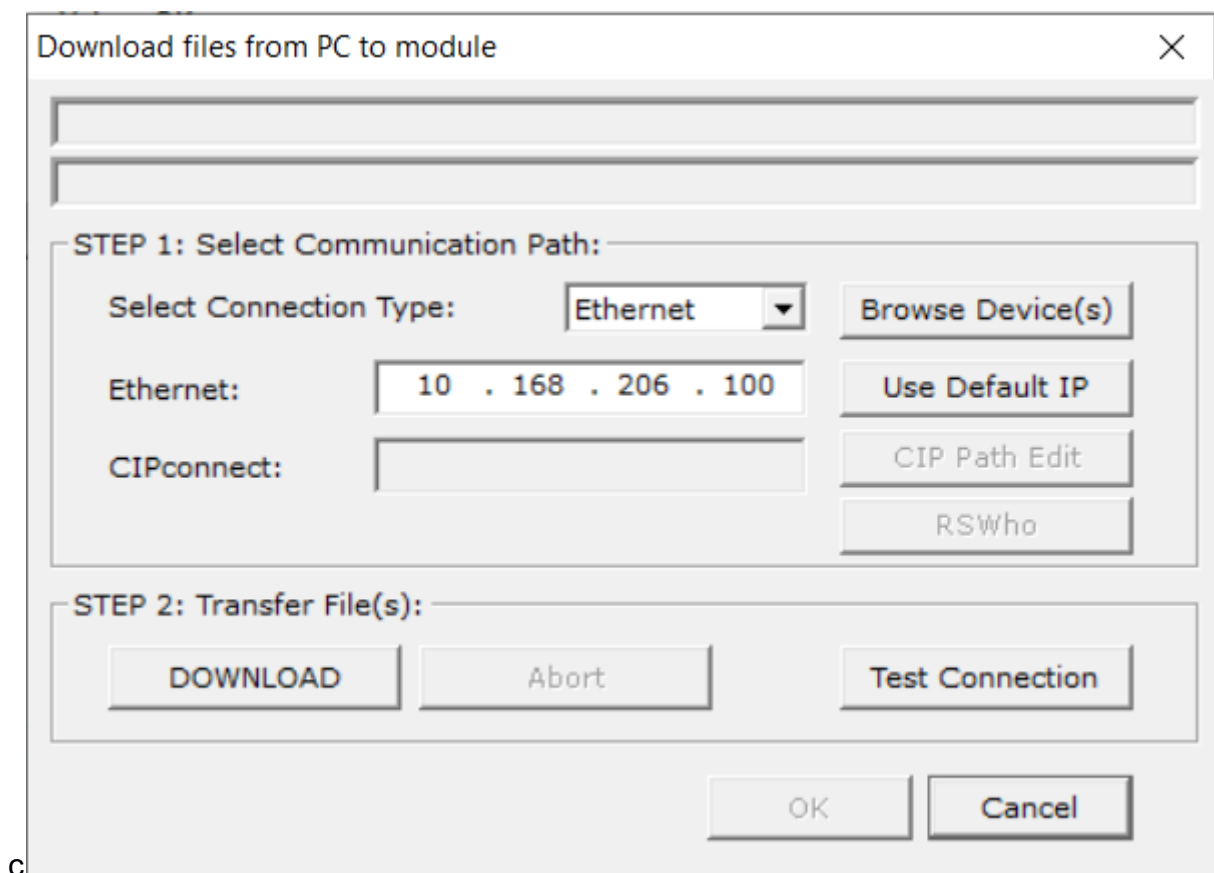


Figura 2.9. Transferencia de configuración del PLX32-EIP-PND

Esta ventana mostró que es necesario una dirección IP para la respectiva conexión usando EtherNet. Es necesario asignar una IP temporal que puede coincidir con la colocada en PORT1, además, esta IP solo sirve como puente para la correspondiente conexión con el Gateway y el PLC y solo se da debe ajustar una vez.

Para configurar la cantidad de datos que se va a requerir del PLC SIEMENS se tiene que acceder a la configuración PND MODULE MAP dentro de PND. Para la configuración de este Gateway solo se va a requerir que, entre 256 Bytes, es decir, 128 palabras.

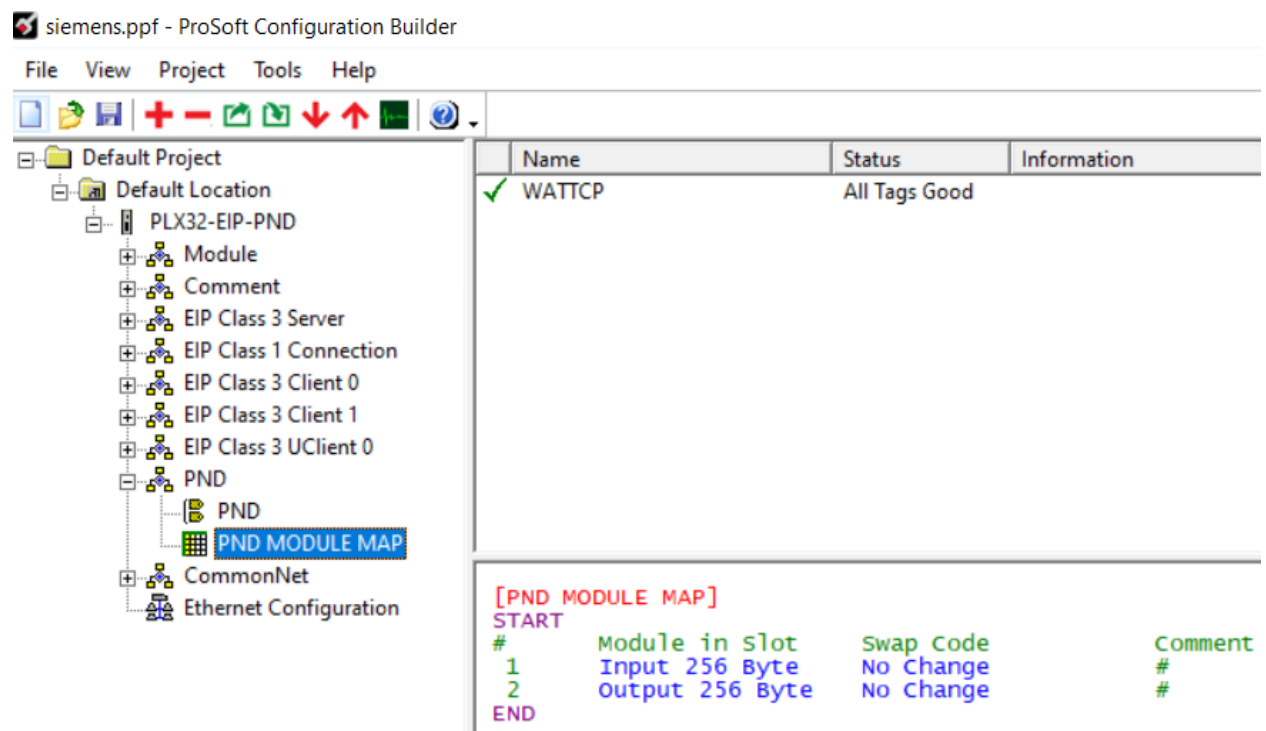


Figura 2.10. Configuración de cantidad de bytes del PLX32-EIP-PND

Luego, se procedió a configurar la cantidad de palabras acorde a la cantidad de módulos y bytes escogidos en la configuración anterior.

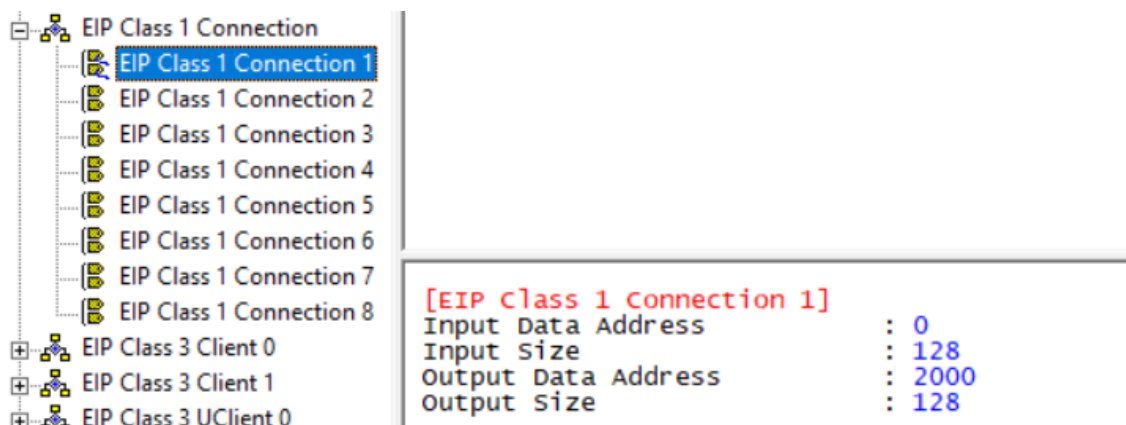


Figura 2.11. Configuración de cantidad de palabras del PLX32-EIP-PND

Aquí se seleccionó 128 palabras de entrada a la puerta de enlace.

Todos estos datos recibidos del controlador SIEMENS se almacenan en una base de datos interna de la puerta de enlace, por eso es importante parametrizar que cantidad de datos se va a extraer del controlador. Finalmente se procedió a descargar la nueva configuración a la puerta de enlace.

2.4.2 PLX32-EIP-MBTCP

Esta puerta de enlace tuvo el propósito de migrar el protocolo de comunicación MODBUS/TCP a EtherNet/IP utilizando un proceso de configuración similar al anterior.

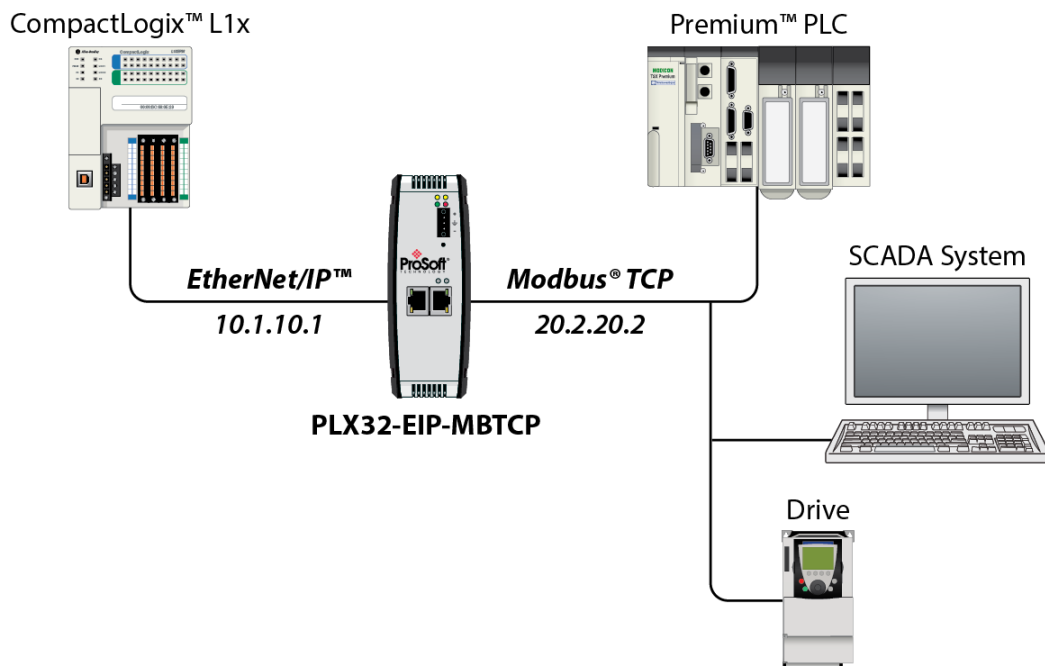


Figura 2.12. Topología de comunicación del PLX32-EIP-MBTCP

Se observa una topología de red donde en el controlador de Allen Bradley se conecta al primer puerto de la puerta de enlace, mientras que en el segundo puerto se conecta un PLC de fabricante SCHENIDER.

Cada PLC tiene asignado una subred diferente por lo que cada configuración de los puertos es independiente.

Aquí se muestra la configuración realizada en la opción EtherNet configuración de las conexiones IP de cada puerto:

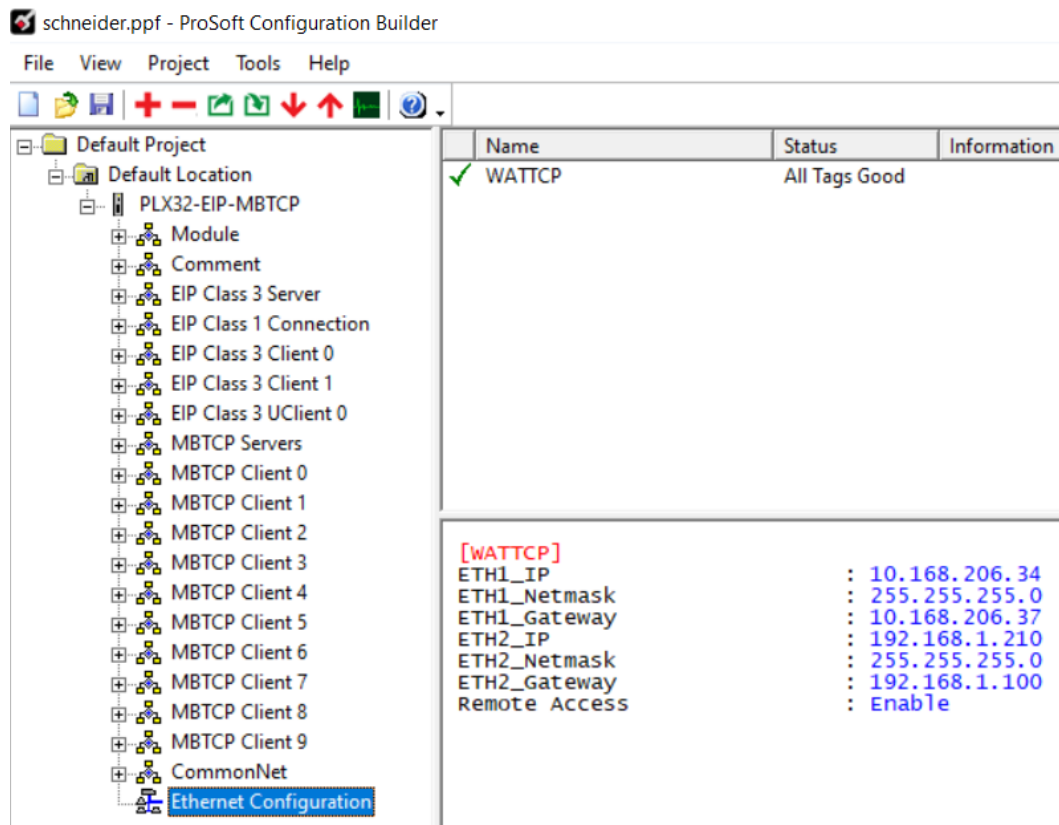


Figura 2.13. Configuración de las direcciones IP del PLX32-EIP-MBTCP

Cada dirección IP asignada tiene su correspondiente función dentro del Gateway, además, al tener dos puertos con diferentes subredes las configuraciones tienen que ser distintas. A continuación, se mencionan la función de cada dirección IP:

- **ETHx_IP:** Es la dirección IP que se le da al puerto de la puerta de enlace a criterio propio. No necesariamente tiene que ser el mismo IP para todos los puertos.
- **ETHx_Gateway:** Es la dirección IP de a subred a la que está conectado el PLC. ETHx_IP apunta a esta dirección IP.

Nota: Las configuraciones IP independientes de cada puerto tienen que estar dentro del mismo rango, por ejemplo, la dirección IP 10.168.206.101 y 10.168.206.30 están dentro de un mismo rango.

Una vez realizada la configuración de las direcciones IP se procedió con la descarga de la información a la puerta de enlace, se lo realizó abriendo la opción Download files from PC to module, y muestra la siguiente ventana:

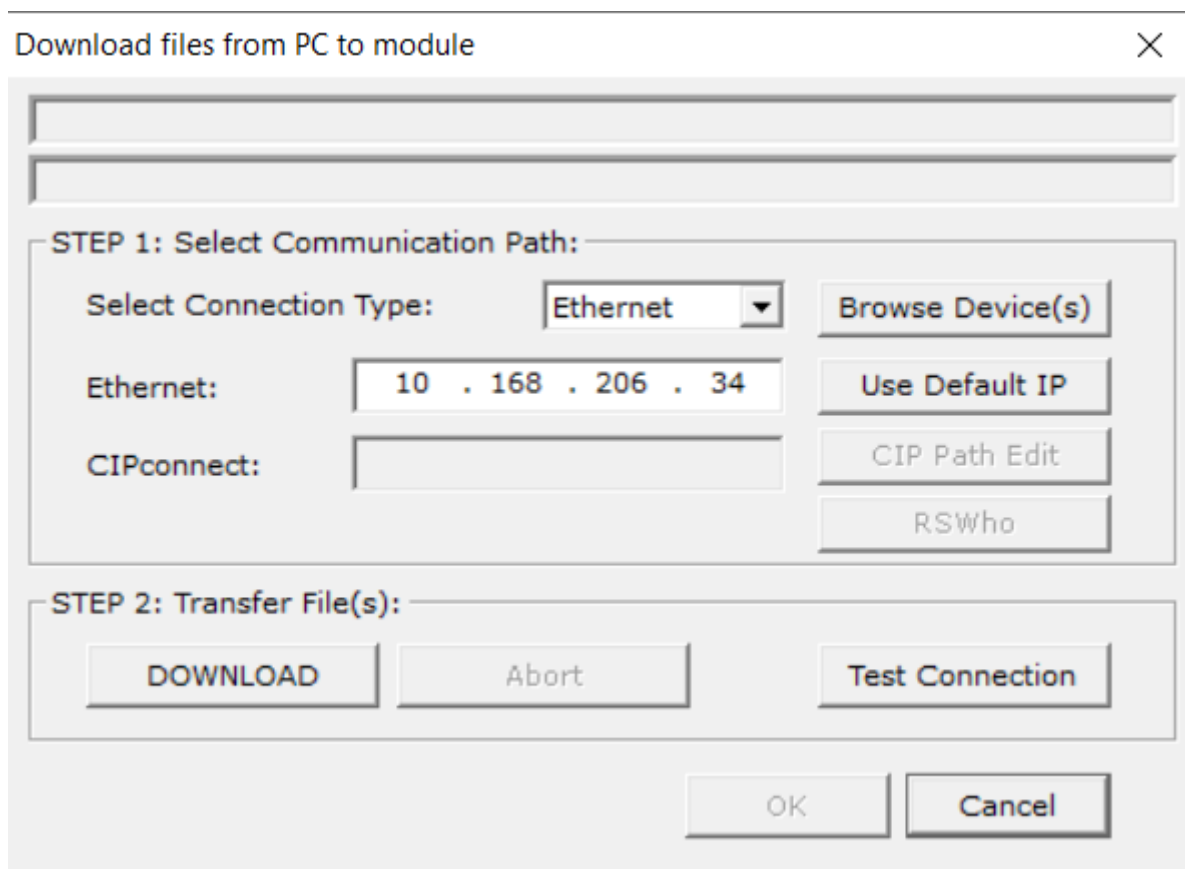


Figura 2.14. Transferencia de configuración del PLX32-EIP-MBTCP

Esta ventana mostró que es necesario una dirección IP para la respectiva conexión usando EtherNet. Es necesario asignar una IP temporal que puede coincidir con la colocada en PORT1, además, esta IP solo sirve como puente para la correspondiente conexión con el Gateway y el PLC y solo se da debe ajustar una vez.

Luego se procedió a colocar la cantidad de datos correspondientes a la información que se va a leer dentro del PLC central.

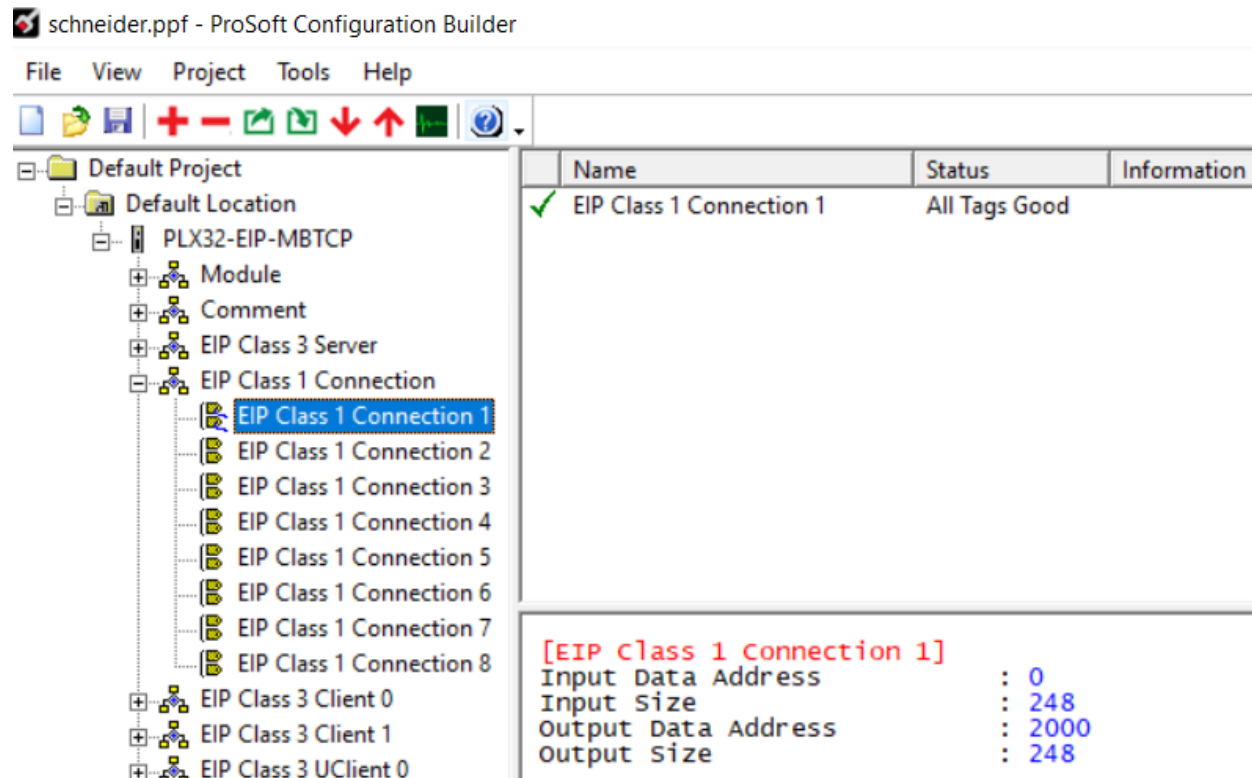


Figura 2.15. Configuración de cantidad de palabras del PLX32-EIP-MBTCP

En este caso son 248 palabras que se tuvo para registrar en la base de datos de la puerta de enlace. Una vez terminada la configuración, se descarga nuevamente todo lo realizado al Gateway.

2.5 Programación de los PLCs

La existencia de una variedad de fabricantes en los controladores lógicos programables obligó a tener que usar métodos de programación en diversos softwares de programación para realizar la transferencia de datos.

La programación para los controladores Allen Bradley en conversión es más simplificada debido a que el PLC central comparte el mismo fabricante. Por otro lado, los controladores que difieren con la marca Allen Bradley tienen un proceso más elaborado en la programación, configuración y redireccionamiento de sus variables a su correspondiente puerta de enlace.

Los respaldos correspondientes a los PLCs Allen Bradley estuvo realizada en RSLogix5000, mientras que, la del PLC concentrador fue en Studio5000.

La configuración de la puerta de enlace fue relacionada con los ajustes realizados en los programas del controlador SIEMENS y Schneider Electric.

2.5.1 Programación de los PLCs Allen Bradley en conversión

Inicialmente se agregó los controladores en red al proyecto del PLC central para poder gestionar la transmisión de los datos por medio de EtherNet, tal como se lo muestra en la siguiente ilustración:

Se toma como ejemplo la programación realizada al PLC Acumulador enfatizando que la configuración y programación es la misma para cada controlador con sus datos correspondientes.



Figura 2.17. Programación de reinicio de bloque MSG para la recepción de los datos TS1

La programación se realizó con un bloque MSG y un temporizador de reinicio del bloque, con el objetivo de actualizar los valores recibidos por parte del PLC correspondiente. La actualización de estos valores fue de cada dos segundos. Una vez transcurrido el tiempo, la señal ‘done’ del temporizador lo apaga. Con el bloque apagado el bloque la señal ‘done’ se setea en cero permitiendo habilitar el bloque, en un bucle infinito. A su vez, la señal ‘done’ del temporizador controlaba la activación y desactivación del bloque, haciendo que se actualice.

Este bloque contiene una serie de parámetros que permitió la comunicación con el PLC acumulador tal como se lo muestra en la siguiente ilustración:

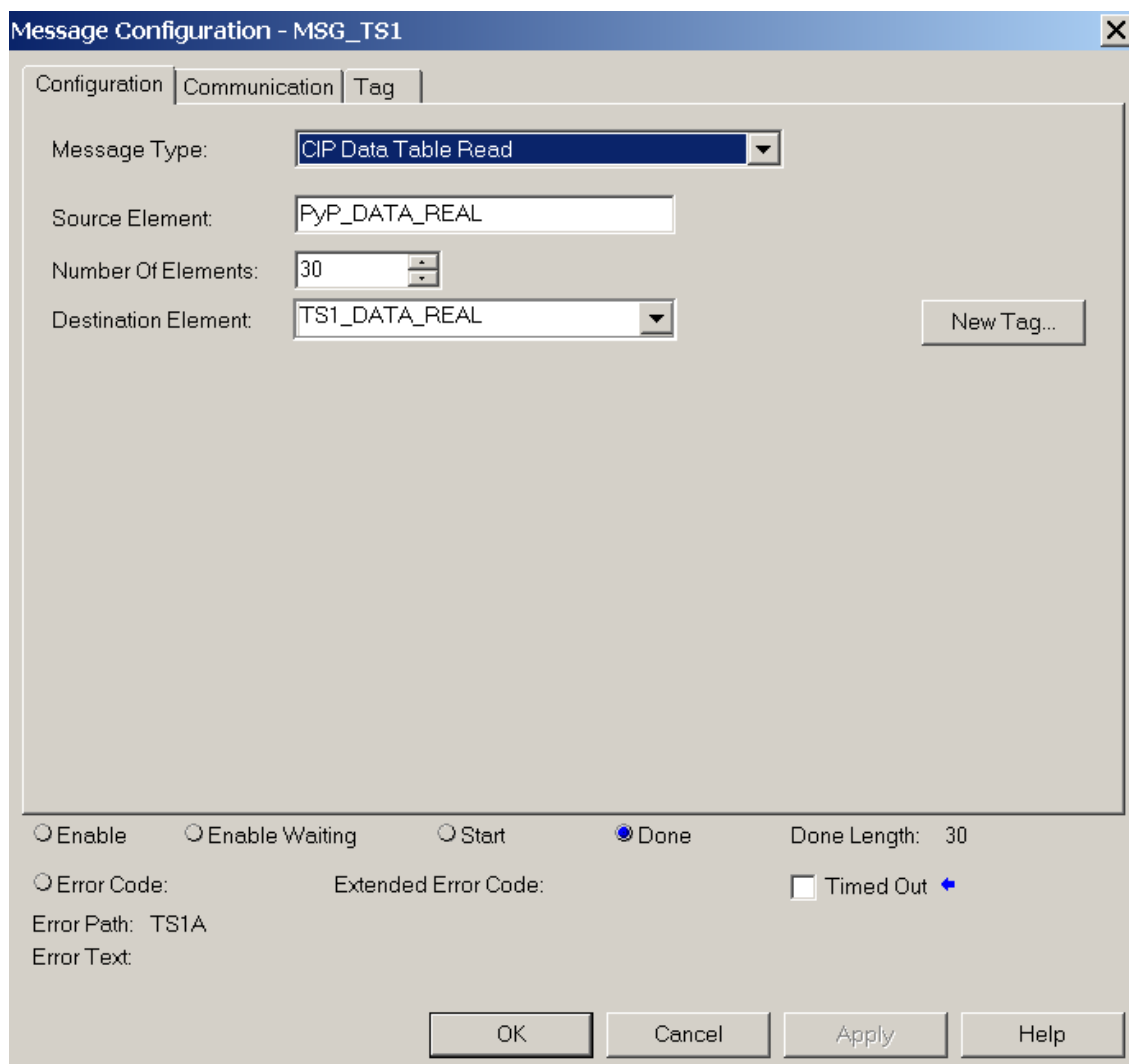


Figura 2.18. Parametrización de configuración MSG acumulador

- Message Type se configuró lo que quiere realizar el bloque, en este caso, recibir o leer datos del PLC correspondiente.
- Source Element fue el arreglo tipo real a la que apuntan las variables originales que quieren ser transmitidas al PLC central.
- Number of Elements fue el número de registros que van a ser leídos por el PLC central.
- Destination Element se configuró con el tag dentro del PLC concentrador, cuyos registros del otro PLC van a ser almacenados.

Por otro lado, en la pestaña ‘Communication’ se coloca el nombre del PLC de donde se realizó la comunicación. Es importante que el PLC este agregado en el proyecto y esté en red.

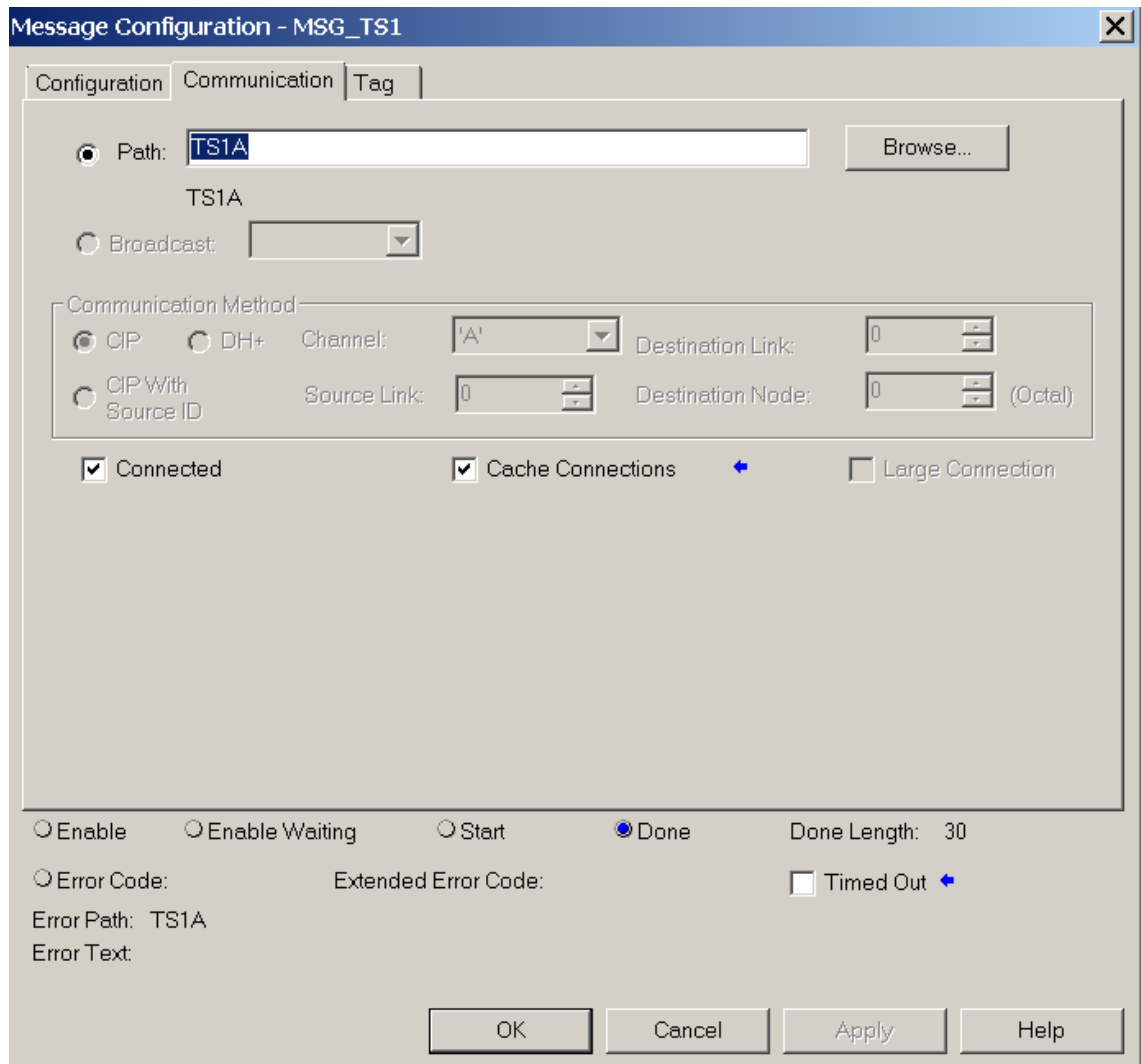


Figura 2.19. Parametrización de configuración MSG acumulador

En la pestaña ‘Tag’ se colocó el tag tipo ‘MESSAGE’ del bloque. Todos los bloques correspondientes a cada PLC tienen su nombre único.

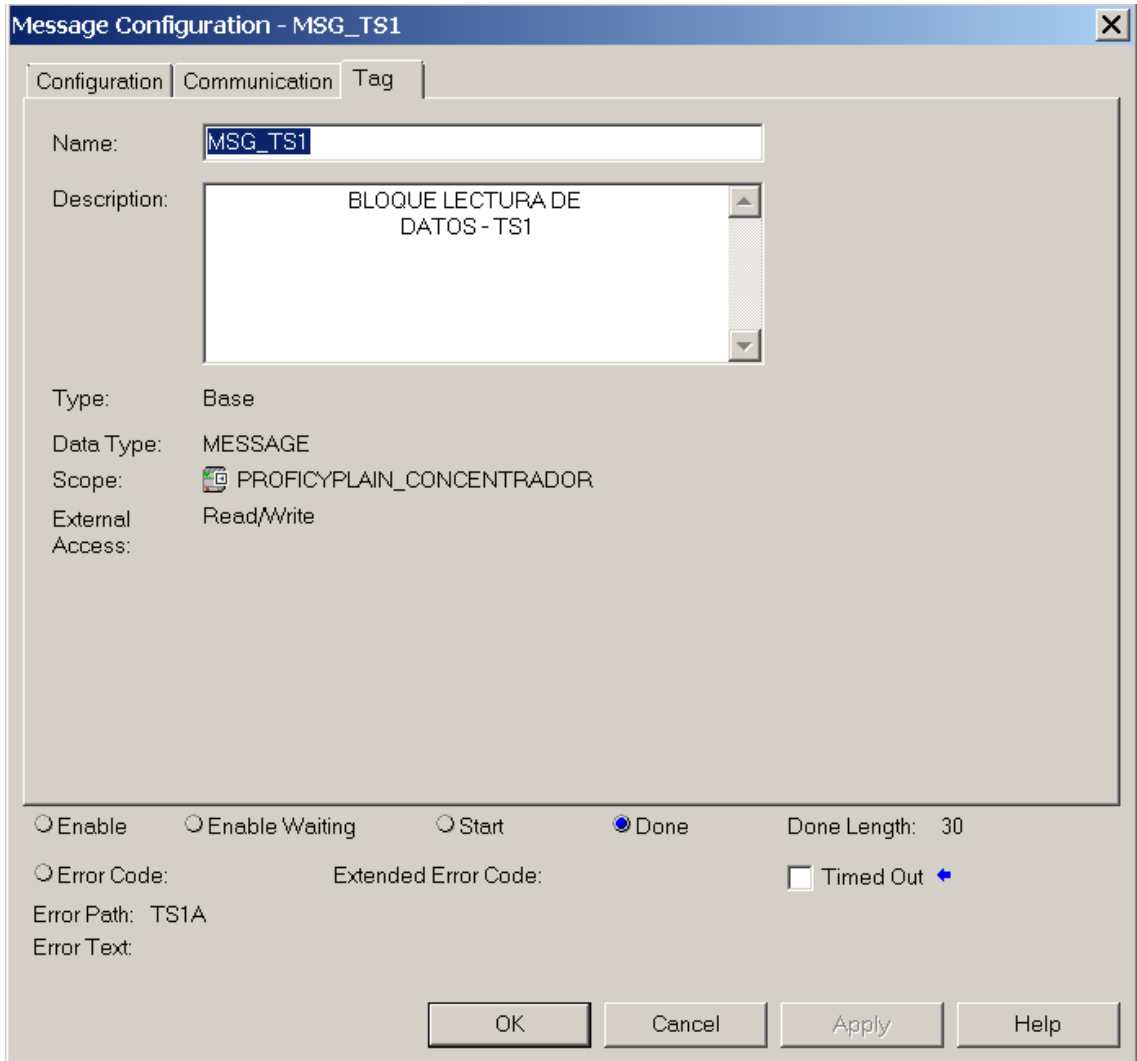


Figura 2.20. Parametrización de configuración MSG acumulador

Con la programación ya realizada se tuvo que cargar las subrutinas al programa principal.



Figura 2.21. Rutinas en el programa principal

Todos los tags en los controladores AB dentro de conversión tuvieron los arreglos con la nomenclatura PyP_DATA_REAL. En lo que si difirió es la dimensión de cada arreglo, debido a que no en todos los PLCs se transmitió la misma cantidad de datos.

No es necesario agregar al PLC central en cada proyecto de los controladores Allen Bradley en conversión.

2.5.1.1 Acumulador

El PLC acumulador tiene veinticinco datos a ser centralizado, sin embargo, se realizó un arreglo de dimensión treinta para una posible expansión de datos.

Tabla 2.4. Variables para centralizar TS1

Tag original en TS1	Tag TS1 en arreglo	Tag Concentrador	Unidades
RS_Ops.ToOps.IP.rHomeOffset	PyP_DATA_REAL[0]	TS1_DATA_REAL[0]	°
AOI_AC1_LogDropTime.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[1]	TS1_DATA_REAL[1]	ms
RS_Ops.ToOps.GW.rAdhesivePumpCycleTime	PyP_DATA_REAL[2]	TS1_DATA_REAL[2]	seg
AOI_AC1_InfeedMaxCurrentPerc.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[3]	TS1_DATA_REAL[3]	%
AOI_AC1_OutfeedMaxCurrentPerc.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[4]	TS1_DATA_REAL[4]	%
RS_Ops.ToOps.Product.rLogDiameter	PyP_DATA_REAL[5]	TS1_DATA_REAL[5]	mm
AOI_AC1_ChainLubeFreq.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[6]	TS1_DATA_REAL[6]	N°
RS_Ops.ToOps.Product.rTotalCulledLogs	PyP_DATA_REAL[7]	TS1_DATA_REAL[7]	N°
RS_Ops.ToOps.Product.rTotalLogs	PyP_DATA_REAL[8]	TS1_DATA_REAL[8]	N°
RS_Ops.ToOps.Product.rCurrentLPM	PyP_DATA_REAL[9]	TS1_DATA_REAL[9]	N°
RS_Ops.ToOps.Product.rTailLength	PyP_DATA_REAL[10]	TS1_DATA_REAL[10]	mm
RS_Ops.ToOps.GW.rGluWireAppPos	PyP_DATA_REAL[11]	TS1_DATA_REAL[11]	mm

RS_Ops.ToOps.Infeed.rLogDetectDelay	PyP_DATA_REAL[12]	TS1_DATA_REAL[12]	ms
RS_Ops.ToOps.Product.rTailPosition	PyP_DATA_REAL[13]	TS1_DATA_REAL[13]	%
RS_Ops.ToOps.GW.rAdhesiveCableDropDelay	PyP_DATA_REAL[14]	TS1_DATA_REAL[14]	ms
AOI_AC1_InfeedLogSettleTime.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[15]	TS1_DATA_REAL[15]	ms
RS_Ops.ToOps.Infeed.rLogDetectDelay	PyP_DATA_REAL[16]	TS1_DATA_REAL[16]	ms
RS_Ops.ToOps.Infeed.rLogDetectDelay	PyP_DATA_REAL[17]	TS1_DATA_REAL[17]	ms
RS_Ops.ToOps.IP.rIndexDelay	PyP_DATA_REAL[18]	TS1_DATA_REAL[18]	ms
AOI_AC1_InfeedMaxTorqueTime.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[19]	TS1_DATA_REAL[19]	seg
AOI_AC1_OutfeedMaxTorqueTime.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[20]	TS1_DATA_REAL[20]	seg
RS_Ops.ToOps.GW.Rrpm	PyP_DATA_REAL[21]	TS1_DATA_REAL[21]	rpm
RS_Ops.ToOps.GW.rRPM	PyP_DATA_REAL[22]	TS1_DATA_REAL[22]	rpm
AOI_AC1_InfeedSpeed.O_WorkingValue	PyP_DATA_REAL[23]	TS1_DATA_REAL[23]	%
RS_Ops.ToOps.Infeed.rRPM	PyP_DATA_REAL[24]	TS1_DATA_REAL[24]	rpm

Para apuntar a cada valor de las variables originales se utilizó lenguaje estructurado cuyo archivo fue creado en la carpeta de ‘P01_GENERAL_MACHINE’

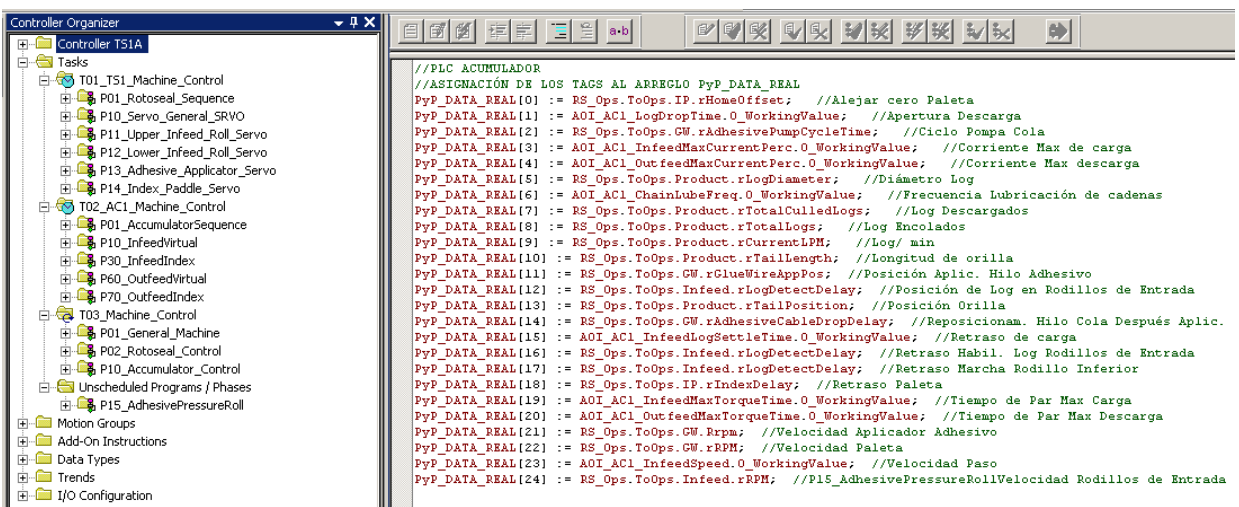


Figura 2.22. Programación en texto estructurado acumulador

Este programa hizo el almacenamiento de cada tag requerido en cada registro siguiendo un orden correspondiente que también coincide con el orden que se lleva en el PLC central. Luego solo se actualiza la programación sin descargar al controlador.

2.5.1.2 Cortadora

Este controlador tuvo veintiséis datos a ser transmitidos al PLC central, y al igual que el PLC anterior se realizó un arreglo de tipo real de dimensión treinta para reserva.

Tabla 2.5. Variables para centralizar LS1

Tag original en LS1	Tag LS1	Tag Concentrador	Unidades
SAWA_SOp.Act_Cutoff	PyP_DATA_REAL[0]	LS1_DATA_REAL[0]	cortes
SAWA_SOp.TotalCuts	PyP_DATA_REAL[1]	LS1_DATA_REAL[1]	cortes
SAWA_SOp.AirCuts	PyP_DATA_REAL[2]	LS1_DATA_REAL[2]	cortes
SOp_SAWA.DumpAdjust	PyP_DATA_REAL[3]	LS1_DATA_REAL[3]	mm
LS1_BldActualDiaMetric	PyP_DATA_REAL[4]	LS1_DATA_REAL[4]	mm
LS1_PCI_GrindDiameter	PyP_DATA_REAL[5]	LS1_DATA_REAL[5]	mm
LS1_MinBladeDiaMetric	PyP_DATA_REAL[6]	LS1_DATA_REAL[6]	mm
SAWA_SOp.AirDist	PyP_DATA_REAL[7]	LS1_DATA_REAL[7]	mm
SOp_SAWA.GrindFreq	PyP_DATA_REAL[8]	LS1_DATA_REAL[8]	cortes
SOp_SAWA.PushChainFreq	PyP_DATA_REAL[9]	LS1_DATA_REAL[9]	min
LS1_PCI_BladeLubeOffset	PyP_DATA_REAL[10]	LS1_DATA_REAL[10]	cortes
LS1_Cutoff	PyP_DATA_REAL[11]	LS1_DATA_REAL[11]	mm
LS1_LogLength	PyP_DATA_REAL[12]	LS1_DATA_REAL[12]	mm
LS1_AutoGrindLeft	PyP_DATA_REAL[13]	LS1_DATA_REAL[13]	seg
LS1_PCI_BladeLubeOffset	PyP_DATA_REAL[14]	LS1_DATA_REAL[14]	°
LS1_RearTrim	PyP_DATA_REAL[15]	LS1_DATA_REAL[15]	mm
LS1_FrontTrim	PyP_DATA_REAL[16]	LS1_DATA_REAL[16]	mm
SAWA_SOp.TotalRolls	PyP_DATA_REAL[17]	LS1_DATA_REAL[17]	rollos
SOp_SAWA.PackagingFaultDelayTime	PyP_DATA_REAL[18]	LS1_DATA_REAL[18]	seg
SOp_SAWA.RollBackupStopTime	PyP_DATA_REAL[19]	LS1_DATA_REAL[19]	seg

LS1_Blade_Lube_TM.A CC	PyP_DATA_REAL[20]	LS1_DATA_REAL[20]	seg
LS1_Blade_Lube_Air.AC C	PyP_DATA_REAL[21]	LS1_DATA_REAL[21]	seg
SOp_SAWA.PushChainD ur	PyP_DATA_REAL[22]	LS1_DATA_REAL[22]	seg
LS1_CutsPerMinMax	PyP_DATA_REAL[23]	LS1_DATA_REAL[23]	cortes/min
LS1_BladeSpeedRL	PyP_DATA_REAL[24]	LS1_DATA_REAL[24]	m/min
LS1_PCI_Recommended GrindSpeedMPM	PyP_DATA_REAL[25]	LS1_DATA_REAL[25]	m/min

La programación pertinente al apunte de los tags originales a cada registro correspondiente del arreglo se la realizó dentro de una carpeta llamada ‘P001_MainProgram’

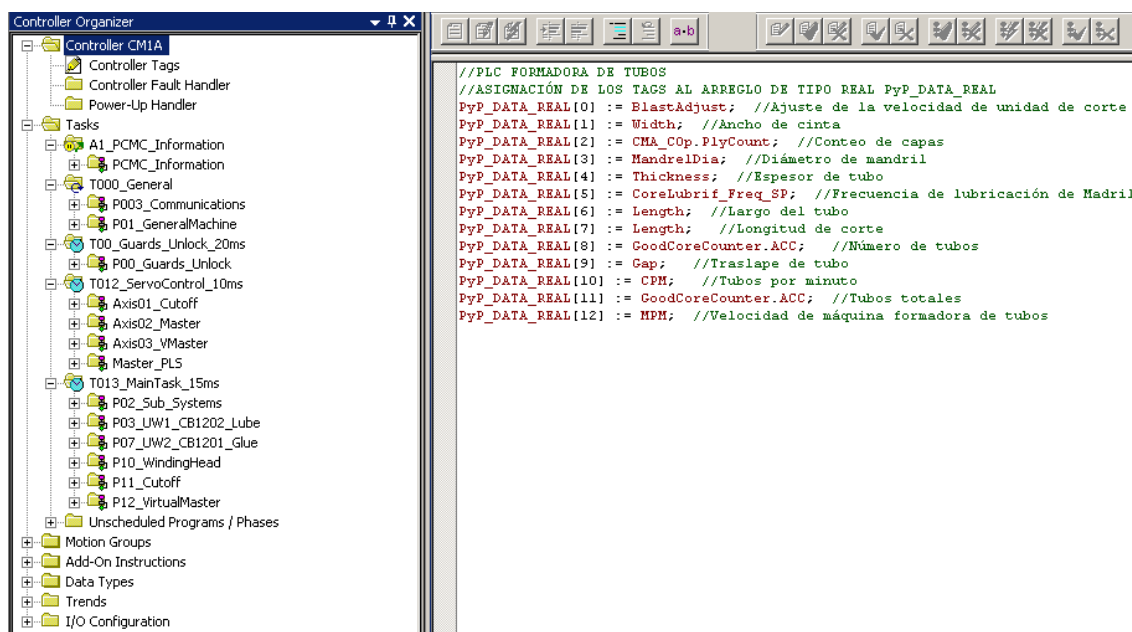


Figura 2.23. Programación en texto estructurado cortadora

Esta programación apunta a cada variable en un orden específico que también coincide con la del PLC central. Finalmente, la programación solo se actualiza, no se descarga.

La configuración del Bloque MSG para este controlador fue hecho de la siguiente manera:

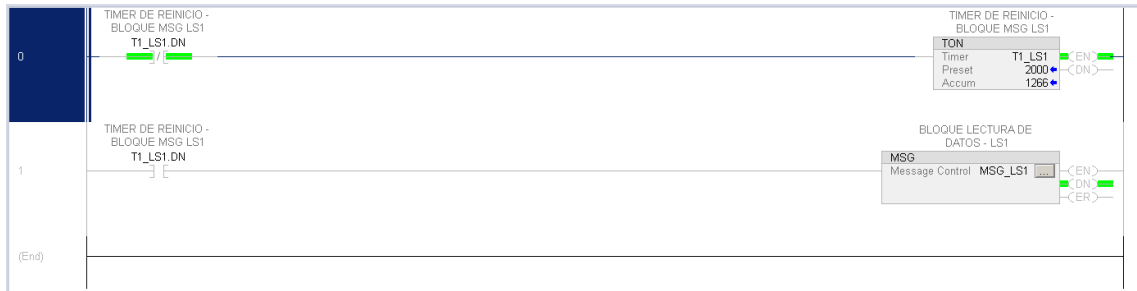


Figura 2.24. Programación de reinicio de bloque MSG para actualización de datos LS1

Figura 2.25. Parametrización de configuración MSG cortadora

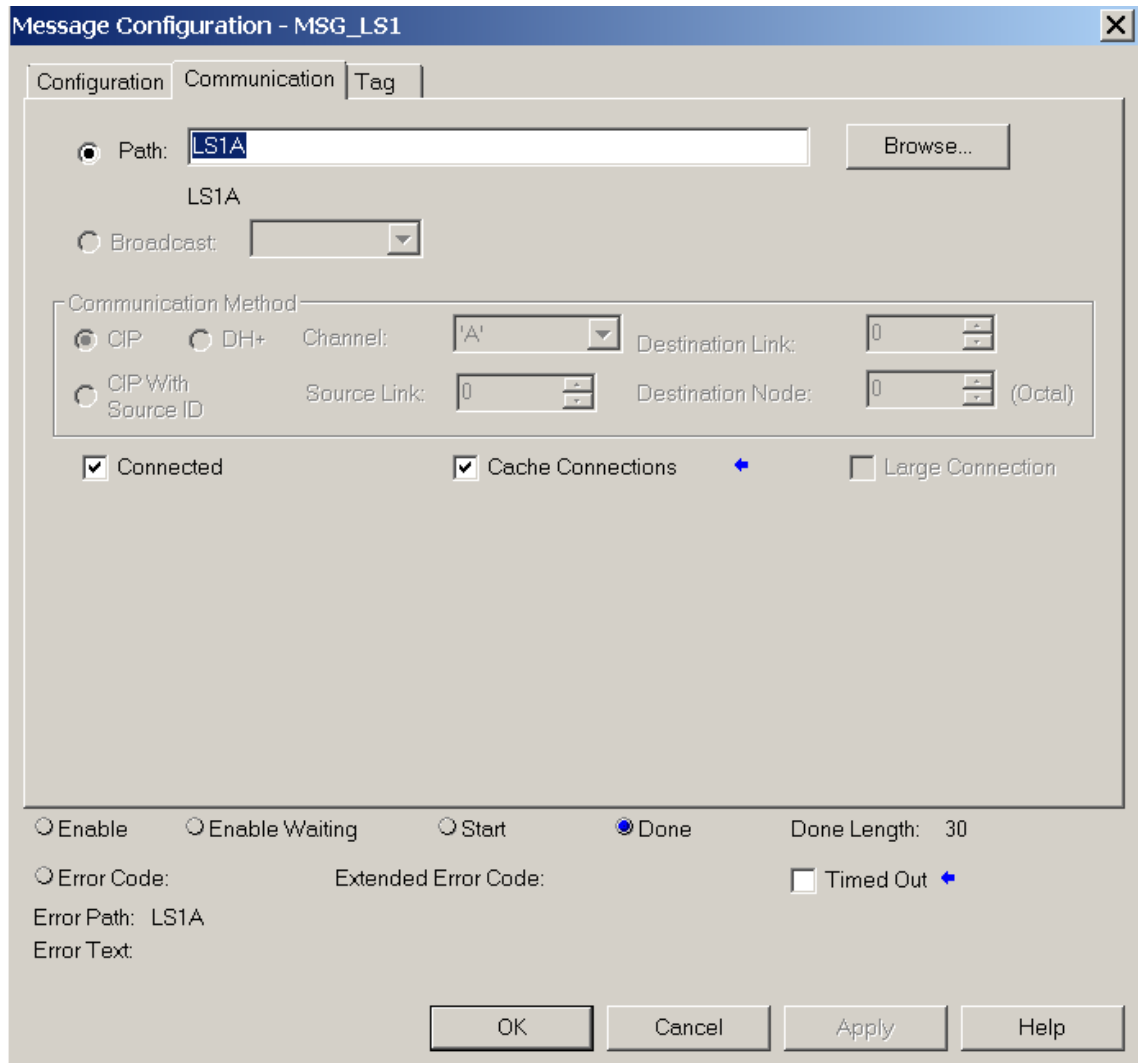


Figura 2.26. Parametrización de configuración MSG cortadora

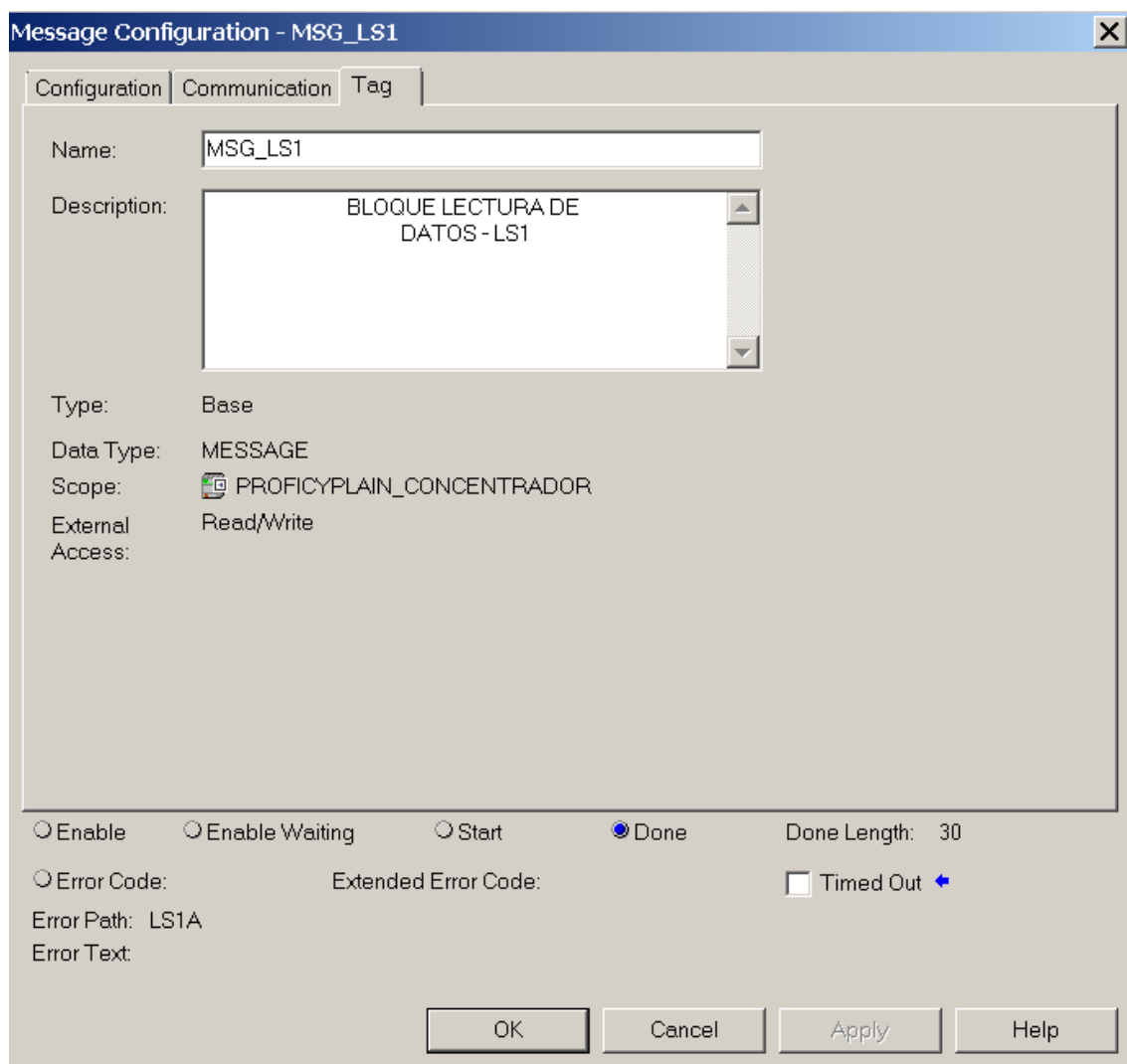


Figura 2.27. Parametrización de configuración MSG cortadora

2.5.1.3 Formadora de tubos

Este controlador contó con trece datos a transmitir al PLC concertador, y se realizó un arreglo de veinte reales para reserva.

Tabla 2.6. Variables para centralizar CM1

Tag original en CM1	Tag CM1	Tag Concentrador	Unidades
BlastAdjust	PyP_DATA_REAL[0]	CM1_DATA_REAL[0]	%
Width	PyP_DATA_REAL[1]	CM1_DATA_REAL[1]	mm
CMA_COp.PlyCount	PyP_DATA_REAL[2]	CM1_DATA_REAL[2]	N°
MandrelDia	PyP_DATA_REAL[3]	CM1_DATA_REAL[3]	mm
Thickness	PyP_DATA_REAL[4]	CM1_DATA_REAL[4]	mm
CoreLubrifi_Freq_SP	PyP_DATA_REAL[5]	CM1_DATA_REAL[5]	N°

Length	PyP_DATA_REAL[6]	CM1_DATA_REAL[6]	mm
Length	PyP_DATA_REAL[7]	CM1_DATA_REAL[7]	mm
GoodCoreCounter.ACC	PyP_DATA_REAL[8]	CM1_DATA_REAL[8]	N°
Gap	PyP_DATA_REAL[9]	CM1_DATA_REAL[9]	mm
CPM	PyP_DATA_REAL[10]	CM1_DATA_REAL[10]	tubos/min
GoodCoreCounter.ACC	PyP_DATA_REAL[11]	CM1_DATA_REAL[11]	N°
MPM	PyP_DATA_REAL[12]	CM1_DATA_REAL[12]	m/min

La programación almacena las variables en cada registro correspondiente del arreglo de reales. Este archivo de texto estructurado se guardó en la capeta ‘P01_GeneralMachine’

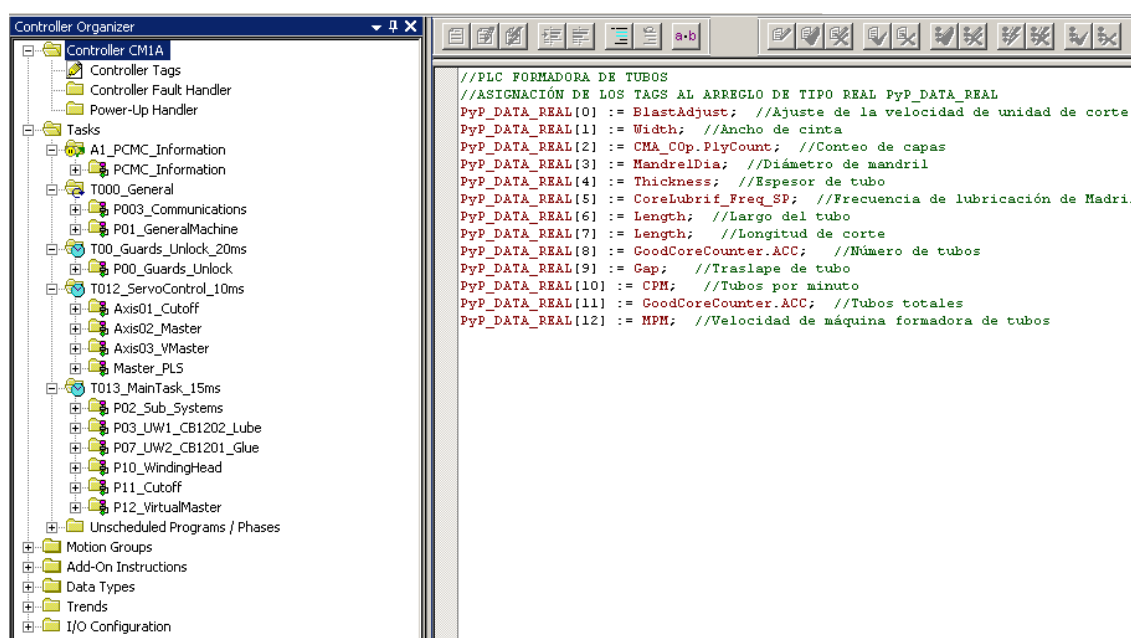


Figura 2.28. Programación en texto estructurado CM1

Los registros siguen un orden específico que también se tiene que cumplió dentro del arreglo de reales al que apunta el bloque MSG en el PLC concentrador.

El bloque MSG para este controlador tiene la siguiente configuración mostrada en las siguientes ilustraciones:



Figura 2.29. Programación de reinicio de bloque MSG para actualización de datos CM1

Figura 2.30. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos

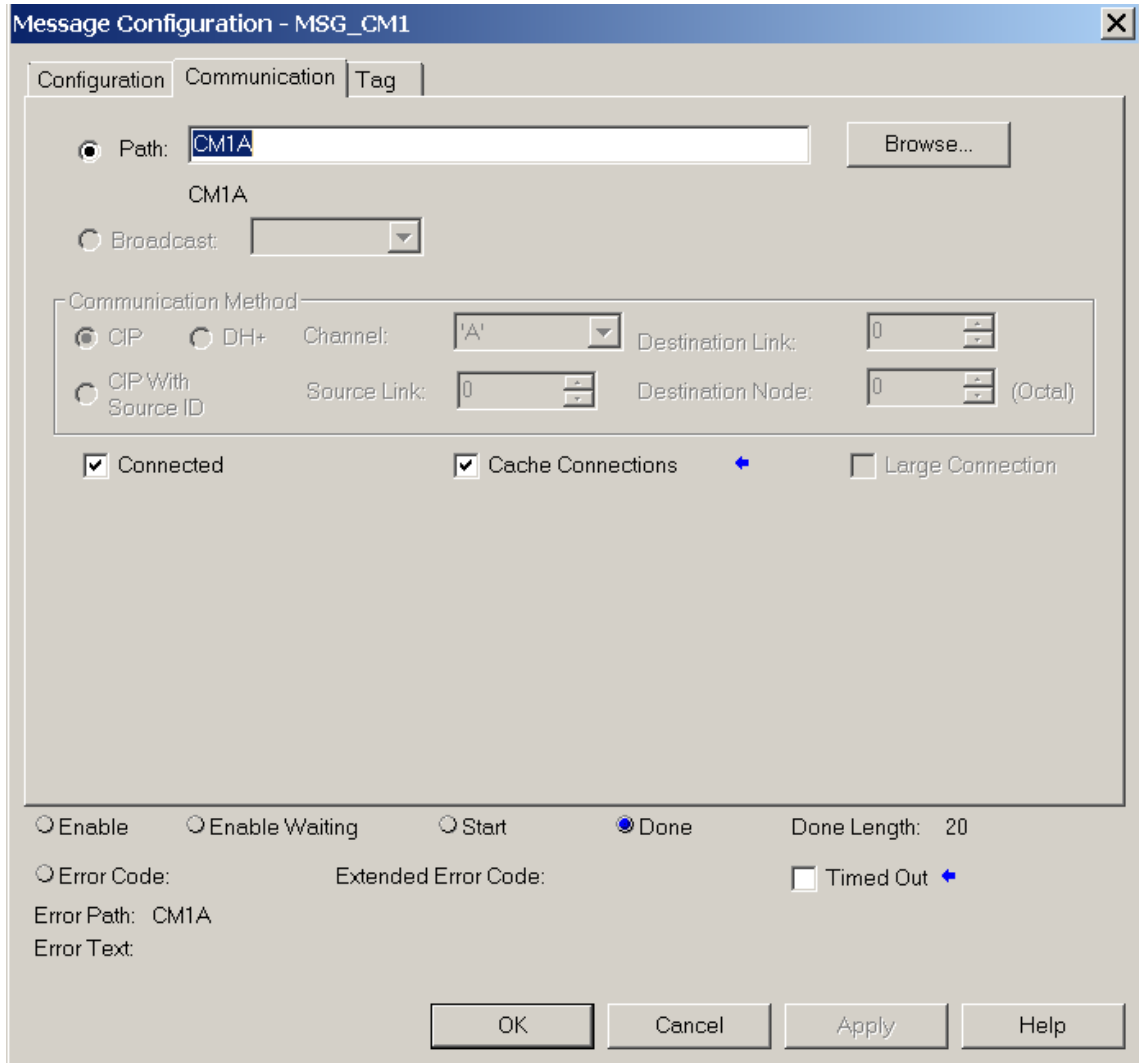


Figura 2.31. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos

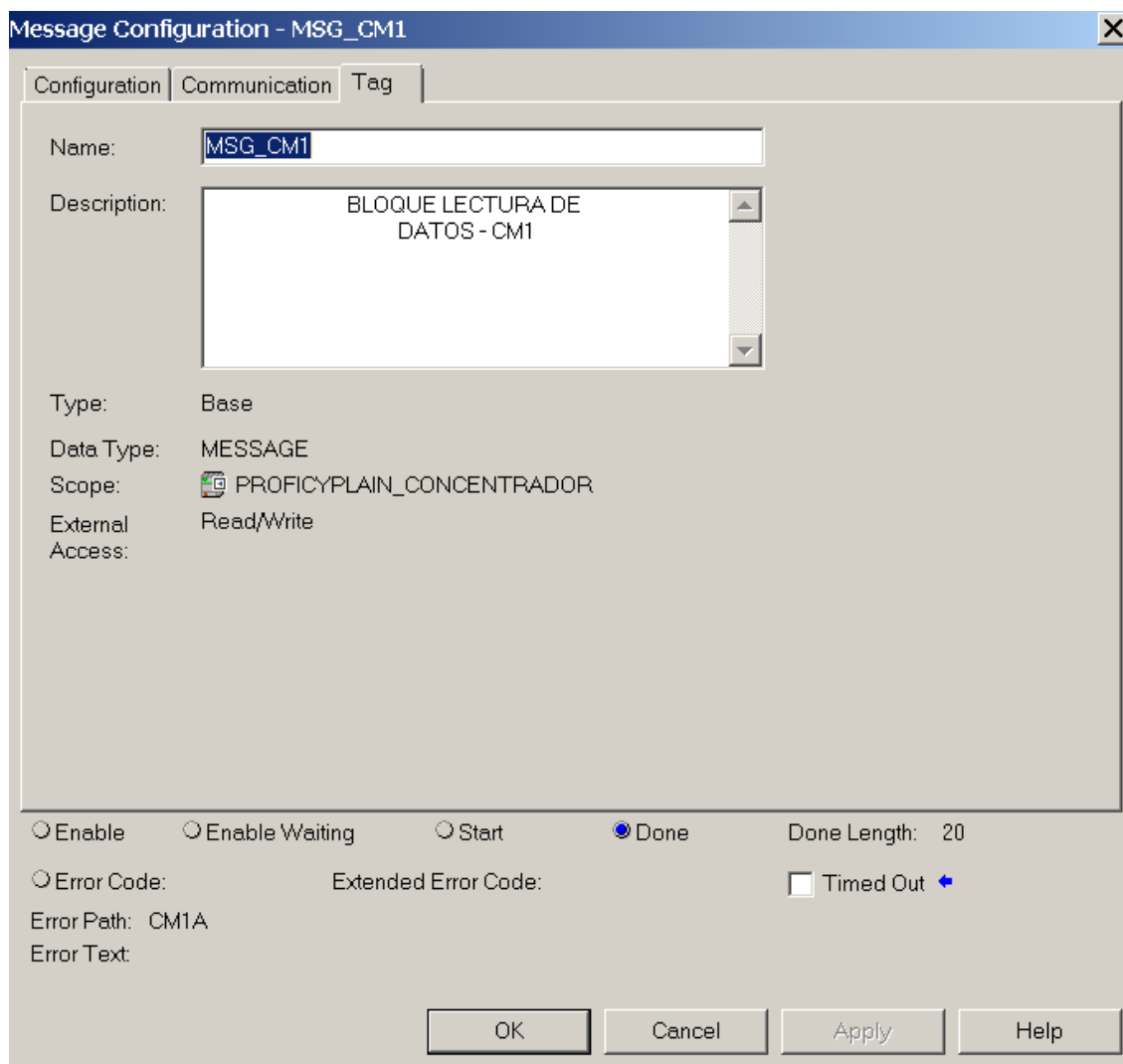


Figura 2.32. Parametrización de configuración MSG formadora de tubos

2.5.2 Programación de PLC SIEMENS

Este controlador se manejó con el protocolo ProfiNet industrial, por lo que se tuvo que traducir al protocolo EtherNet. Esto se logró haciendo uso de la puerta de enlace.

Se tiene que agregar este hardware al proyecto en SIMATIC Manager con la respectiva configuración de este.

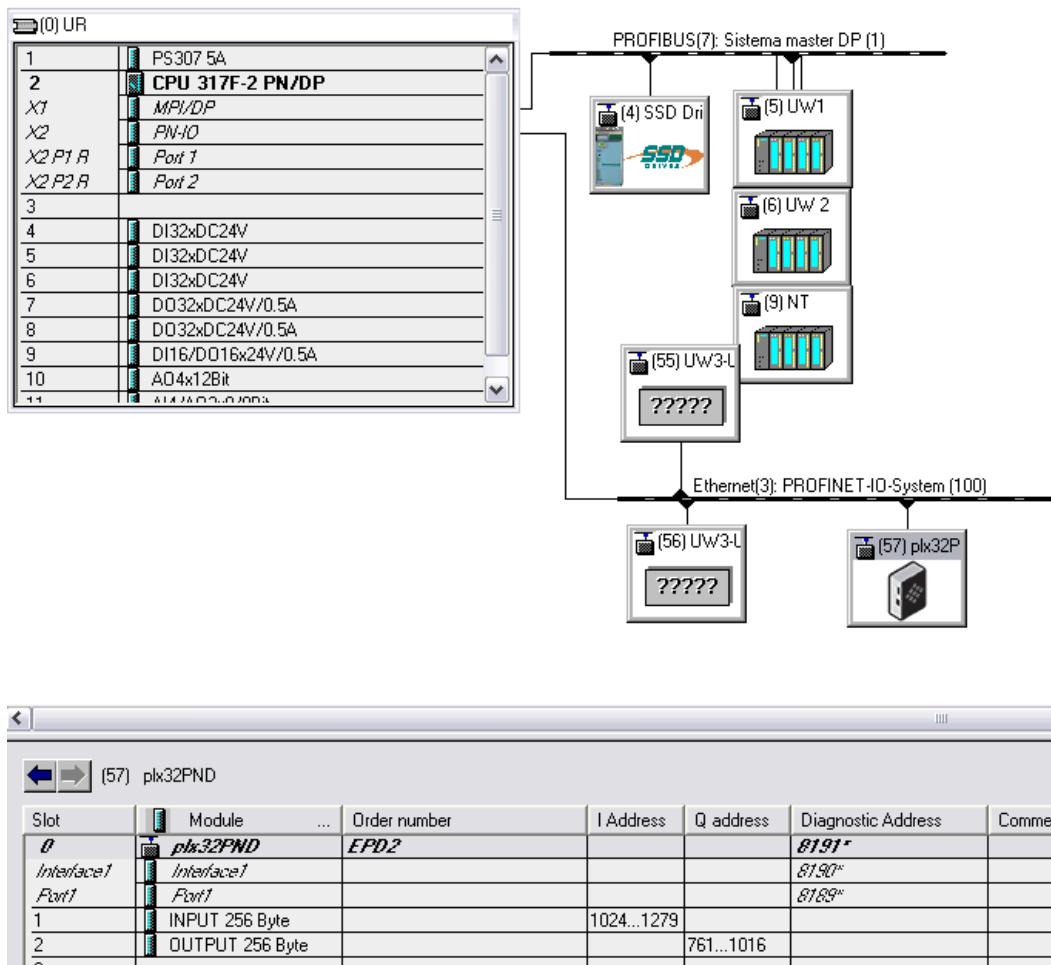


Figura 2.33. Hardware en nodo PN/IO

Se agregó en el nodo PN/IO porque es el puerto ProfiNet del controlador Siemens. En este nodo hay otros dispositivos que comparten la misma subred 192.168.0.1

Con la puerta de enlace agregado, se incorporó los módulos de entrada y salida de 256 bytes cada uno, es decir, 128 palabras. Estos bytes son lo que ocupamos dentro de la base de datos interno de la puerta de enlace. Las bases de datos de se relacionan para comunicarse bidireccionalmente entre los controladores central y PCMC.

La configuración de esta puerta de enlace se relacionó con los IP puestos en el software Prosoft Configuration Builder, el que es el programa para parametrizar todos los datos de la puerta de enlace

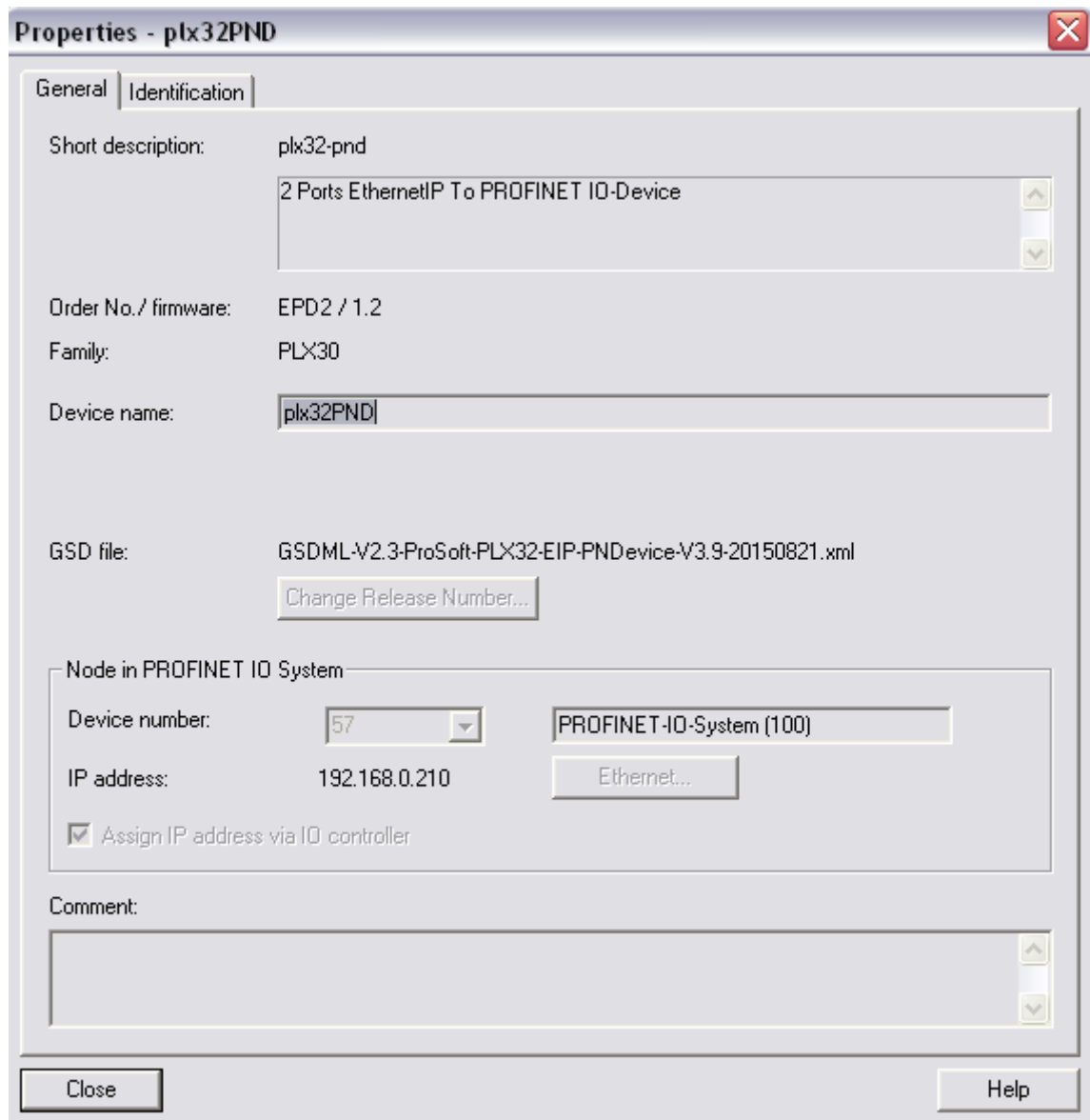


Figura 2.34. Configuración hardware en nodo PN/IO

En la subred de este nodo, se tuvo que habilitar la opción de ‘use Gateway’ que permitió la comunicación con la puerta de enlace. Se le tuvo que asignar una dirección IP 192.168.0.209. El IP de la puerta de enlace fue 192.168.0.210 colocado como dispositivo número 57.

Esta configuración permitió poner en red a la puerta de enlace y conectarse con el proyecto al descargarlo en la programación.

Tabla 2.7. Variables para centralizar PCMC

Tag original en PCMC	Tag Concentrador	Unidades
[PLC1]DB00020.DBW0002	PND:I1.Data[0]	bit
[PLC1]DB00020.DBW0004	PND:I1.Data[1]	code
[PLC1]DB00020.DBW0006	PND:I1.Data[2]	mm
[PLC1]DB00020.DBW0010	PND:I1.Data[3]	m/min
[PLC1]DB00020.DBW0016	PND:I1.Data[4]	%
[PLC1]DB00021.DBW0002	PND:I1.Data[5]	%
[PLC1]DB00021.DBW0006	PND:I1.Data[6]	mm
[PLC1]DB00021.DBW0016	PND:I1.Data[7]	%
[PLC1]DB00021.DBW0016	PND:I1.Data[8]	%
[PLC1]DB00021.DBW0018	PND:I1.Data[9]	%
[PLC1]DB00021.DBW0020	PND:I1.Data[10]	N°
[PLC1]DB00021.DBW0022	PND:I1.Data[11]	%
[PLC1]DB00021.DBW0024	PND:I1.Data[12]	N°
[PLC1]DB00021.DBW0032	PND:I1.Data[13]	%
[PLC1]DB00021.DBX00123,4	PND:I1.Data[14]	Kg

Estas variables de este PLC se requieren centralizar. Son quince variables de tipo palabra, enfatizando que la puerta de enlace tuvo 128 registros de palabras disponibles para su uso. La programación se hizo en lenguaje estructurado para el redireccionamiento de los registros a la base de datos del Gateway.

```

L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Set_Nlame          DB21.DEW24
T   AW 761
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_Lenght_Perf DB21.DEW20
T   AW 763
L   "PC_Input_".Tempogofchiuso                 DB20.DEW20      -- Tempo goffr chiuso
T   AW 765
L   "PC_Input_".Total_Prods_Pagl_Tch           DB20.DEW18      -- PRODUZIONE TOTALE_PAGL_TOUCH
T   AW 767
L   "PC_Input_".vrcolla                        DB20.DEW16      -- velocita rullo colla
T   AW 769
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".scorrimento_anilox DB21.DEW2
T   AW 771
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_Godroni  DB21.DEW16
T   AW 773
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Set_Roll_Diam_Sinte DB21.DEW6
T   AW 775
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_Rullo_Trasc_Sup DB21.DEW18
T   AW 777
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_Rullo_Trasc_Inf DB21.DEW22
T   AW 779
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_nested_stampa DB21.DEW32
T   AW 781
L   "Set Rew/Nested/Unw Set".Setpoint_Godroni  DB21.DEW16
T   AW 783
L   "PC_Input_".Incoll                         DB20.DEW6      -- Durata Incollaggio Anima
T   AW 785
L   "PC_Input_".Velocita                      DB20.DEW10     -- Velocita' Macchina
T   AW 787

```

Figura 2.35. Programación en texto estructurado para el direccionamiento de los tags.

2.5.3 Programación de PLCs MP8 y PP8 en molinos

Los controladores MP8 Y PP8 no tienen conexión directa con el PLC concentrador, dado que están en el área de molinos. Los tags encontrados se los almacena en un arreglo de reales de dimensión veinte. La programación apunta a cada variable correspondiente a su PLC de la siguiente manera:

Tabla 2.8. Variables para centralizar PP8

Centerline	Descripción	Unidades
PyP_DATA_REAL[0]	Tiempo de pulpeado	min
PyP_DATA_REAL[1]	Volumen de agua	m ³
PyP_DATA_REAL[2]	Amperaje con carga	A
PyP_DATA_REAL[3]	Amperaje sin carga	A
PyP_DATA_REAL[4]	Consistencia	%
PyP_DATA_REAL[5]	Tiempo de descarga	Min
PyP_DATA_REAL[6]	Rechazo de la Pera	Kg
PyP_DATA_REAL[7]	Recorrido del Compactador	cm
PyP_DATA_REAL[8]	Consistencia Entrada	%
PyP_DATA_REAL[9]	Presión de Entrada	bar
PyP_DATA_REAL[10]	Diferencial Presión	bar

Tabla 2.9. Variables para centralizar MP8

Centerline	Descripción	Unidades
PyP_DATA_REAL[0]	Presión de ingreso Screen Vertical	psi
PyP_DATA_REAL[1]	Presión de salida Screen Vertical	psi
PyP_DATA_REAL[2]	Presión de vapor salida Yankee	Bar
PyP_DATA_REAL[3]	Entrada de aire caliente	°C
PyP_DATA_REAL[4]	Salida de aire húmedo	°C
PyP_DATA_REAL[5]	Freenes	MI
PyP_DATA_REAL[6]	Amperaje del refiador	A
PyP_DATA_REAL[7]	Días de uso de Malla	Día
PyP_DATA_REAL[8]	Tensión Malla LM	N/mm
PyP_DATA_REAL[9]	Tension Malla LT	N/mm
PyP_DATA_REAL[10]	Presión ducha pasivante de malla D004	psi
PyP_DATA_REAL[11]	Presión ducha alta presión malla D002	%si
PyP_DATA_REAL[12]	Retención de primer paso	%
PyP_DATA_REAL[13]	Consistencia agua blanca Drenaje Malla	%

Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

El funcionamiento de la centralización de datos a un PLC central mediante la construcción de una infraestructura de red depende de muchos factores, sin embargo, los puntos más puntuales fueron la verificación de todos los conectores RJ45 instalados en los cables EtherNet, la descarga de la programación al PLC concentrador, y la configuración de las puertas de enlace.

3.1.1 Funcionamiento de los conectores RJ45

La correcta instalación de los conectores RJ45 y el buen estado de los cables es fundamental para eficiente comunicación entre los equipos. El switch industrial detecta si existe comunicación entre los dispositivos involucrados mediante el parpadeo de dos luces, verde y naranja. En caso de un fallo de comunicación estas luces se apagan.



Figura 3.1. Integración de los equipos al switch

La figura 3.1. muestra el funcionamiento del switch sin señales de error. Los cables conectados a este equipo tienen su marquilla correspondiente, la cual facilita la identificación del equipo que provienen estos cables. Se enfatiza que los cables pueden llegar al switch central directamente del PLC que se desea leer e integrar las variables, puertas de enlace, u otro switch asociado a su controlador correspondiente.

3.1.2 Configuración de puertas de enlace

La configuración de las puertas permite la interacción entre dos equipos con diferentes protocolos de comunicación.

La descarga de la configuración para los gateways de Prosoft siempre se realizan desde el puerto uno (derecha), y es necesario que el IP del computador esté en rango con la IP configurada en el equipo.



Figura 3.2. Comunicación con la puerta de enlace

Lo que se observa en esta imagen fue el funcionamiento de la puerta de enlace transmitiendo los datos al PLC central a partir del controlador Siemens.

Estos gateways se particularizan por irse a falla y no trabajar en caso de poseer un mínimo error la descarga de su configuración. El error se manifiesta poniéndose en color rojo la luz correspondiente a CFG (luz verde de arriba).

Esta puerta de enlace se conecta directamente al switch del PLC central desde el puerto uno y al switch correspondiente al PLC Siemens desde el puerto dos (izquierda).

3.1.3 Programación del PLC concentrador

La programación para centralizar los datos al PLC central se basó principalmente en el bloque MSG, el cual, es un bloque programado en lenguaje de escalera y se lo puede configurar para comunicar dos controladores de la misma marca en Allen Bradley.

Fue fundamental usar una técnica de programación que no requiera descargar nada al controlador que tiene los datos que se desea integrar, debido a que el proceso en funcionamiento de detiene. Además, existe la posibilidad de que el proceso sufra cambios no deseados una vez realizada la nueva descarga.

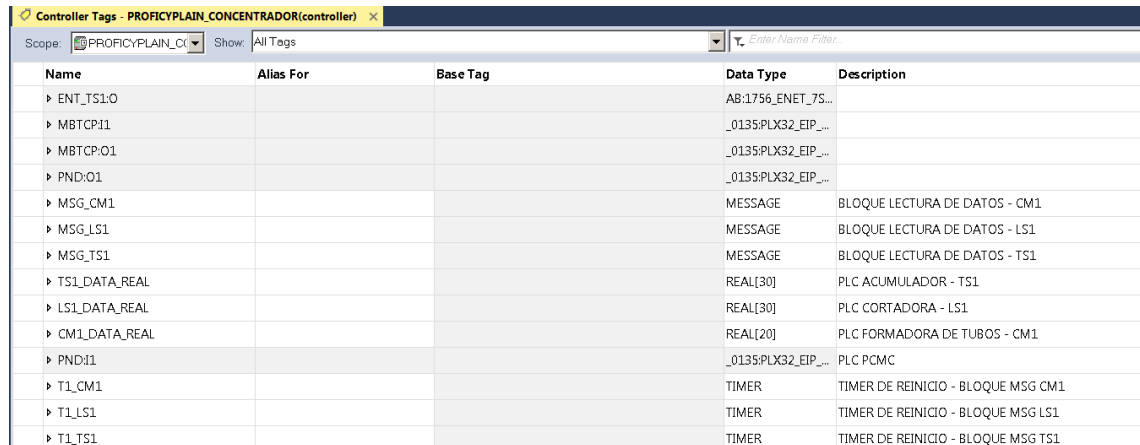
El bloque MSG si requiere descargarlo al controlador del PLC central, sin embargo, en los PLCs que controlan un proceso determinado no hay que actualizar nada. En el controlador central, se requiere ponerse en línea con los controladores y realizar la configuración entre dispositivos. Se debe tener en cuenta la variable que se desea integrar para la configuración del bloque.

3.1.4 Integración de los datos

Los datos recibidos en este PLC concentrador fueron enfocados principalmente a los índices de funcionamiento de cada proceso asociado al controlador correspondiente, tales como, velocidad de máquina, temperatura, corriente, entre otros. Los datos que predominaron fueron de tipo real y tipo entero. No obstante, por temas de simplificación de programación todos los datos se trabajaron en tipo real.

3.1.4.1 Análisis de transmisión de tags en conversión

Con la planta operando y produciendo correctamente se realizó la comunicación de todos los PLC en el área de conversión con el PLC central. Estos datos fueron enviados en tiempo real de manera muy precisa, lo que contribuyó a obtener los resultados esperados sin perder información importante de cada variable.



Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description
▶ ENT_TS1:O			AB:1756_ENET_75...	
▶ MBTCP:11			_0135:PLX32_EIP_...	
▶ MBTCP:O1			_0135:PLX32_EIP_...	
▶ PND:O1			_0135:PLX32_EIP_...	
▶ MSG_CM1			MESSAGE	BLOQUE LECTURA DE DATOS - CM1
▶ MSG_LS1			MESSAGE	BLOQUE LECTURA DE DATOS - LS1
▶ MSG_TS1			MESSAGE	BLOQUE LECTURA DE DATOS - TS1
▶ TS1_DATA_REAL			REAL[30]	PLC ACUMULADOR - TS1
▶ LS1_DATA_REAL			REAL[30]	PLC CORTADORA - LS1
▶ CM1_DATA_REAL			REAL[20]	PLC FORMADORA DE TUBOS - CM1
▶ PND:I1			_0135:PLX32_EIP_...	PLC PCMC
▶ T1_CM1			TIMER	TIMER DE REINICIO - BLOQUE MSG CM1
▶ T1_LS1			TIMER	TIMER DE REINICIO - BLOQUE MSG LS1
▶ T1_TS1			TIMER	TIMER DE REINICIO - BLOQUE MSG TS1

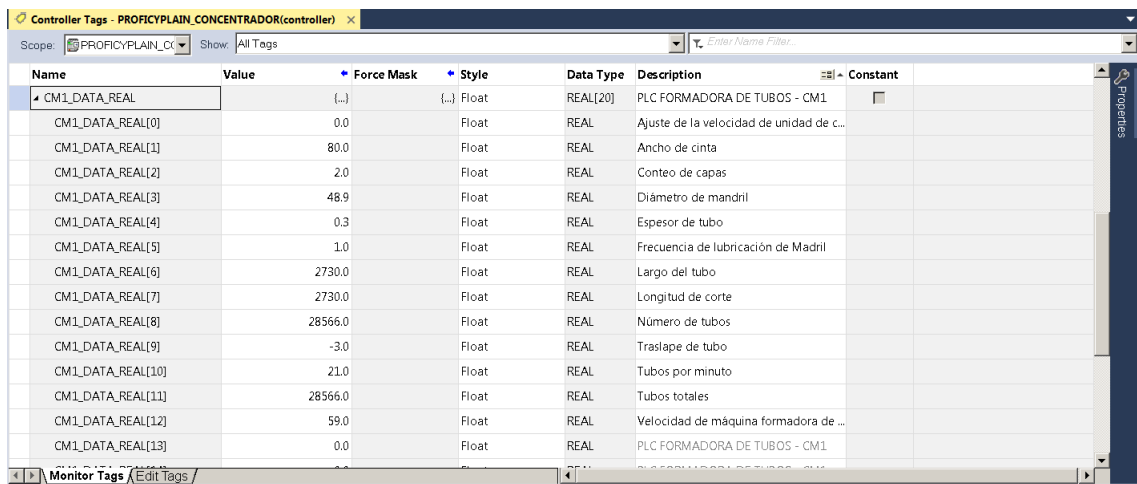
Figura 3.3. Arreglos de cada registro direccionado

3.1.4.2 Formadora de tubos

Este controlador lógico programable tiene la función de automatizar el correcto proceso formación de tubos. Los tubos cuya longitud de 2.5 m y son perfumados antes de pasar a ser rebobinados con el papel higiénico. Por otro lado, los tubos que presentan irregularidades son separados para ser reutilizados en caso de seguir cumpliendo la normativa de la planta.

Al igual que todos los controladores AB de este proyecto, este PLC contó con un nuevo módulo de comunicación EtherNet configurado con la dirección 10.168.206.30. Este módulo fue conectado al puerto uno del switch asociado al PLC concentrador para su correspondiente comunicación.

Se resaltaron algunas variables importantes en este proceso tales como ‘tubos por minuto’, ‘tubos totales’, ‘velocidad de maquina formadora de tubos’, entre otras.



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
CM1_DATA_REAL	(...)	(...)	(...)	Float	PLC FORMADORA DE TUBOS - CM1	<input type="checkbox"/>
CM1_DATA_REAL[0]	0.0			Float	Ajuste de la velocidad de unidad de c...	
CM1_DATA_REAL[1]	80.0			Float	Ancho de cinta	
CM1_DATA_REAL[2]	2.0			Float	Conteo de capas	
CM1_DATA_REAL[3]	48.9			Float	Diámetro de mandril	
CM1_DATA_REAL[4]	0.3			Float	Espesor de tubo	
CM1_DATA_REAL[5]	1.0			Float	Frecuencia de lubricación de Madril	
CM1_DATA_REAL[6]	2730.0			Float	Largo del tubo	
CM1_DATA_REAL[7]	2730.0			Float	Longitud de corte	
CM1_DATA_REAL[8]	28566.0			Float	Número de tubos	
CM1_DATA_REAL[9]	-3.0			Float	Traslape de tubo	
CM1_DATA_REAL[10]	21.0			Float	Tubos por minuto	
CM1_DATA_REAL[11]	28566.0			Float	Tubos totales	
CM1_DATA_REAL[12]	59.0			Float	Velocidad de máquina formadora de ...	
CM1_DATA_REAL[13]	0.0			Float	PLC FORMADORA DE TUBOS - CM1	

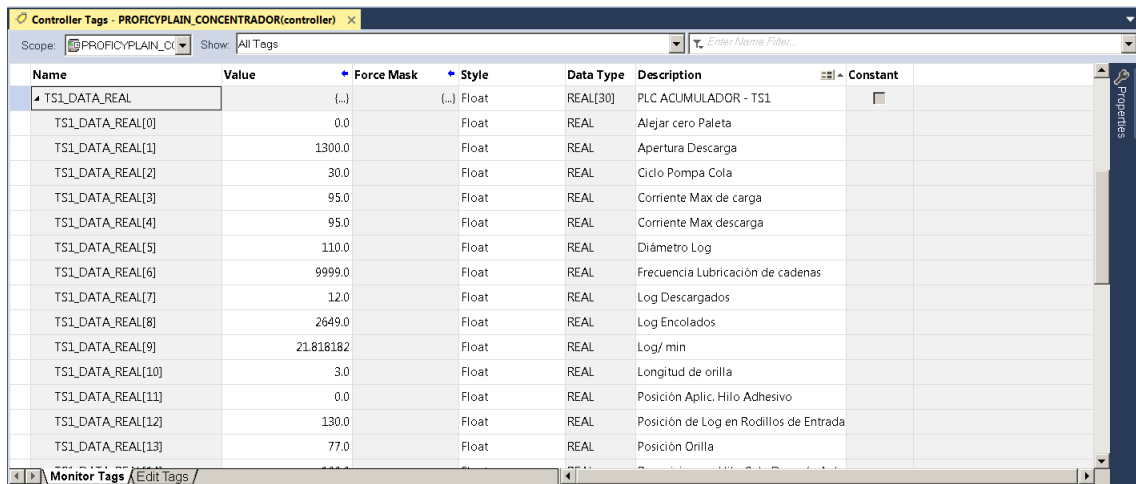
Figura 3.4. Arreglo de cada registro direccionado CM1

3.1.4.3 Acumulador

Este controlador lógico programable automatiza el proceso de rebobinar el papel higiénico en los tubos y pegar el adhesivo correspondiente. Si se tiene un correcto rebobinado, todos estos logs son acumulados en una repisa gigante para pasar en grupo de tres a ser cortados a la medida estandarizada en la planta. Caso contrario, se tienen que retirar los logs de este proceso.

El IP configurado para el nuevo módulo de comunicación EtherNet de este controlador fue 10.168.206.31. La conexión de este módulo con el switch fue en el puerto uno.

Las variables que más destacaron incluyen ‘diámetro del log’, ‘velocidad de rodillos de entrada’, ‘velocidad de aplicador adhesivos’, etc.



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
TS1_DATA_REAL	{...}	{...}	{...}	REAL[30]	PLC ACUMULADOR - TS1	<input type="checkbox"/>
TS1_DATA_REAL[0]	0.0		Float	REAL	Alejar cero Paleta	
TS1_DATA_REAL[1]	1300.0		Float	REAL	Apertura Descarga	
TS1_DATA_REAL[2]	30.0		Float	REAL	Ciclo Pompa Cola	
TS1_DATA_REAL[3]	95.0		Float	REAL	Corriente Max de carga	
TS1_DATA_REAL[4]	95.0		Float	REAL	Corriente Max descarga	
TS1_DATA_REAL[5]	110.0		Float	REAL	Diámetro Log	
TS1_DATA_REAL[6]	9999.0		Float	REAL	Frecuencia Lubricación de cadenas	
TS1_DATA_REAL[7]	12.0		Float	REAL	Log Descargados	
TS1_DATA_REAL[8]	2649.0		Float	REAL	Log Encolados	
TS1_DATA_REAL[9]	21.818182		Float	REAL	Log/ min	
TS1_DATA_REAL[10]	3.0		Float	REAL	Longitud de orilla	
TS1_DATA_REAL[11]	0.0		Float	REAL	Posición Aplic. Hilo Adhesivo	
TS1_DATA_REAL[12]	130.0		Float	REAL	Posición de Log en Rodillos de Entrada	
TS1_DATA_REAL[13]	77.0		Float	REAL	Posición Orilla	

Figura 3.5. Arreglo de cada registro direccionado TS1

3.1.4.4 Cortadora

Este controlador automatiza el cortado de los logs medida que cumpla la normativa de la planta. Los cortes realizados por una cuchilla giratoria. En este proceso de cortado tiene un margen de error, en el cual, una minoría de papeles higiénicos salen con irregularidades en su longitud.

La dirección IP configurada al módulo EtherNet de este controlador fue 10.168.206.32. El cableado está asignado al puerto cuatro del switch industrial correspondiente al PLC concentrador.

Entre las variables más relevantes de este proyecto estuvo la ‘longitud del log’, ‘longitud de corte’, ‘velocidad de cortes por minuto’, etc.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
LS1_DATA_REAL	(...)	(...)	Float	REAL[30]	PLC CORTADORA - LS1	<input type="checkbox"/>
LS1_DATA_REAL[0]	89.4		Float	REAL	Cortes disco actual	
LS1_DATA_REAL[1]	32.0		Float	REAL	Cortes Disco terminado	
LS1_DATA_REAL[2]	1.0		Float	REAL	Cortes sin producto	
LS1_DATA_REAL[3]	375.0		Float	REAL	Descarga de Log Regulación	
LS1_DATA_REAL[4]	521.843		Float	REAL	Diámetro cuchilla Actual	
LS1_DATA_REAL[5]	100.0		Float	REAL	Diámetro de Grafilador	
LS1_DATA_REAL[6]	463.81247		Float	REAL	Diámetro mínimo cuchilla	
LS1_DATA_REAL[7]	404.1		Float	REAL	Distancia sin producto	
LS1_DATA_REAL[8]	5.0		Float	REAL	Frecuencia afiladura	
LS1_DATA_REAL[9]	960.0		Float	REAL	Frecuencia Lubricación de cadenas e...	
LS1_DATA_REAL[10]	45.0		Float	REAL	Frecuencia Lubricación de cuchillas	
LS1_DATA_REAL[11]	89.4		Float	REAL	Longitud de corte	
LS1_DATA_REAL[12]	2800.0		Float	REAL	Longitud Log	
LS1_DATA_REAL[13]	300.0		Float	REAL	Modo de afilado automático - qued...	

Figura 3.6. Arreglo de cada registro direccionado LS1

3.1.4.5 PCMC

La máquina PCMC controla muchos procesos antes de enrollar el papel al tubo de 2.5 m. Trabaja con una rebobinadora donde combina las capas de tres rollos de papel higiénico en una sola, formando así un papel higiénico de tres capas. Dependiendo el producto a realizar, se puede hacer de una hasta tres capas.

El IP configurado para la comunicación con el Gateway de este controlador fue 192.168.0.209. El Gateway que trabajó con dos puertos EtherNet independientes, se conectó al PLC central con el IP 192.168.206.33

Los tags más representativos fueron ‘velocidad de maquina’, ‘cantidad de hojas perforadas’, ‘longitud de la línea perforada’, etc.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
PND11.Data		(...)	(...)	Decimal	INT[128]	PLC PCMC
▶ PND11.Data[0]	25		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[1]	65		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[2]	31		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[3]	26		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[4]	500		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[5]	80		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[6]	45		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[7]	82		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[8]	23		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[9]	0		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[10]	77		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[11]	82		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[12]	0		Decimal	INT	PLC PCMC	
▶ PND11.Data[13]	56		Decimal	INT	PLC PCMC	

Figura 3.7. Arreglo de cada registro direccionado PCMC

Todas las variables fueron transmitidas sin ningún error al momento de comunicarse. La puerta de enlace trabaja con la actualización de datos de manera instantánea, implicando perdidas de información en tiempo real.

3.1.1.1 Empacadora DUE

El PLC encargado de automatizar el proceso de empacar los papeles higiénicos poseía claves de seguridad por parte de un proveedor italiano que realizó la programación. Esta seguridad se la emplea con el fin de proteger la integridad de los procesos ante cualquier amenaza, principalmente informática.

3.1.2 Análisis de transmisión de tags en molinos

Molinos es un área aparte de conversión. Estos PLCs no tienen relación con el PLC concentrador y solo bastó hacer un arreglo de reales para direccionarlos con los tags originales.

La programación se realizó en texto estructurado al igual que los controladores Allen Bradley de conversión. Se dejó registros de reserva en caso de posible aumento de tags transmitidas.

3.1.2.1 PP8

El controlador PP8 se encarga de monitorear y controlar la preparación de pasta, que implica el proceso de muchas máquinas y motores.

El nombre de las variables solicitadas que en mayor parte son de transmisores de presión fueron tomados de un sistema SCADA para luego ser direccionadas en un arreglo denominado 'PP8_DATA_REAL'

Tabla 3.1. Tags transmitidos PP8

Centerline	Tag	Unidades	Transmitido
PyP_DATA_REAL[0]	Tiempo de pulpeado	min	✓
PyP_DATA_REAL[1]	Volumen de agua	m ³	✓
PyP_DATA_REAL[2]	Amperaje con carga	A	✓
PyP_DATA_REAL[3]	Amperaje sin carga	A	✓
PyP_DATA_REAL[4]	Consistencia	%	✓
PyP_DATA_REAL[5]	Tiempo de descarga	Min	✓
PyP_DATA_REAL[6]	Rechazo de la Pera	Kg	✓
PyP_DATA_REAL[7]	Recorrido del Compactador	cm	✓
PyP_DATA_REAL[8]	Consistencia Entrada	%	✓
PyP_DATA_REAL[9]	Presión de Entrada	bar	✓
PyP_DATA_REAL[10]	Diferencial Presión	bar	✓

Estos datos si fueron transmitidos sin problemas sin usar bloques de programación, solo lenguaje estructurado.

3.1.2.2 PP8

El controlador MP8 se encarga de automatizar el proceso de varios motores y actuadores implicados en el proceso de máquina de papel que consiste en un rodillo gigante.

Al igual que el controlador anterior, los nombres de los tags fueron sacados de un sistema SCADA para luego ser direccionados en un arreglo de reales denominado 'PP8_DATA_REAL'

Tabla 3.2. Tags transmitidos MP8

Centerline	Tag	Unidades	Transmitido
PyP_DATA_REAL[0]	Presión de ingreso Screen Vertical	psi	✓
PyP_DATA_REAL[1]	Presión de salida Screen Vertical	psi	✓
PyP_DATA_REAL[2]	Presión de vapor salida Yankee	Bar	✓
PyP_DATA_REAL[3]	Entrada de aire caliente	°C	✓
PyP_DATA_REAL[4]	Salida de aire húmedo	°C	✓
PyP_DATA_REAL[5]	Freenes	Ml	✓
PyP_DATA_REAL[6]	Amperaje del refiandor	A	✓
PyP_DATA_REAL[7]	Dias de uso de Malla	Día	✓
PyP_DATA_REAL[8]	Tensión Malla LM	N/mm	✓
PyP_DATA_REAL[9]	Tension Malla LT	N/mm	✓
PyP_DATA_REAL[10]	Presión ducha pasivante de malla D004	psi	✓
PyP_DATA_REAL[11]	Presión ducha alta presión malla D002	%si	✓

PyP_DATA_REAL[12]	Retención de primer paso	%	✓
PyP_DATA_REAL[13]	Consistencia agua blanca Drenaje Malla	%	✓

Todas estas variables fueron transmitidas sin problema y sin necesidad de bloques de programación, solo lenguaje estructurado.

3.1.3 Análisis de costos

La elaboración de este proyecto consta de varios equipos industriales, tanto de automatización como de comunicación. El costo de estos equipos varía según el lugar donde se importe, en este caso Estados Unidos en su gran mayoría. La tabla correspondiente muestra los equipos y precios establecidos utilizados en el proyecto

Tabla 3.3. Listado de materias utilizados en el proyecto con su respectivo precio

Ítem	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unidad [\$]	Precio Total [\$]
1	1	U	5069-L320ER PROCESADOR COMPACTLOGIX 5380- 2 MB	4,156.00	4,156.00
2	1	U	BORNERA DE ALIMENTACION 5069-RTB64-SCREW	43.57	43.57
3	1	U	GATEWAY PROSOFT EtherNet/IP™ to PROFINET® Gateway for dual subnets PLX32-EIP-PND	1,295.00	1,295.00
4	1	U	GATEWAY PROSOFT EtherNet/IP to Modbus TCP/IP Communications Gateway PLX32-EIP-MBTCP	3,500.00	3,500.00
5	5	U	MÓDULO DE COMUNICACIÓN ETHERNET PARA CONTROLLOGIX 1756-EN2T	1,500.00	7,500.00
6	1	U	SWITCH ETHERNET INDUSTRIAL STRATIX 2000 16 PUERTOS NO ADMINISTRABLE 1783-US16T	400.00	400.00

7	1	U	FUENTE DE PODER 1606-XLB120E-BASIC POWER SUPPLY, 24-28 V DC, 120 W, 85-132 V/170-264 V SC INPUT VOLTAGE.	270.00	270.00	
8	5	U	BREAKER TIPO RIEL DIN, 1 POLO, 2 A	1.50	7.50	
9	100	M	CABLE UNIFILAR, FLEXIBLE, AISLAMIENTO 300 V, 90°C, TWN O THHN COLOR AZUL No.16	1.42	142.00	
10	12	U	6GK1901-1BB10-2AA0, CONECTOR RJ45 ROBUSTO METÁLICO PROFINET / INDUSTRIAL ETHERNET. ÁNGULO DE CONEXIÓN 180°.	30.81	369.72	
11	200	M	6XV1840-2AH10, CABLE PARA COMUNICACIÓN PROFINET / INDUSTRIAL ETHERNET, SIEMENS.	2.63	526.00	
Total						15,209.79

Todos estos equipos fueron utilizados para llevar a cabo el proyecto. Estos costos cubren tanto el precio unitario como el precio de transporte e importación de los equipos.

Como se observa, el controlador es el más costoso de todos los mencionados y es el eje principal de todo el proyecto.

Los equipos más costosos llegaron después de dos meses de haber hecho el pedido. El PLC no viene con los accesorios de alimentación, como en este caso la pastilla, por lo que se requirió comprarlo aparte en una tienda nacional.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- En este proyecto se ha demostrado que es posible establecer comunicación entre PLCs dentro de una red de comunicación, incluso si estos no necesariamente comparten el mismo protocolo de comunicación, en un PLC concentrador. La utilidad que proporciona una centralización de datos en un área administrativa permite conocer y tomar acciones preventivas ante cualquier eventualidad, reduciendo gastos a la planta y una mayor vida útil de los equipos en el proceso.
- Se ha logrado una comunicación exitosa entre los equipos industriales, dado el cumplimiento que rige con las normativas impuestas para la instalación de conectores RJ45. Esta comunicación con los equipos no presenta ninguna falla en la recepción de datos, ni en la realización de descargas de programas al PLC central.
- Se ha desarrollado una programación simple, pero cumpliendo con lo requerido por el cliente. Este programa es capaz de comunicar dos controladores, y solo se necesita descargar el programa en el PLC que va a recibir los datos. Esto es esencial dentro de una planta en producción, dado que es no viable detener un proceso por completo para descargar un programa en el PLC, ya que, produce pérdidas y también interrumpe otros procesos importantes.
- He analizado todas las variables integradas en el PLC central de cuatro de los cinco controladores en conversión, haciendo análisis comparativo entre el HMI asociado a cada controlador, en conjunto con el ingeniero de procesos de la planta. Este análisis descartó la presencia de variables con información errónea, que, al momento de centralizarse en un área administrativa, cause confusión con el funcionamiento de las maquinas. Sin embargo, el quinto controlador tiene un acceso limitado a la programación, debido a que el proveedor tiene protegido el programa ante cualquier ataque informático.

- Se ha evaluado la viabilidad del proyecto con un análisis de costos de cada producto, permitiendo tener una idea de los gastos que requiere replicar un proyecto con más o menos controladores lógicos programables dentro de una red industrial.

4.1.2 Recomendaciones

- Los controladores lógicos programables son muy sensibles al modificar su programación. En caso de realizar algo erróneo o alterar algún bloque o tag involuntariamente, este proceso presentará fallos. Para evitar estas complicaciones se tiene que pedir al ingeniero de procesos un respaldo, o realizarlo manualmente. Esta acción permite descargar al estado en el que el proceso funcionaba de manera óptima.
- Pedir con tiempo anticipado todos los accesos necesarios a los PLCs en campo, para que otros contratistas que necesiten realizar algún trabajo en particular, puedan realizarlo sin problemas de limitaciones.

Referencias

Canal ProSoft Technology. (23 de Noviembre de 2015). Set Up: EtherNet/IP to PROFINET IO Device PLX32-EIP-PND Gateway. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=o0YioPndZuw&t=747s>

Canal ProSoft Technology. (4 de Agosto de 2017). Set Up: EtherNet/IP to Modbus TCP Gateway. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=H__rMW2oBYQ

ProSoft Technology. (12 de Julio 2014). EtherNet/IP™ to PROFINET® Gateway for dual subnets. <https://www.prosoft-technology.com/Products/Gateways/PLX3x/PLX32/EtherNet-IP-to-PROFINET-Gateway-for-dual-subnets>.

ProSoft Technology. (3 de Febrero 2016). EtherNet/IP to Modbus TCP/IP Communications Gateway. <https://www.prosoft-technology.com/Products/Gateways/PLX3x/PLX32/EtherNet-IP-to-Modbus-TCP-IP-Communications-Gateway>

Rockwell Automation. (2018). Manual del Usuario. Controladores CompactLogix 5380 y Compact GuardLogix 5380 [Archivo PDF]. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/5069-um001_-esp.pdf

Rockwell Automation. (2022). Manual de Usuario. ControlLogix EtherNet/IP Network Devices [Archivo PDF]. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um004_-enp.pdf

Rockwell Automation. (2022). Manual de Programación. Logix 5000 Controllers Messages [Archivo PDF]. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm012_-enp.pdf

ProSoft Technology. (2024). Manual de Usuario. PLX3x Series Multi-Protocol Gateways [Archivo PDF]. https://www.prosoft-technology.com/prosoft/download/9671/182665/file/PLX3x_UserManual

Anexos

Anexos A

Instalación de los equipos de comunicación



Figura 6.1. Plafón antes de la instalación del PLC concentrador

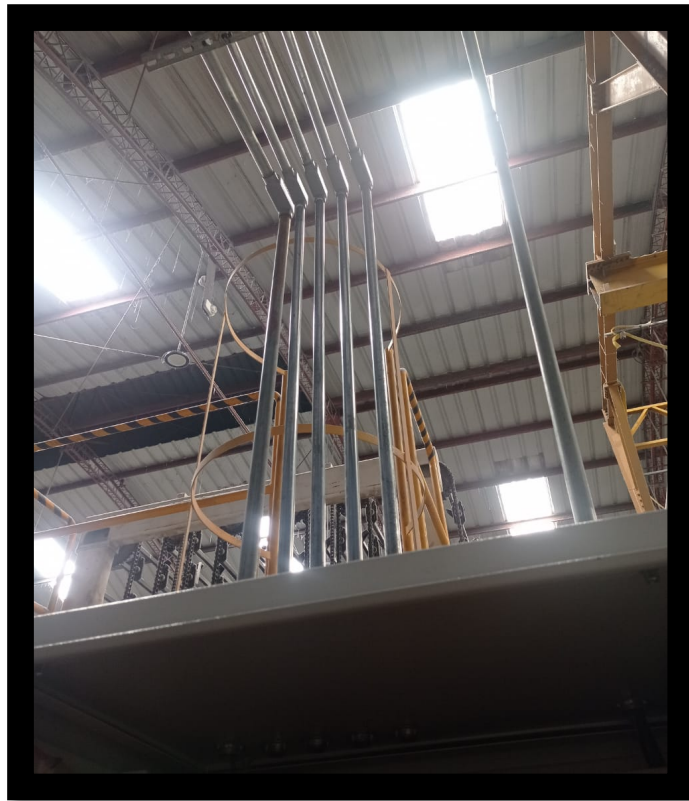


Figura 6.2. Tuberías $\frac{3}{4}$ " para el paso de los cables EtherNet



Figura 6.3. Breakers de protección de los equipos



Figura 6.4. Instalación del Gateway EIP-MBTCP



Figura 6.5. Instalación del Gateway EIP-PND



Figura 6.6. Conectores RJ45 de los cables EtherNet



Figura 6.7. Instalación completa de los equipos de centralización

Anexos B

Programación y marquillado de los equipos

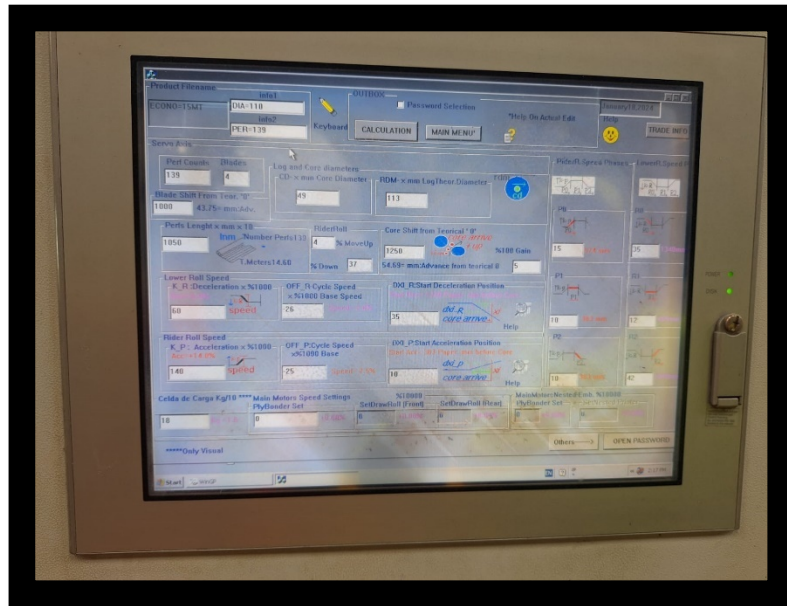


Figura 6.8. Pantalla de receta en maquina PCMC

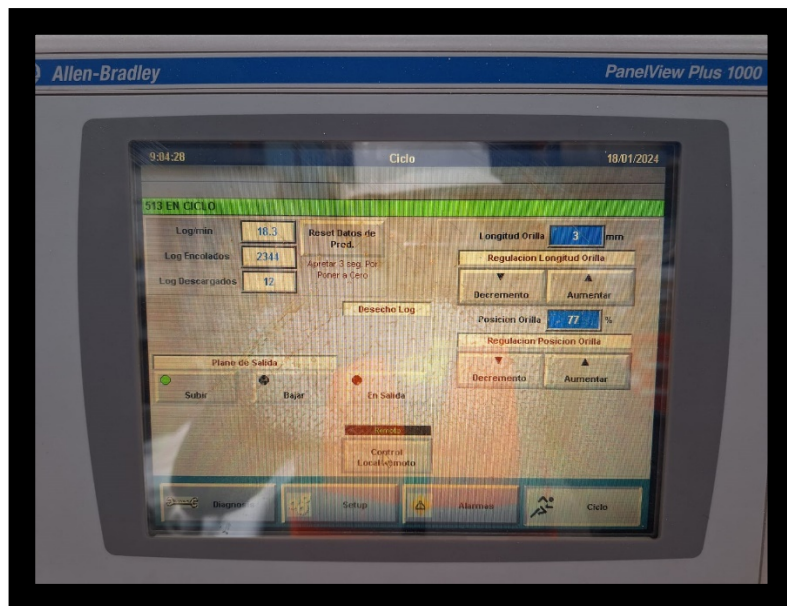


Figura 6.9. Ciclo de los logs en proceso acumulador

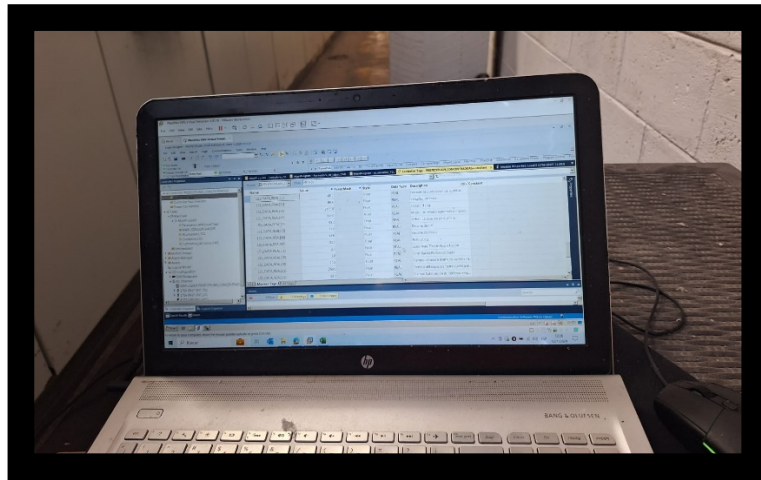


Figura 6.10. Pruebas en línea de la transmisión de variables

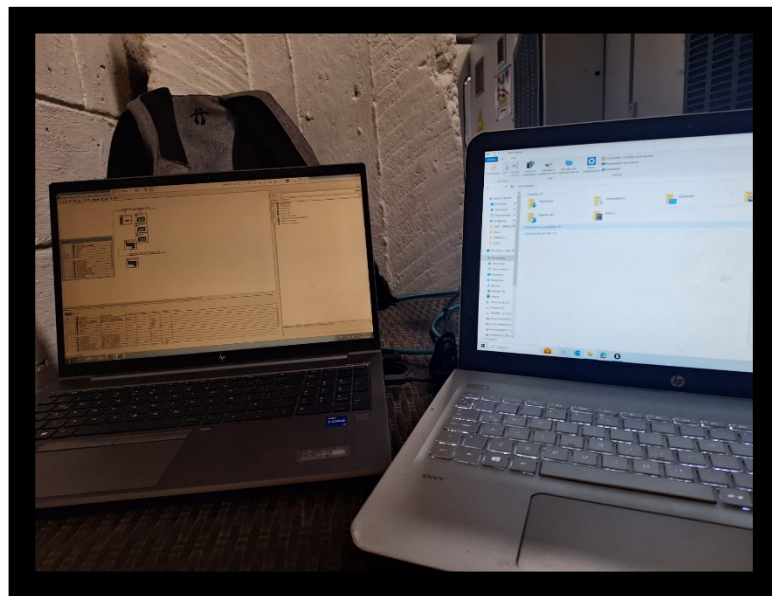


Figura 6.11. Programación de la transmisión de datos en PLC PCMC

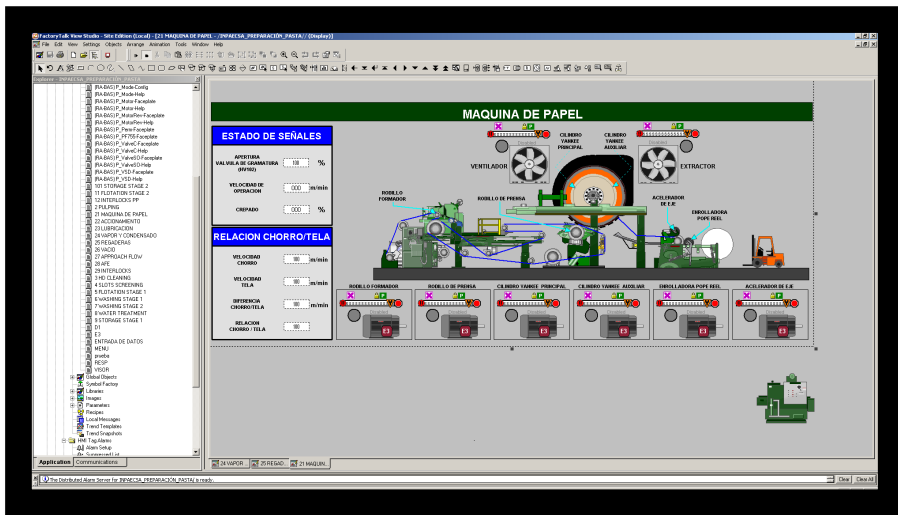


Figura 6.12. Pantallas del proceso MP8

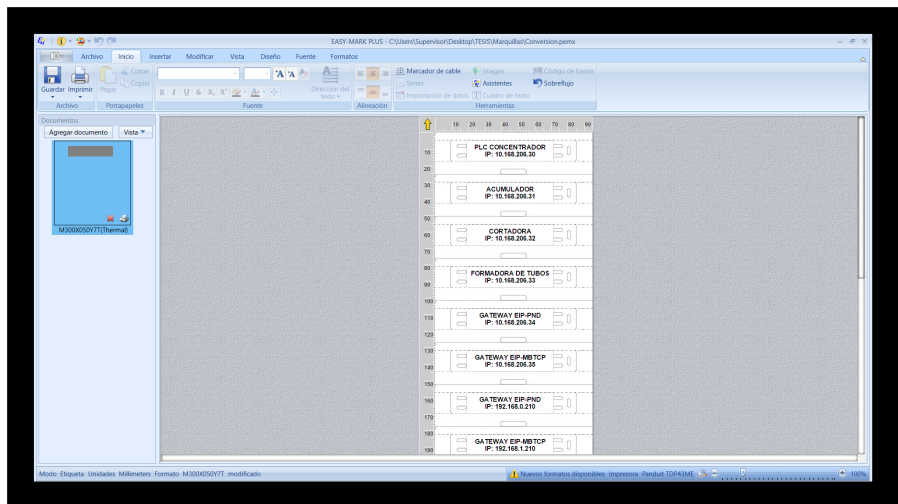


Figura 6.13. Marquillas de los cables EtherNet