

E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación

“Diseño de una Red Industrial Ethernet con autómatas simatic S7-1200”



Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

TRABAJO FIN DE GRADO

Alumno: Darío Xavier Conde Martínez

Tutor: Ignacio Del Villar Fernández

Pamplona, 15 de Junio del 2015

“Diseño de una Red Industrial Ethernet con autómatas simatic S7-1200”

RESUMEN

Se crea una Red Ethernet para control remoto de una estación. Se usan PLC's Simatic S7-1200 que llevan integrado un puerto Ethernet Industrial/PROFINET que nos facilita la creación de la red.

En la estación remota se programan los generadores de señales pulsadas que posee el PLC (por ancho de pulso PWM y por interfaz de pulsos PTO). Estos generadores se usan en etapas de control de velocidad y posición de motores.

La red supervisará el generador de señales pulsadas por ancho de pulso (PWM), para el control de velocidad de un motor de corriente continua, desde la estación base, y a través de una HMI, el usuario podrá cambiar el ancho de pulso y activar o desactivar el generador de señal.

Se configura también un dispositivo GPRS para poder enviar fallos del sistema a través de un mensaje de texto (SMS) al teléfono móvil del usuario.

Palabras clave: Simatic S7-1200, Programmable Logic Controller (PLC), generador de pulsos PWM y PTO, TIA porta, Modbus TCP, Ethernet, servomotores, mensajes SMS.

Índice

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Solución adoptada.....	10
3. ANTECEDENTES	11
4. METODOLOGÍA	12
4.1. RECURSOS	13
4.1.1. Descripción de los principales elementos.....	13
4.2. Estado del arte.....	14
4.2.1. Interfaz de comunicaciones Ethernet Industrial - Profinet.....	14
4.2.2. Controladores SIMATIC.....	17
5. DESARROLLO DEL TRABAJO.	31
5.1. Creación de una red Industrial.	31
5.1.1. Configuración Hardware de la red.....	31
5.1.2. Configuración Software de la red.....	39
5.1.3. Comprobación del resultado.....	50
5.2. Control de posición por interfaz de pulsos (PTO).....	54
5.2.1. Introducción	54
5.2.2. Desarrollo de la aplicación con el S7-1200.....	58
5.3. Control de movimiento por ancho de pulso (PWM).	72
5.3.1. Introducción	72
5.3.2. Desarrollo de la aplicación con el S7-1200.....	73
5.3.3. Acondicionamiento señal modulada.	82
5.3.4. Comprobación maqueta PICDEM Mecathronic.	84
5.3.5. Circuito amplificador del encóder.	88
5.4. Envío de fallos vía red GSM.	89
5.4.1. Comunicación WAN basada en IP a través de GPRS	89
5.4.2. Hardware de la red	93
5.4.3. Software de la red.	98
5.5. Aplicación FINAL.....	103
6. OTRAS APLICACIONES	113
6.1. Control del servoaccionamiento.....	113

6.1.1.	Control servomotor referencia analógica	115
6.2.	Supervisión servoaccionamiento a través de red modbus.....	117
7.	LINEAS FUTURAS.....	122
7.1.	Control servoaccionamientos.....	122
7.2.	Supervisión servoaccionamiento a través de red modbus.....	124
7.3.	Creación de una estación de Telecontrol.....	125
8.	PRESUPUESTO	127
8.1.	Gastos materiales.....	127
8.2.	Gastos mano de obra.....	128
8.3.	Presupuesto total.....	128
9.	ANEXOS.....	129
10.	BIBLIOGRAFIA.....	136

Índice de Figuras

Figura 1: Pirámide CIM	12
Figura 2: Entrada PROFINET autómeta S7-1200	14
Figura 3: Alcance red PROFINET	15
Figura 4: Totally Integrated Automation	17
Figura 5: Familia de PLC's SIMATIC	20
Figura 6: Autómeta S7-1200	20
Figura 7: Módulo de señal SM 1231	24
Figura 8: Módulo de comunicación GPRS, simatic CP1247-1	24
Figura 9: Módulo switch compacto simatic CSM 1277	25
Figura 10: Fuente de alimentación simatic PM 1207	25
Figura 11: Configuración modular del trabajo	26
Figura 12: Puesta en servicio objeto tecnológico	27
Figura 13: Vista principal del TIA portal	28
Figura 14: Vista del proyecto TIA portal	29
Figura 15: Dispositivo HMI KTP600 PN Basic color.	30
Figura 16: Ejemplos de conexión PROFINET en PLC S7-1200	31
Figura 17: Red Ethernet de cada maqueta.	32
Figura 18: Red Ethernet del sistema.	32
Figura 19: Información del proyecto	33
Figura 20: Vista del proyecto	33
Figura 21: Dispositivos simatic	34
Figura 22: Configuración hardware del PLC	34
Figura 23: Direccionamiento de la CPU del PLC1	35
Figura 24: Byte de marcas del sistema	35
Figura 25: Agregar un dispositivo PLC2	36
Figura 26: Direccionamiento de la CPU del PLC2	36
Figura 27: Monitorización de la red del sistema	37
Figura 28: Asistente para cargar el hardware del sistema	38
Figura 29: Asistente para crear un bloque de organización	39
Figura 30: Marca activa al encender el PLC	40
Figura 31: Asistente para crear un bloque de función	40
Figura 32: Asistente para crear una base de datos	41
Figura 33: Segmento de llamadas a los bloques FC	41
Figura 34: Crear un array de datos en la base de datos DB210	42
Figura 35: Insertar instrucción TSEND_C	43
Figura 36: Configuración de los parámetros de comunicación PLC1	44
Figura 37: Activar el estado de la comunicación	45
Figura 38: Activar Inicio de petición de comunicación	45
Figura 39: Longitud de los datos que se envían	45
Figura 40: Configuración instrucción TSEND_C	46
Figura 41: Insertar instrucción TRECVC	47
Figura 42: Configuración de los parámetros de comunicación PLC2	48
Figura 43: Activar estado de la conexión PLC2	48
Figura 44: Habilitar la recepción	49
Figura 45: Configurar la longitud de los datos de recepción	49
Figura 46: Configuración Instrucción TRCV_C	50

Figura 47: Comprobación estado de la red	50
Figura 48: Parámetros de la base de datos de la comunicación	51
Figura 49: Comprobación errónea de los parámetros de la comunicación en modo online	52
Figura 50: Comprobación de los parámetros de la comunicación en modo online	53
Figura 51: Estructura de sistema de control de velocidad por PTO	54
Figura 52: Aplicación de un servomotor.	55
Figura 53: Señal pulsada.	55
Figura 54: Principio de la interfaz de impulsos	56
Figura 55: Estructura para la generación de la señal pulsada	56
Figura 56: Estructura básica de aplicación del control de movimiento	57
Figura 57: Agregar un objeto tecnológico	58
Figura 58: Crear el objeto tecnológico.	59
Figura 59: Activar la salida pulsada	59
Figura 60: Configurar la salida pulsada como PTO	60
Figura 61: Asignar la salida pulsada al objeto tecnológico	60
Figura 62: Configurar el objeto tecnológico.	61
Figura 63: Característica mecánicas del motor	61
Figura 64: Rampas dinámicas de velocidad y aceleración	62
Figura 65: Insertar dispositivo HMI	62
Figura 66: Conexión ethernet entre el autómata y la pantalla táctil	63
Figura 67: Direccionamiento de la HMI_1	63
Figura 68: Salidas tipo transistor a colector abierto	64
Figura 69: Salida PTO a colector abierto sin carga	64
Figura 70: Salida del generador Q0.0 con carga	65
Figura 71: Insertar instrucción MC_Power	66
Figura 72: Configuración de la instrucción para habilitar el eje	66
Figura 73: Configuración instrucción de movimiento relativo	67
Figura 74: Puesta en servicio del motor	68
Figura 75: Etapa de velocidad lenta, 1kHz	68
Figura 76: Etapa de velocidad rápida, 2.34kHz	69
Figura 77: Configuración pantalla táctil generador PTO	69
Figura 78: Creación de evento para el pulsador Marcha	70
Figura 79: Asignación de variable de entrada a la distancia	70
Figura 80: Comprobación pantalla táctil PTO	71
Figura 81: Visualización en el osciloscopio del generador de pulsos PTO	71
Figura 82: Ejemplo señal PWM	72
Figura 83: Activar generador de pulsos PWM	73
Figura 84: Configurar generador de pulsos PWM	73
Figura 85: Direccionamiento de la señal PWM	74
Figura 86: Activar contador rápido HSC_2	74
Figura 87: Configuración contador rápido HSC_2	74
Figura 88: Direccionamiento contador rápido HSC_2	75
Figura 89: Insertar instrucción PWM	75
Figura 90: Configuración de instrucción CTRL_PWM	76
Figura 91: Detener generador PWM	76
Figura 92: Insertar instrucción de contaje rápido	77
Figura 93: Configuración instrucción CTRL_HSC	77
Figura 94: Obtener el valor de los impulsos del contador.	78

Figura 95: Dividir entre dos los impulsos del encóder	78
Figura 96: Obtener los impulsos con un segundo de retraso	79
Figura 97: Cálculo de las revoluciones por segundo del encóder	79
Figura 98: Configuración pantalla táctil PWM	80
Figura 99: Asignación de variable a la entrada Nueva Posición	81
Figura 100: Señal PWM sin carga.	82
Figura 101: montaje reductor de tensión con LM317	82
Figura 102: Señal PWM con montaje reductor de tensión.	83
Figura 103: Señal PWM con montaje divisor de tensión	84
Figura 104: Esquema de conexión ejemplo 5	85
Figura 105: Esquema de conexión ejemplo 5 intuitivo	85
Figura 106: Ventana de avisos MPLAB ICD3	86
Figura 107: Ventana principal del programa	86
Figura 108: Programar microchip	87
Figura 109: Esquema de conexión del medio puente	87
Figura 110: Esquema de conexión del encóder	88
Figura 111: Esquema de conexión amplificador del encóder	88
Figura 112: Esquema de funcionamiento de una red GSM	90
Figura 113: Esquema de telecontrol	90
Figura 114: Red GPRS entre dos autómatas	91
Figura 115: Configuración modular del sistema GPRS	93
Figura 116: Instalar tarjeta SIM	93
Figura 117: instalación del driver del módulo GPRS	94
Figura 118: insertar módulo GPRS en el hardware del sistema	95
Figura 119: Activar el módulo como GPRS directo.	96
Figura 120: Configuración del módem	96
Figura 121: Acceso a la red GPRS	97
Figura 122: Comprobación red GSM	98
Figura 123: Asistente para la creación de una base de datos	98
Figura 124: Configuración base de datos TCON_WDC	99
Figura 125: Configuración del mensaje de texto de la base de datos TCON_WDC	99
Figura 126: Tabla de variables de simulación de fallo.	100
Figura 127: Insertar instrucciones TCON y TSEND	100
Figura 128: Configuración instrucción TC_CON	101
Figura 129: Configuración de la instrucción TC_SEND	102
Figura 130: Mensaje de texto que llega al usuario	102
Figura 131: Insertar bloques de base de datos de comunicación.	103
Figura 132: Programación de los datos a enviar desde PLC1	104
Figura 133: Configuración de la instrucción de envío de datos.	105
Figura 134: Configuración de la HMI2 asociada al PLC1	106
Figura 135: Configuración del PLC2 para recibir los datos desde PLC1	107
Figura 136: Configuración de la instrucción de recepción de dstos del PLC2	107
Figura 138: Programación del fallo en la base de datos de envío del PLC 2	108
Figura 139: Modificación instrucción TC_CON	109
Figura 140: Modificación instrucción TC_SEND	109
Figura 141: Comprobación de envío de ancho de pulso	110
Figura 142: Señal PWM al 20%	110
Figura 143: Señal PWM al 60%	111

Figura 144: Pantalla Control por PWM	111
Figura 145: Comprobación de la recepción de mensajes de texto	112
Figura 146: Servoaccionamiento Digitax DB140	113
Figura 147: Estructura de entradas y salidas del servo Digitax DB140	114
Figura 148: Conexión de la alimentación principal del servo Digitax DB140	115
Figura 149: Conversor RS232 a RS485 de B&B electronics	117
Figura 150: Driver Altivar 31	118
Figura 151: Identificación transmisión Half dúplex en RJ45	118
Figura 152: Conector RS485 Half Duplex	118
Figura 153: Insertar dispositivo I/O server en Labview	119
Figura 154: Configuración de los parámetros de comunicación modbus del driver	120
Figura 155: Creación de las variables de comunicación modbus en labview	120
Figura 156: Distributed System Manager	121
Figura 157: Conector serie C del servo Digitax	122
Figura 158: Posible configuración para abrir una comunicación modbus	124
Figura 159: Partes de una comunicación de Telecontrol	125

Índice de Tablas

Tabla 1: Tráfico Ethernet Industrial	16
Tabla 2: Clasificación SIMATIC S7-1200 CPUs	21
Tabla 3: Características CPU 1212C DC/DC/DC	22
Tabla 4: Número máximo de módulos SIMATIC	23
Tabla 5: Direccionamiento del sistema	32
Tabla 6: Conectores de la alimentación principal del servo Digitax DB140	115
Tabla 7: Conexión del resolver del servomotor al servo Digitax	116
Tabla 8: Parámetros de comunicación modbus del driver Altivar 31	119
Tabla 9: Variables para probar la comunicación	120
Tabla 10: Configuración del puerto C del servo Digitax	123
Tabla 11: Registros básicos en comunicación modbus	124

Índice de Anexos

Anexo I. Tipo de datos que soporta el S7-1200
Anexo II. Parámetros de los contadores rápidos del S7-1200.
Anexo III. Asignación de salidas de los generadores de impulso.
Anexo IV. Parámetros de la instrucción MC_POWER
Anexo V. Parámetros de la instrucción MC_Move Relative
Anexo VI. Parámetros de la instrucción TC_CON.
Anexo VII. Estructura de la base de datos CONNECT.

Abreviaturas.

AC	Corriente alterna
ANSI	American National Standards Institution
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CM	Módulo de comunicación
CP	Procesador de comunicación
CPU	Unidad central de proceso
CSM	Compact Switch Module
DB	Data bloque
DC	Corriente directa
DHCP	Dynamic host configuration protocol
DP	Distributed I/O
DTL	Data and Time Long
E/S	Entradas/Salidas
FB	Function Block
FC	Function
HMI	Human machine interface
I/Q	Entradas y salidas digitales del PLC
ID	Identificador de Dirección
LAN	Local Area Network
LCD	LCD
LED	Light Emitting Diode
M	Memoria
MAC	Media Access Control/Control de Acceso al Medio
MP	Multi Panel
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
OB	Bloque de organización/Organization Block
PLC	Controlador Lógico Programable/Programmable Logic Controller
PPI	Interfaz Punto-Punto/Point to Point interface
PTO	Tren de Pulsos
PWM	Modulación de Ancho de Impulsos
RAM	Random Access Memory
RJ45	Registered jack Type 45
RTS	Request to Send
SB	Signal Board
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SIMATIC	Sistema de automatización de Siemens
SM	Módulo de Señal

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo se centra en aspectos de diseño de los sistemas de automatización ya que en este mundo globalizado la industria demanda nuevas tecnologías que nos permitan una optimización mejor de la producción industrial de forma ininterrumpida y que reduzca los costes del producto generando un gran volumen de unidades. Es por eso que los autómatas juegan un papel fundamental ya que su fácil adaptación y robustez los hace mucho más versátiles, siendo capaces de adaptarse a cualquier sistema en condiciones extremas; el control y supervisión de estos sistemas ha influido, también, en el desarrollo de nuevas redes de comunicación haciendo cada vez más eficiente su capacidad y alcance.

El autor, con este trabajo, amplía sus conocimientos en materia de comunicaciones industriales porque su principal motivación es la de agregar estas nuevas competencias a las previas que tenía en automatización industrial a la hora de desarrollar este trabajo.

2. OBJETIVOS.

El presente trabajo cubre tres objetivos fundamentales:

- **Comunicación.**- Creación de una red industrial para control remoto de actividad de un PLC (Siemens S7-1200) a través de otro PLC de las mismas características, a través de pantallas táctiles o HMI.
- **Aplicación Industrial.**- Creación de señales pulsadas por tren de impulsos (PTO) y por ancho de pulso (PWM) para el control de movimiento de un motor brushed de corriente continua.
- **Supervisión.**- Supervisión y control del PLC esclavo a través de una interfaz hombre máquina (human machine interface – HMI) y envío de fallos del sistema mediante mensajes cortos de texto (SMS) al usuario.

2.1. Solución adoptada.

Comunicación.

Se creará la red mediante protocolo Ethernet Industrial debido a que principalmente el autómata SIMATIC S7-1200 tiene integrada una entrada para este protocolo.

Se conseguirá comunicar dos autómatas de tal manera que en uno hará de servidor y será el que envíe los mensajes de error a través del módulo GPRS, además llevará asociado una pantalla táctil que hará de interfaz con el usuario, mientras que el otro autómata hará de cliente y controlará la aplicación industrial según las ordenes enviadas por el servidor.

Ethernet industrial nos permite una puesta en marcha rápida además de escalable, permitiéndonos compatibilidad también con diversas áreas ya sean oficinas, otras áreas industriales, etc.

Aplicación Industrial.

Utilizaremos los generadores de impulsos del autómatas S7-1200 para el control de movimiento de un motor paso a paso a través de un puente en H de IGBT's situado en la placa Mecathronics. Otra aplicación de los generadores de impulsos del autómatas la usaremos para controlar la velocidad de un motor brushed de corriente continua.

Supervisión.

La supervisión y control del PLC cliente la haremos a través de un interfaz HMI situada en la maqueta del autómatas. Y el envío de fallos de la aplicación industrial la haremos mediante un dispositivo GPRS, de la marca Siemens, para enviar mensajes cortos de texto (SMS), al usuario, ya sea un teléfono móvil u otro PLC.

3. ANTECEDENTES.

El proyecto empezó como una propuesta lanzada a los estudiantes de último año del Grado en Ingeniería Industrial por el Dr. Ignacio del Villar, que en un principio consistía en:

“Diseño de una red PROFINET para la realización de prácticas de Comunicaciones Industriales”

La idea era adquirir un mecanismo que actúe como dispositivo I/O para que sea controlado por un PLC S7-1200 y que se pueda aplicar a prácticas de laboratorio preparando el respectivo manual de la programación de dicha red.

Se contactaron con distribuidores de productos PROFINET para buscar un precio y prestaciones óptimos, en concreto con distribuidores Siemens, pero no encontramos una solución rentable para la UPNA debido al elevado coste de dichos dispositivos.

Por lo que se decidió pivotar a crear la red Ethernet ya que PROFINET no es más que una versión de Ethernet Industrial donde se gestionan distintos tipos de tráfico de datos, entre ellos el isócrono.

4. METODOLOGÍA

La primera etapa de este Trabajo Fin de Grado consistió en recopilar información adecuada para llevar a cabo la comunicación y así cumplir con los objetivos antes planteados. Las decisiones tomadas son el resultado de dos factores importantes, el primero es que muchos de los equipos para llevar a cabo la comunicación industrial tienen costes muy elevados y no son rentables a la Universidad, el otro factor es que el Laboratorio de Electrónica Industrial dispone de ciertos equipos a los que nos hemos ido adaptando.

En la actualidad los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos; es por esto que los fabricantes tienen una mayor exigencia en la producción, cumplimiento de normas de seguridad, diagnóstico, facilidad de uso y mantenimiento, sin importar el tamaño de la instalación. Además para seguir siendo competitivo hay que minimizar los costes del proceso de producción, así como los tiempos de desarrollo y entrega.

La constante lucha por bajar los costes, la complejidad y los tiempos en los procesos de control y producción hace que los PLC formen, cada vez más, una parte importante en las aplicaciones automatizadas. Además el continuo avance tecnológico trae consigo una constante evolución en los sistemas de producción en las diferentes áreas de la industria con lo que debemos encontrar soluciones rápidas en temas de comunicar con mayor facilidad sistemas embebidos entre sí con la ayuda de los PLC's.

Es por eso que este trabajo hace uso de los autómatas Siemens SIMATIC que trae integrada una entrada para redes Ethernet Industrial, lo que nos brinda mucha flexibilidad a la hora de instalar y automatizar máquinas e instalaciones; gracias a su estructura compacta y modular es capaz de adaptarse a las necesidades que la instalación así lo requiera.

El elevado grado de automatización en el entorno Industrial hace que la capacidad y la velocidad de las redes formen también un papel muy importante en el mundo de la automatización. En la actualidad la pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing) nos enseña la estructura de las redes que conforman en un entorno industrial:

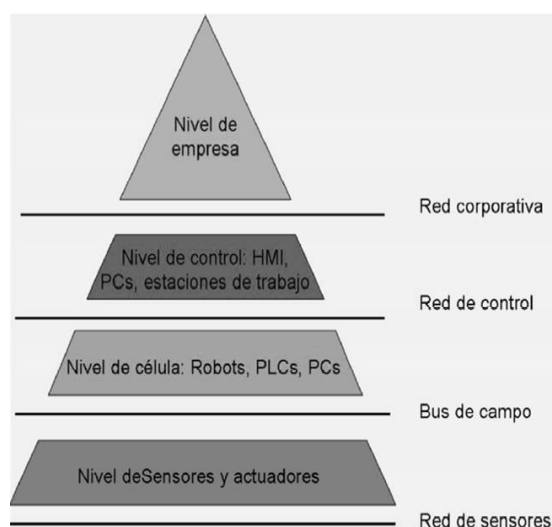


Figura 1: Pirámide CIM

Cuyo orden jerárquico va de menor tiempo de respuesta, en la parte más baja de la pirámide, a mayor tiempo de respuesta en la parte más alta. Es decir, en la parte baja se trabaja a nivel de proceso y en la alta a nivel de datos similar a una red ofimática.

En concreto este trabajo se centrará en conectar dos autómatas entre sí, que se encuentran a nivel de célula y, a su vez, en un nivel de control, se gobernará el funcionamiento de dichos autómatas mediante una HMI (Interfaz Hombre Máquina) con la que podremos controlar y supervisar la actividad del sistema.

4.1. RECURSOS

Este proyecto fue desarrollado en laboratorio de Electrónica Industrial del Edificio de los Pinos de la Universidad Pública de Navarra. El laboratorio puso a nuestra disposición los medios adecuados para elaborar la red tales como:

- Dos maquetas que constaban de un autómata S71200 y los módulos de comunicación necesarios.
- También contamos con una tarjeta electrónica Mecatron para enseñanza de la marca Microchip que dispone de un microcontrolador y un puente en H de IGBT'S para el control de un motor paso-paso y uno de corriente continua.
- Programas y licencias para llevar a cabo el desarrollo del software tales como el TIA Portal V11 y Labview V10. Así como el software MpLab para programación de microcontroladores.
- Fuentes de tensión continua, equipos de medición (osciloscopio, polímetro)
- Componentes electrónicos y herramientas varias.

4.1.1. Descripción de los principales elementos.

- **Autómata S7 1200.**

Se trata de un controlador compacto SIMATIC S7. Es un dispositivo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

- **Módulo GPRS de Siemens (CP 1242-7)**

Con este procesador de comunicaciones podemos conectar el autómata S7-1200 a las redes móviles GSM. El CP 1242-7 también permite una comunicación inalámbrica desde estaciones remotas con un centro de control y comunicación entre estas. Este módulo soporta servicios de comunicación a través de la red GSM y cuya función en este proyecto será la de recibir y enviar mensajes de texto cortos (SMS) al interlocutor, ya sea un teléfono móvil o un S7-1200.

- Tarjeta Mecathronic.

La tarjeta PICDEM™ Mecatrónica, de Microchip, es una herramienta de aprendizaje para las personas interesadas en el diseño mecatrónico. Mecatrónica se refiere a la integración de los controles electrónicos en sistemas mecánicos o sustitución de componentes mecánicos con una solución electrónica. En nuestro caso la usaremos para controlar un motor paso a paso a través del puente convertidor de potencia de la tarjeta y haciendo uso de las señales pulsadas del autómeta.

4.2. Estado del arte.

Este proyecto consiste en crear una red de control remoto para monitorizar y actuar sobre la una aplicación industrial mediante un autómeta S7-1200. Estos autómetas llevan integrada una entrada para protocolos de comunicación Industrial Ethernet y PROFINET que nos facilitarán la creación de la red. Por eso conviene explicar dos ámbitos, el de las comunicaciones y el del entorno Simatic, los cuales se recogerán a continuación.

4.2.1. Interfaz de comunicaciones Ethernet Industrial - Profinet

Los equipos dotados con puerto Profinet, como es el caso de la nueva familia de CPUs de Siemens, en este caso los simatic S7-1200, soportan la comunicación basada en los protocolos TCP/IP, lo que les permite conexiones y comunicaciones muy diversas para el intercambio de datos a través del programa de usuario con otros interlocutores vía Ethernet.



Figura 2: Entrada PROFINET autómeta S7-1200

Mediante la comunicación abierta entre usuarios e instrucciones I/O, el S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs, con dispositivos PROFINET I/O (e.g. ET 200 y SINAMICS) y con dispositivos que utilizan protocolos Ethernet Industrial de comunicación estándar TCP.

El Protocolo de control de transporte (TCP) garantiza una transferencia de datos completa, sin errores y en el orden correcto del emisor al receptor. TCP está orientado a las

conexiones; eso significa que, antes de enviar los bloques de datos, dos estaciones establecerán una conexión que se volverá a deshacer una vez finalizado el intercambio. TCP dispone de mecanismos para la vigilancia permanente de las conexiones establecidas.

Al igual que el protocolo TCP, el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) permite la transferencia de datos completa y sin errores del emisor al receptor. Sin embargo, a diferencia de TCP, UDP no establece una conexión: cada paquete de datos se trata de forma independiente y no hay confirmación de transporte. Al suprimirse la vigilancia Timeout y el establecimiento y eliminación de conexiones, UDP resulta más adecuado que TCP para las aplicaciones donde el tiempo es un factor crítico. La división en bloques de datos y la vigilancia de la comunicación, características implícitas de TCP, pueden realizarse con el protocolo UDP en el nivel de aplicación, por ejemplo, a través de RPC (llamada de procedimiento remoto).

PROFINET es un estándar Ethernet abierto que cumple la especificación IEC 61158 para la automatización industrial. Este tipo de red permite conectar equipos desde el nivel de célula (Plcs y otros dispositivos) hasta el nivel de control y gestión corporativa (sistemas informáticos e internet). PROFINET permite una comunicación homogénea con la ingeniería cubriendo toda la planta industrial y de gestión apoyando las tecnologías de la información hasta el nivel de control como muestra la figura 14.

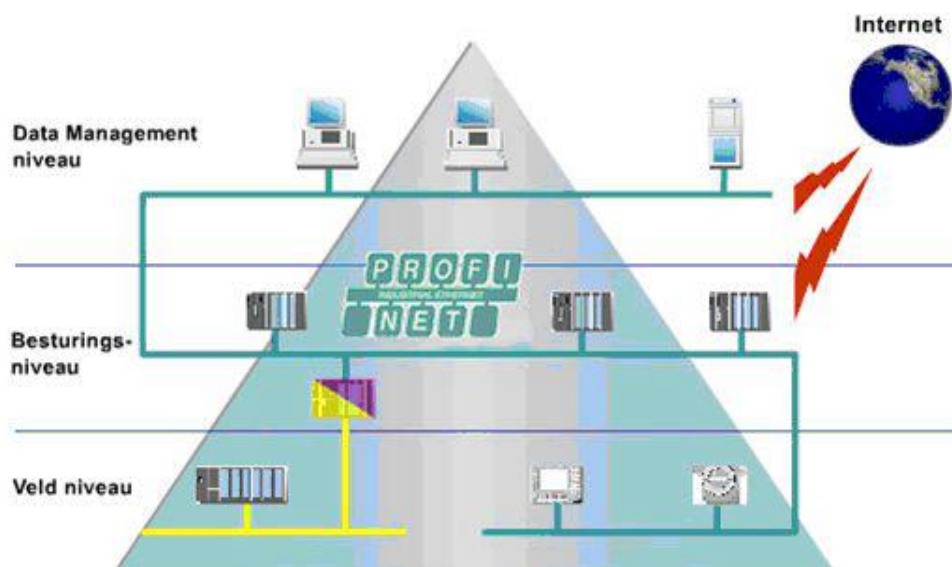


Figura 3: Alcance red PROFINET

Al igual que una red Ethernet, Profinet utiliza el conjunto de protocolos TCP/IP para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles. Podría decirse entonces que Profinet es una Ethernet Industrial, no obstante, está modificada para soportar tres tipos de tráfico:

- Tráfico de baja prioridad (TCP, UDP)
- Tráfico real time (RT)
- Tráfico isochronous real time (IRT)

Ethernet Industrial soporta dos tipos de tráfico.

Protocolo	Nombre del protocolo	Uso
RFC 1006	ISO on TCP	Fragmentación y reensamblado de mensajes
TCP	Transport Control Protocol	Transporte de tramas

Tabla 1: Tráfico Ethernet Industrial

Protocolo ISO on TCP (RFC 1006)

ISO on TCP es un mecanismo que permite portar aplicaciones ISO a la red TCP/IP. Este protocolo tiene las características siguientes:

- Protocolo de comunicación eficiente vinculado estrechamente al hardware.
- Adecuado para cantidades de datos medianas y grandes (hasta 8192 bytes).
- A diferencia de TCP, los mensajes tienen un indicador de fin y están orientados a los mensajes.
- Apto para routing; puede utilizarse en WAN.
- Las longitudes de datos dinámicas son posibles.
- Es necesario programar la gestión de datos debido a la interfaz de programación SEND/RECEIVE.
- Utiliza Transport Service Access Points (TSAPs), el protocolo TCP permite establecer varias conexiones con una sola dirección IP (hasta 64K conexiones). Gracias a RFC 1006, los TSAPs identifican unívocamente estas conexiones de puntos finales de comunicación a una dirección IP.

Protocolo TCP (Transport Control Protocol)

El objetivo principal de TCP es ofrecer un servicio de conexión seguro y fiable entre los equipos de procesos. Este protocolo tiene las características siguientes:

- Protocolo de comunicación eficiente puesto que está vinculado estrechamente al hardware.
- Adecuado para cantidades de datos medianas y grandes (hasta 8192 bytes).
- Ofrece numerosas prestaciones más a las aplicaciones, en particular:
 - Recuperación de errores
 - Control de flujo
 - Fiabilidad
- Protocolo orientado a la conexión.
- Puede utilizarse muy flexiblemente con sistemas de terceros que soporten únicamente TCP.
- Apto para routing.
- Son aplicables sólo las longitudes de datos estáticas.
- Los mensajes se acusan.
- Las aplicaciones se direccionan usando números de puerto.
- La mayoría de los protocolos de aplicación (p. ej. TELNET y FTP) utilizan TCP.
- Es necesario programar la gestión de datos debido a la interfaz de programación SEND/RECEIVE.

4.2.2. Controladores SIMATIC

4.2.2.1. SIMATIC, automatización eficiente.

SIMATIC es considerado en la actualidad el número uno mundial en el terreno de la automatización. Este hecho en parte también se debe a que SIMATIC ofrece las seis propiedades del sistema típicas de *Totally Integrated Automation* [2]:

- Ingeniería
- Comunicación
- Diagnóstico
- Protección
- Seguridad
- Robustez

Por otro lado, SIMATIC se caracteriza por otras dos propiedades del sistema:

- Tecnología
- Alta disponibilidad

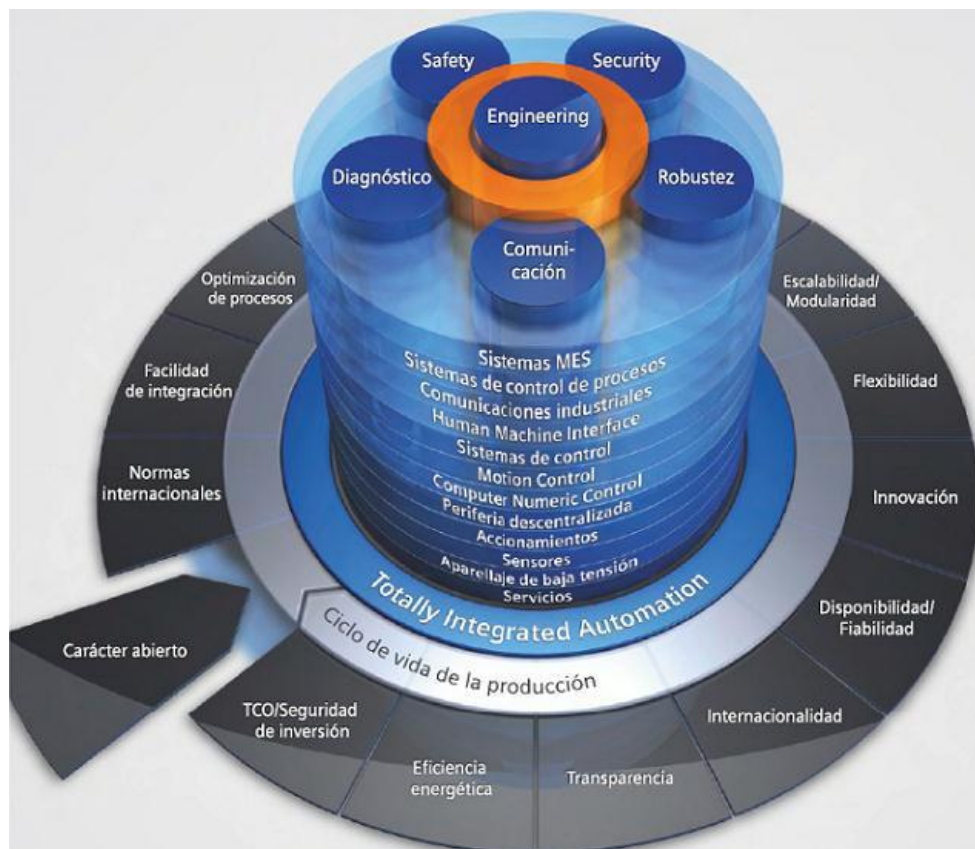


Figura 4: **Totally Integrated Automation**

Ingeniería [3]

SIMATIC garantiza un entorno homogéneo a la ingeniería durante todas las fases del ciclo de vida de la máquina o instalación.

Un *software* eficiente le proporciona ayuda durante todo el ciclo de vida de la máquina o instalación, comenzando por la planificación, continuando con la configuración y programación, y terminando con la puesta en marcha.

La capacidad de integración y la compatibilidad de sus interfaces confieren al software SIMATIC la posibilidad de garantizar una gran consistencia de los datos durante todo el proceso de ingeniería.

Comunicación [3]

Máxima transparencia y acceso a los datos desde cualquier punto del planeta o empresa gracias a la comunicación homogénea a todos los niveles de Automatización: nivel de corporativo, nivel de control, nivel de campo y nivel de sensores.

Con SIMATIC se cumplen todos los requisitos para disfrutar de una homogeneidad ilimitada en materia de comunicación y, por tanto, de una transparencia insuperable desde el nivel de sensores y de control hasta el nivel corporativo de la empresa. Para ello, SIMATIC se apoya en estándares internacionales que se pueden combinar con toda flexibilidad: PROFIBUS y PROFINET.

Diagnóstico [3]

Minimización de los tiempos de parada con métodos de diagnóstico sumamente eficientes. Todos los productos SIMATIC llevan integradas funciones de diagnóstico que permiten localizar cualquier fallo y eliminarlo de forma eficaz para garantizar una mayor disponibilidad del sistema. Con *Maintenance Station*, incluso las instalaciones de gran tamaño pueden gozar de una vista unitaria de toda la información relevante para el mantenimiento de todos los componentes de automatización. Esto permite incrementar la eficiencia total y reducir al mínimo los costes y tiempos de parada.

Protección [3]

Protección de personas y máquinas en el marco de un sistema global, homogéneo e integrado. La ley obliga a constructores y propietarios de máquinas e instalaciones a garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente. Como respuesta, Siemens ofrece productos certificados por TÜV, que cumplen las normas: IEC 62061 hasta SIL 3, EN ISO 13849-1 hasta PL e, así como EN 954-1 hasta categoría 4.

Gracias a la integración de las funciones de seguridad en los equipos estándar, sólo son necesarios un controlador, una periferia, una ingeniería y un sistema de bus. Con ello están disponibles todas las ventajas del sistema y la amplia funcionalidad de SIMATIC también para aplicaciones de seguridad. El resultado es una reducción considerable de las tareas de ingeniería y de los componentes de hardware necesarios.

Seguridad [3]

Seguridad de los datos en un mundo conectado en red, mediante sistemas de seguridad compatibles y escalables.

SIMATIC aprovecha las ventajas resultantes de la unión del mundo de la automatización y el mundo ofimático; tales como; intercambio de información a todos los niveles (*Collaborative Manufacturing*) o acceso desde cualquier lugar a los datos de producción a través de Internet. Además, pueden implementar con toda facilidad funciones de cortafuegos, protección de acceso, encriptado, redes VPN, etc. para proteger las máquinas e instalaciones.

Con la aplicación SIMATIC Logon se amplía el sistema de ingeniería o de control con un sistema de administración de usuarios que permite atribuir al personal de la planta derechos de acceso basados en su función para controlar las máquinas o instalaciones.

Robustez [3]

Máxima garantía en entornos industriales gracias a su gran robustez. Los productos estándar de la gama SIMATIC se destacan por la máxima calidad y robustez, la combinación perfecta para el entorno industrial. Las pruebas al sistema que se realizan, garantizan la calidad requerida y esperada de cada componente.

Los componentes SIMATIC cumplen todas las normas internacionales relevantes y cuentan con los certificados pertinentes. Dentro de estas normas de calidad contemplan:

- tolerancia a temperaturas
- resistencia a choques y vibraciones
- compatibilidad electromagnética
- variantes para aplicaciones en atmósferas potencialmente explosivas.

Para condiciones extremas se ofrecen versiones ruggedizadas como SIPLUS extreme o variantes especiales de SIMATIC ET 200. Tienen mayor grado de protección, rango de temperatura amplio o resistencia a condiciones ambientales rigurosas.

Tecnología

Posee funciones tecnológicas integradas tales como:

- Contaje rápido y medición
- control por levas
- regulación o control de movimiento (*Motion Control*)

SIMATIC debido a su máxima libertad y escalabilidad le permite integrar tareas tecnológicas sin necesidad de cambiar el sistema, en las más variadas combinaciones y complejidad y de forma simple, confortable y homogénea las tareas de parametrización y programación.

Alta disponibilidad [3]

Máxima disponibilidad, con conceptos de redundancia homogéneos. Los factores de riesgo como los cortes eléctricos, los daños causados por el agua, los incendios o la caída de rayos, al igual que los fallos del sistema o los errores cometidos por los operadores pueden perjudicar en gran medida el funcionamiento de una planta o instalación.

Para disfrutar de la máxima disponibilidad posible, Siemens ofrece un amplio concepto de redundancia para toda planta y todos los niveles de automatización.

4.2.2.2. SIMATIC S7-1200

Pertenece a la familia de los controladores simatic S7, es un controlador modular compacto para soluciones de gama baja de automatización.



Figura 5: Familia de PLC's SIMATIC

Se trata de un controlador flexible, al ser compacto y modular, y potente que nos permite controlar pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas de lógica programable, al facilitarnos con un amplio juego de instrucciones, y que además requieran de pantallas de interfaz de usuario (HMI) o redes de comunicación. El SIMATIC S7-1200 ofrece una interfaz PROFINET integrada, funciones tecnológicas potente e integrada que nos permiten una comunicación sencilla y soluciones eficientes.; este proyecto considera este gran potencial como base para crear una aplicación industrial dentro de una red cliente/servidor que se explicará en el pun 1.8.2.



Figura 6: Autómata S7-1200

Su objetivo:

- Mayor capacidad de producción gracias a las CPU de alta velocidad, también para tareas de comunicación y funciones aritméticas complejas.
- Fácil implementación de funciones tecnológicas, captura y almacenamiento intermedio de datos de calidad.
- Máquinas más compactas y funcionamiento sin necesidad de armario eléctrico.
- Eficiente software de ingeniería, óptima integración y sencilla reutilización de los programas de usuario en todos los controladores SIMATIC.
- Ahorro de tiempo y dinero en el montaje y la puesta en marcha gracias a la automatización descentralizada.
- Cumplimiento de exigentes de los requisitos de seguridad con un único sistema para aplicaciones estándar y de seguridad.
- Mayor disponibilidad de la instalación y las máquinas gracias a las configuraciones tolerantes a fallos y a las potentes funciones de diagnóstico.

Clasificación.

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. A continuación presentamos una breve clasificación de los SIMATIC S7-1200:



SIMATIC S7-1200 CPUs	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
3 configuraciones por CPU	DC/DC/DC, AC/DC/RLY, DC/DC/RLY		
Dimensiones W x H x D (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75

Tabla 2: Clasificación SIMATIC S7-1200 CPUs

CPU 1212C

En concreto este trabajo hará uso de la CPU 1212C DC/DC/DC que tiene, entre otras las siguientes características:



<i>Integrated I/O</i>	CPU 1212C
Integrated Digital I/O	<i>8 entradas / 6 salidas</i>
Integrated Analog I/O	<i>2 entradas</i>
Max. Local I/O – Digital	<i>82</i>
Max. Local I/O – Analog	<i>19</i>
Tamaño de imagen de proceso	<i>1024 Bytes for entradas</i>
	<i>1024 Bytes for salidas</i>

Tabla 3: Características CPU 1212C DC/DC/DC

Entradas y salidas digitales integradas

Entradas Digitales

Tipo: Sumidero/Fuente

Tensión nominal: 24 VDC a 4 mA

Salidas Digitales

Tipo: Relé

Rango de voltage : 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC

Corriente (max.): 2.0 A

Tipo: Fuente

Rango de voltage : 20.4 a 28.8 VDC

Corriente (max.): 0.5 A

Entradas analógicas integradas

Tipo: Tensión (unipolares)

Rango: 0 to 10 V

Resolución: 10 bits

Rendimiento

La CPU S7-1200 combina un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, entradas, salidas y en una carcasa compacta para crear un controlador muy potente.

La CPU controla cambios de entradas/ salidas y de acuerdo a la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, conteo, temporizador, operaciones matemáticas, y la comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Conclusión.

Todo lo visto anteriormente dentro de una carcasa compacta, conformando así un potente controlador y muy versátil. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para supervisar y controlar los dispositivos de la aplicación industrial. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

La CPU incorpora además un puerto PROFINET para la comunicación en una red con protocolo Ethernet Industrial que nos facilitará la configuración de la red.

Diseño escalable y flexible.

Los autómatas SIMATIC es capaz de adaptarse a cualquier entorno industrial en el que esté trabajando, debido a su capacidad de añadir módulos según las necesidades que el sistema lo requiera.



Expansion CPU	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Signal Module (SM)	<i>ninguno</i>	2	8
Communication Module (CM) o Communication Processor (CP)	3	3	3
Signal Board (SB) o Communication Board (CB)	1	1	1

Tabla 4: Número máximo de módulos SIMATIC

En este caso a nuestra CPU le añadimos:

- **Módulos de señales (SM).**- Con los módulos de señales, puede fácilmente ampliar el número de E / S del controlador para adaptarse exactamente a sus requisitos de aplicación.



Figura 7: Módulo de señal SM 1231

- **Módulos de comunicaciones.**- Con los Módulos y procesadores de comunicaciones, puede agregar las interfaces adecuadas para satisfacer sus necesidades de comunicación.
 - Los módulos de comunicación RS232 y RS485 proporcionan comunicación Punto a Punto USS y Modbus RTU
 - El módulo de comunicación PROFIBUS permite la comunicación PROFIBUS
 - El procesador de comunicación GPRS proporciona soporte para la monitorización y control remoto.



Figura 8: Módulo de comunicación GPRS, simatic CP1247-1

- **Módulo Switch Compacto.**- Con la CSM 1277 Compact Switch Module, se puede configurar fácilmente una red de distribución uniforme o mixta consistente en línea, topologías árbol o estrella y reducir al mínimo el cableado con la máxima flexibilidad en red. Este conmutador de 4 puertos administrados permite conectar hasta 3 dispositivos adicionales de Ethernet a la estación de control S7-1200.



Figura 9: Módulo switch compacto simatic CSM 1277

- **Fuente de alimentación.**- Con el módulo de potencia PM 1207 es fácil proporcionar 24 V de CC a los componentes de los sistemas de control S7-1200. El PM 1207 ofrece una gama de tensión de entrada (8 ... 132/176...264V AC) para su uso en todo el mundo y una salida de 24 V estabilizado DC con un nominal de 2,5 A.



Figura 10: Fuente de alimentación simatic PM 1207

Cuerpo de la Modulación del trabajo.

La configuración modular que vamos a utilizar en la maqueta servidor de nuestro proyecto quedaría de la siguiente manera.



Figura 11: Configuración modular del trabajo

Tecnología integrada.

- **Contadores de alta velocidad.**- Para el recuento de eventos de mayor rapidez que la velocidad de ejecución del OB. El S7-1200 soporta hasta 6 contadores de alta velocidad para el control preciso de encoders incrementales, conteo de frecuencia o conteo de eventos del proceso de alta velocidad. Algunas de las HSCs le permiten elegir entre las Entradas integradas de la CPU o de las Entradas de una Signal Board.

CPU 1212C: 4 integrados monofásico 3 a 100kHz y 1 a 30kHz

- **Generador de impulsos.**- Para controlar las funciones de salida de impulsos a alta velocidad:
 - Ancho de pulso (PWM) para el control del ciclo de trabajo.
 - Tren de impulsos (PTO) para su uso con instrucciones de control de movimiento.

El S7-1200 soporta hasta 2 generadores de impulsos. Los generadores de impulsos se pueden utilizar ya sea con las salidas integradas de la CPU o las salidas de una Signal Board.

- **Control de movimiento.**- Para el funcionamiento de motores paso a paso y servomotores con una interfaz de impulsos:
Ofrece herramientas para la configuración, puesta en marcha y el diagnóstico. Se utilizan instrucciones de control de movimiento basado en PLCopen, un estándar aceptado internacionalmente de control de movimiento, y así en el programa del usuario nos permite controlar el eje para iniciar tareas de movimiento.
También nos ofrece herramientas para la puesta en línea y diagnósticos del eje:
 - El panel de control se puede utilizar para probar el eje y funciones de la unidad o para mover el eje en modo manual.

- Los bits de estado se utilizan para controlar los mensajes de estado y error del eje.
- El estado de movimiento se utiliza para controlar los comandos de movimiento del eje.

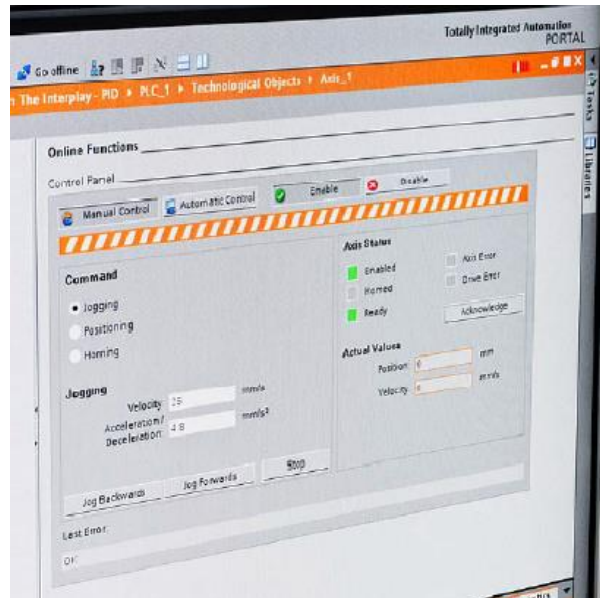


Figura 12: Puesta en servicio objeto tecnológico

- **Control PID.-** Para control de procesos simples. Ofrece herramientas para la configuración y puesta en marcha proporcionadas en TIA Portal para el objeto tecnológico "controlador PID". Instrucciones PID empleadas que permite controlar las capacidades de autoajuste y manual. La instrucción compacta PID para regular el ciclo de trabajo de un contactor de estado sólido o la velocidad de un inversor. La nueva instrucción PID 3-Step se utiliza para regular la posición de una válvula o de un actuador. Herramientas para el monitoreo en línea y la puesta en marcha del regulador PID.
- **Servidor Web.-** Para acceder a la información acerca y datos de proceso de la CPU. Páginas Web estándar se incluyen accesibles desde un PC a través de cualquier navegador Web. Apoyo para la creación de páginas definidas por el usuario Web que pueden acceder a datos de la CPU. El desarrollo de estas páginas se puede hacer usando las herramientas estándar de edición HTML.

4.2.2.3. Introducción al Software TIA Portal

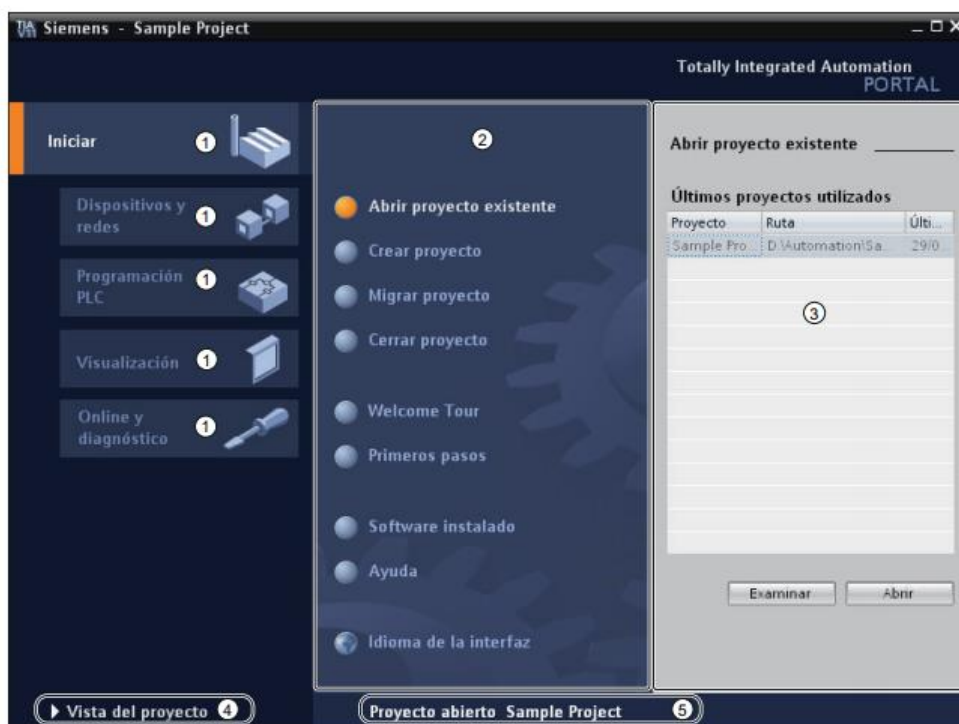
Para programar el PLC utilizaremos el software Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) de la casa Siemens al igual que los PLC. El TIA Portal es un nuevo software de programación que da la posibilidad de configurar y controlar todas las soluciones de automatización desde una sola pantalla, haciendo que el trabajo resulte más eficiente.

Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciendo soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización. Una aplicación típica de la automatización abarca un controlador que controla el proceso y un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso como puede ser las pantallas táctiles.

El TIA portal es un hito en el desarrollo de software, es el primer software de automatización en la industria con "One Engineering Environment" que trata sobre una software para todas las tareas de automatización del proyecto. Es intuitivo, eficiente y su uso lleva a un éxito probado.

La configuración del hardware, la programación lógica, parametrización de un convertidor de frecuencia, o el diseño de una pantalla HMI, cualquier parte del sistema que vayamos a automatizar tienen el mismo editor, que está específicamente diseñado para un uso intuitivo para ahorrar tiempo y costos.

La figura 10 nos muestra un ejemplo de los componentes de la vista del portal.

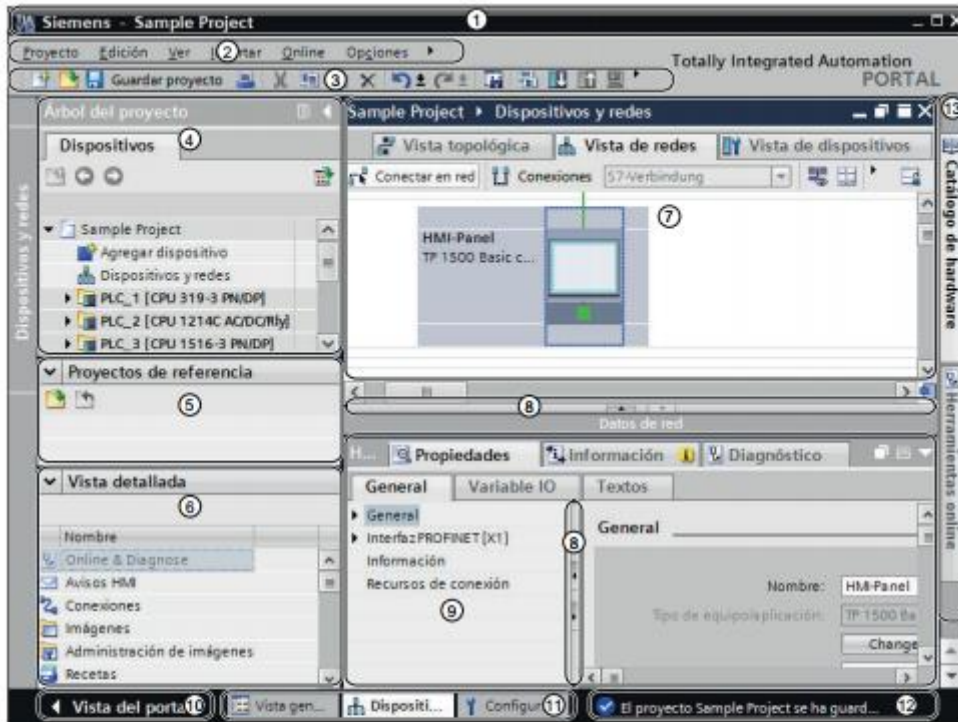


- ① Portales para las distintas tareas
- ② Acciones del portal seleccionado
- ③ Ventana de selección de la acción elegida
- ④ Cambiar a la vista del proyecto
- ⑤ Indicación del proyecto abierto actualmente

Figura 13: Vista principal del TIA portal

Los portales proveen las funciones básicas para los distintos campos de tareas. Los portales disponibles en la vista del portal dependen de los productos instalados.

La vista del proyecto de la figura 11 ofrece una vista estructurada de todos los componentes de la vista del proyecto.



- ① Barra de título
- ② Barra de menús
- ③ Barra de herramientas
- ④ Árbol del proyecto (Página 173)
- ⑤ Proyectos de referencia (Página 188)
- ⑥ Vista detallada (Página 190)
- ⑦ Área de trabajo (Página 186)
- ⑧ Divisor de ventana
- ⑨ Ventana de inspección (Página 184)
- ⑩ Cambiar a la vista del portal (Página 168)
- ⑪ Barra de editores
- ⑫ Barra de estado con indicador de progreso
- ⑬ Task Cards (Página 186)

Figura 14: Vista del proyecto TIA portal

4.2.2.4. **Introducción a HMI.**

Un sistema HMI constituye la interfaz entre el usuario y el sistema. El desarrollo del proceso es controlado básicamente por el PLC, pero por medio de un panel de operador el usuario tiene también la posibilidad de observar el proceso o de intervenir en él, en este trabajo la interfaz la constituye una pantalla táctil.

Para aplicaciones básicas se consideran totalmente suficientes los paneles de operador con funciones básicas. Los “Basic Panels” forman parte de SIMATIC, e independientemente de cual sea el tamaño de su display, ofrecen numerosas funciones de software, como sistema de avisos, administración de recetas, funcionalidad de curvas y cambio de idioma.

En este trabajo utilizaremos una pantalla táctil con un display TFT de 5’7 pulgadas, 256 colores, una resolución de 320x240 píxeles y un tiempo de ciclo de 200 ms cuyo hardware se denomina KTP600 PN Basic. Nos ofrece además una interfaz PROFINET integrada.

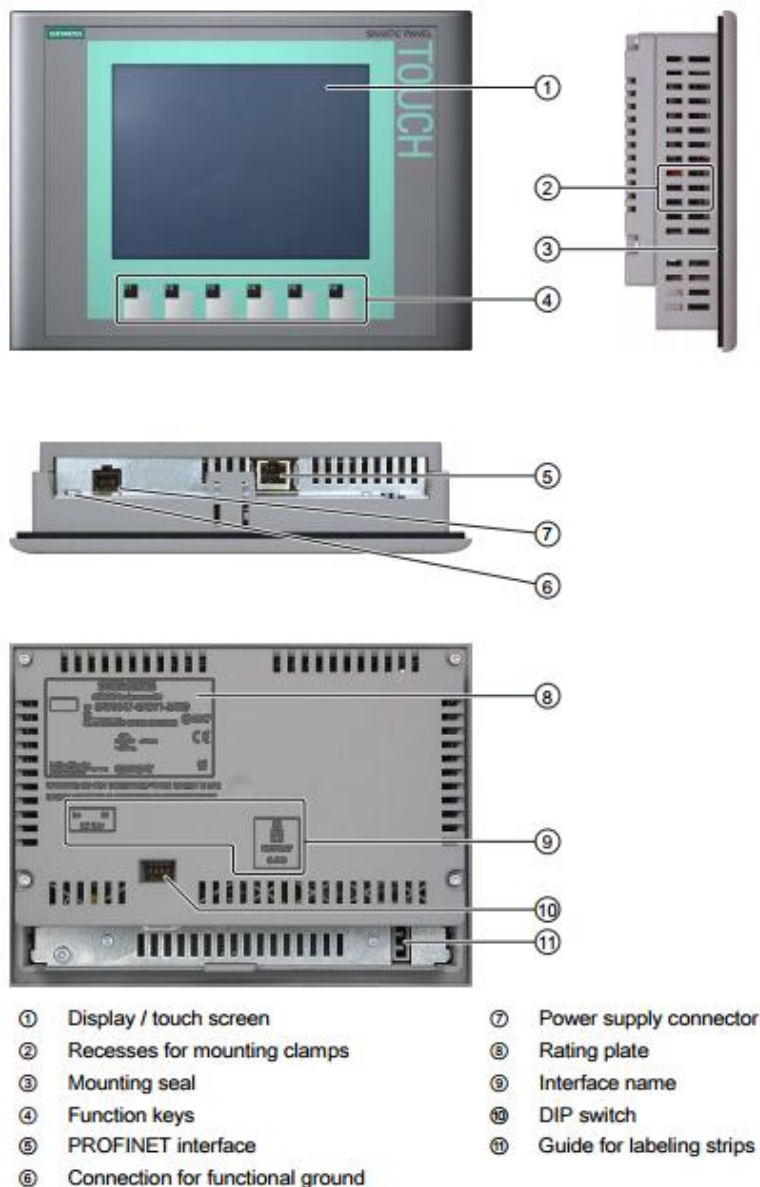


Figura 15: Dispositivo HMI KTP600 PN Basic color.

5. DESARROLLO DEL TRABAJO.

5.1. Creación de una red Industrial.

5.1.1. Configuración Hardware de la red.

Los equipos dotados con puerto Profinet, como es el caso de la nueva familia de CPUs de Siemens, soportan la comunicación basada en los protocolos TCP/IP, lo que les permite conexiones y comunicaciones con protocolos vía Ethernet Industrial, para el intercambio de datos a través del programa de usuario con otros interlocutores.

A continuación se muestran algunas posibilidades de conexión para el S7-1200.

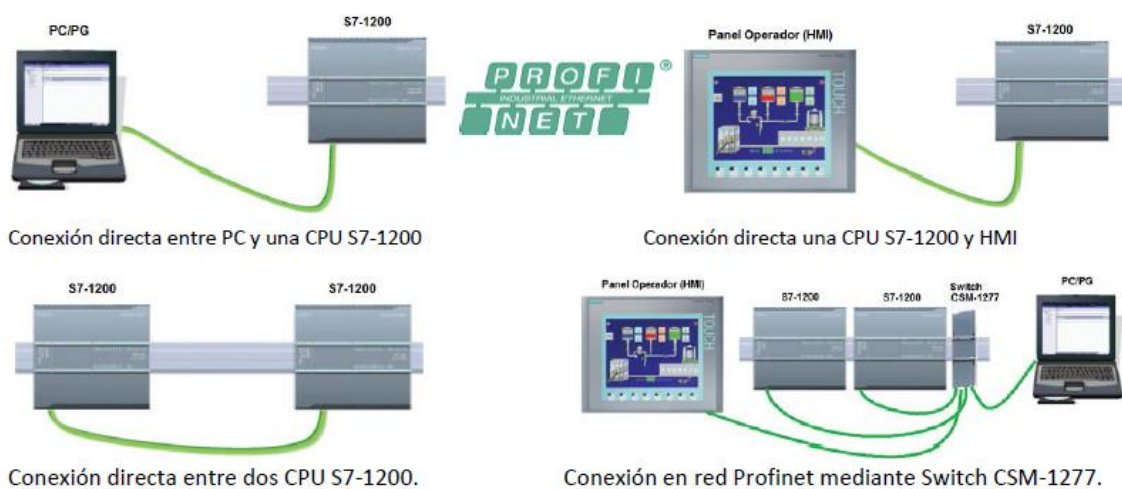


Figura 16: Ejemplos de conexión PROFINET en PLC S7-1200

Requisitos del software y hardware

Software:

- Windows XP o superior.
- TIA Portal V.11 Basic o versión superior.

Hardware:

- PC con tarjeta Ethernet
- Tres cables de red Ethernet con conector RJ45.
- 2 PLC S7-1212C DC/DC/DC (firmware V.2.0)
- 2 Pantallas táctil KTP600 PN.
- 2 Switch CSM-1227

Configuración de la Red.

Para conectar cada elemento del sistema industrial a la red se utilizará un switch CSM 1277. De esta forma se comunicarán el autómata, la pantalla táctil y la CPU. El switch estará conectado a su vez a una red LAN que lleva en su configuración un router que permitirá salir fuera de la red. El esquema de la red será el siguiente:

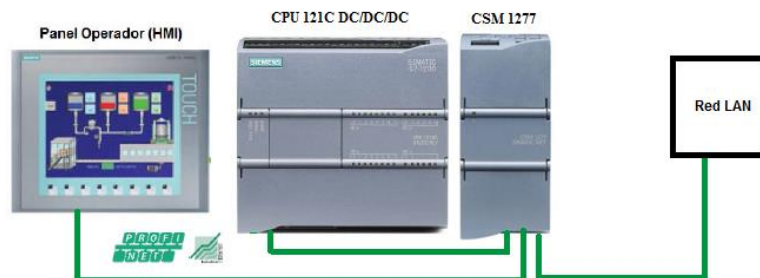


Figura 17: Red Ethernet de cada maqueta.

Cada maqueta lleva la configuración de la figura 16. Por lo tanto la configuración de nuestra red sería la que muestra la figura 17:

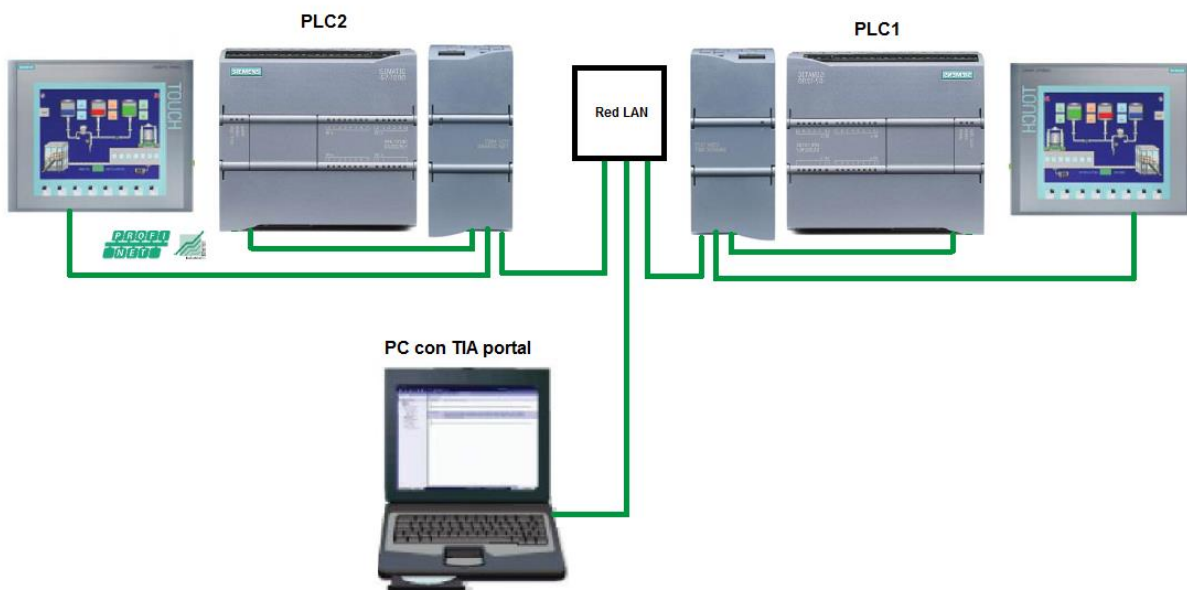


Figura 18: Red Ethernet del sistema.

El direccionamiento de cada dispositivo sería, teniendo en cuenta la dirección del router de la red LAN, la siguiente:

	PLC 1	PLC 2	HMI 1	HMI 2	Router
IP	172.18.67.89	172.18.67.81	172.18.67.90	172.18.67.82	172.18.64.254
Mascara de subred	255.255.224.0	255.255.224.0	255.255.224.0	255.255.224.0	255.255.224.0

Tabla 5: Direccionamiento del sistema

5.1.1.1. Configuración Hardware en TIA portal.

Paso 1: Se ejecuta la aplicación de TIA portal v11.

Paso 2: “Crear Proyecto Nuevo” Dentro de la pantalla de inicio aparece seleccionado por defecto la opción “Abrir proyecto existente”. En la tabla aparecen los proyectos que estén guardados en el PG/PC. Nosotros comenzaremos un proyecto desde cero, por lo que seleccionaremos “Crear proyecto”.

Paso 3: “Información del Proyecto” Al seleccionar esta opción le daremos el nombre al proyecto, quien es el autor, etc., y después al botón “Crear”.

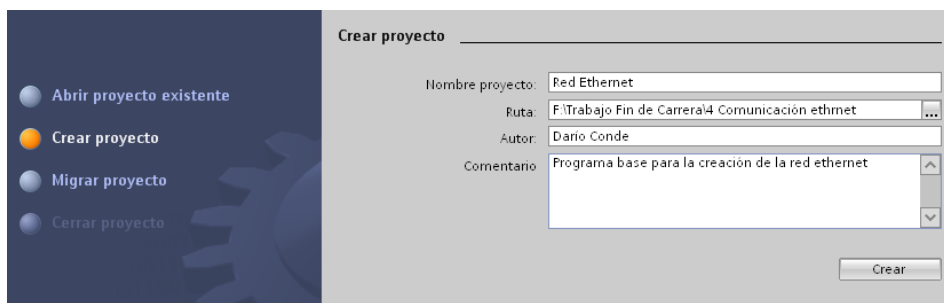


Figura 19: Información del proyecto

Paso 4: “Primeros Pasos” Al crear el proyecto nos aparece la “Vista Portal” y se selecciona por defecto “Primeros pasos”. Desde aquí se tiene las siguientes opciones:

“Configurar un Dispositivo”, “Crear programa PLC” y “Configurar una imagen HMI”.

Se empieza por lo básico configurando el hardware de nuestro equipo para lo que le daremos a configurar dispositivo.



Figura 20: Vista del proyecto

Paso 5: “Seleccionar CPU” Hacer clic en “Agregar Dispositivo” y saldrá dos opciones: PLC o el Panel HMI. Seleccionar PLC y aparecerá en la ventana de la derecha todas las CPU donde se selecciona la que dsiponemos, en nuestro caso tenemos el PLC 1212C DC/DC/DC. Hacer clic en el botón “Agregar”. En este ejemplo, insertaremos dos CPU’s para comunicarlás entre sí.

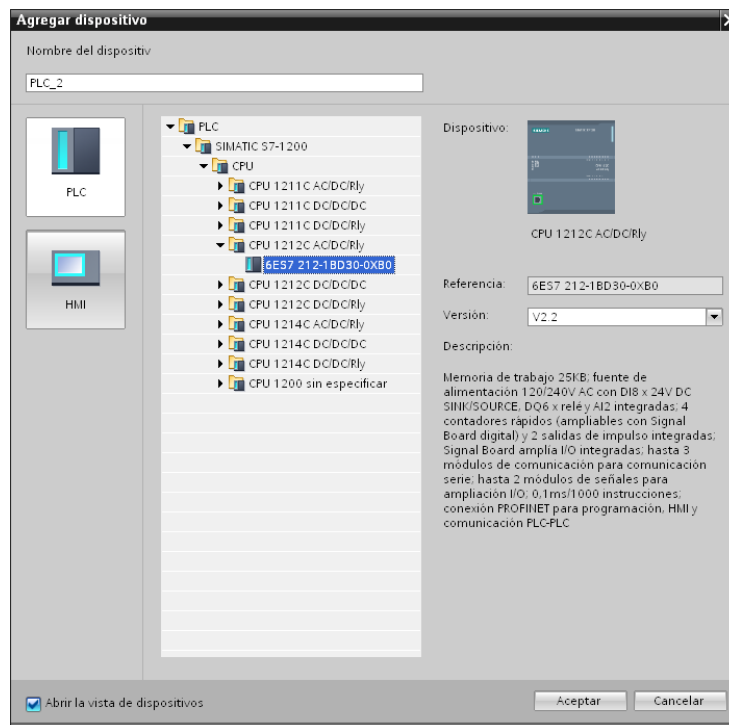


Figura 21: Dispositivos simatic

Paso 6: “Configuración de Hardware PLC_1” Aquí aparece la ventana de configuración del equipo. Ahora se debe meter los módulos que tiene el equipo físicamente: módulos de I/O, módulos de comunicación, etc... Para ello se debe seleccionar del catálogo de la derecha los módulos correspondientes y los arrastramos y soltamos en su posición correcta. En el SIMATIC S7-1200 los módulos de comunicación se insertan a la izquierda de la CPU y los módulos de I/O se meten a la derecha. Como máximo puede haber 3 módulos de comunicación y 8 de I/O.

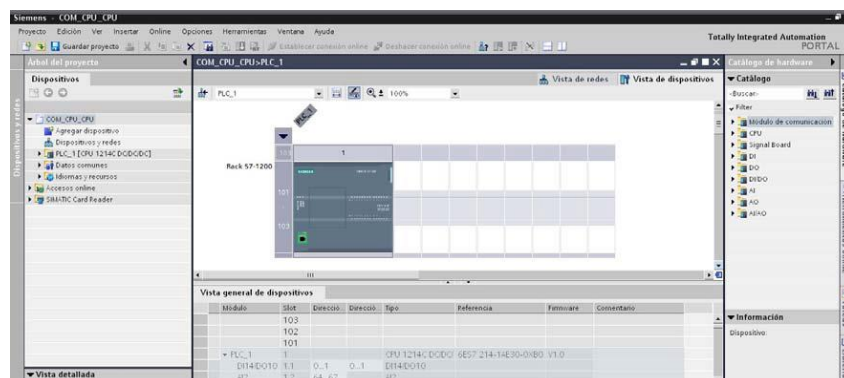


Figura 22: Configuración hardware del PLC

En la parte de inferior de la pantalla pinchando sobre la CPU podremos ver sus propiedades y podremos configurar: el direccionamiento, configuración de la hora, opciones de arranque, etc...

Se va a configurar la CPU de manera sencilla. Entrar en las propiedades de la CPU en el interfaz de PROFINET y agregaremos el dispositivo a una red a través de un router y le daremos una dirección IP.

- Agregar Subred (Le daremos al botón “Agregar Subred”)
- Asignar Dirección IP: 172.18.67.89
- Mascara de Subred: 255.255.224.0
- Router: 172.18.64.254

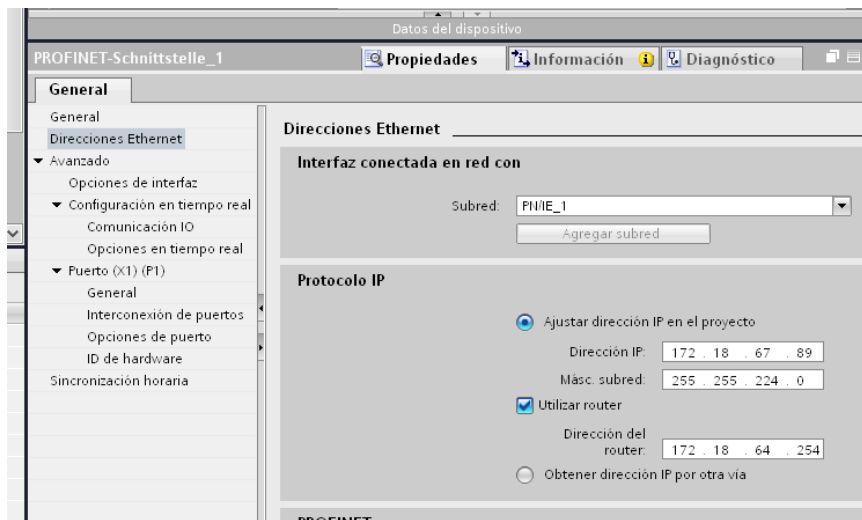


Figura 23: Direccionamiento de la CPU del PLC1

Activar Marca de Ciclo: La marca de ciclo es un byte de la memoria “M” donde va a oscilar automáticamente en cada uno de los bits con frecuencias distintas de ‘0’ a ‘1’. Lo utilizaremos a la hora de hacer el envío/recepción de los datos. Esta dentro la opción Marcas de Sistema y de Ciclo. En este caso se reserva el byte de marcas 10 pero se puede escoger el byte que quiera que no se esté usando.

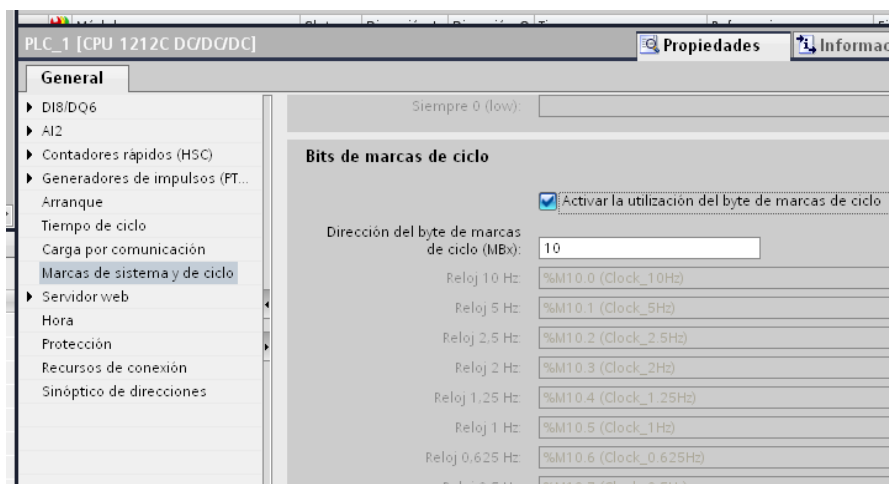


Figura 24: Byte de marcas del sistema

Una vez agregado a una red, dada la IP y activada la marca de ciclo (byte 100) tendremos que agregar el nuevo equipo "PLC_2".

Paso 7: "Configuración de Hardware PLC_2"

Para agregar el nuevo PLC vamos al árbol del proyecto se va a la primera opción que es "Agregar dispositivo". También se podría hacer volviendo a la vista portal (hay un acceso directo en la parte inferior izquierda) y agregando la nueva CPU desde ahí.

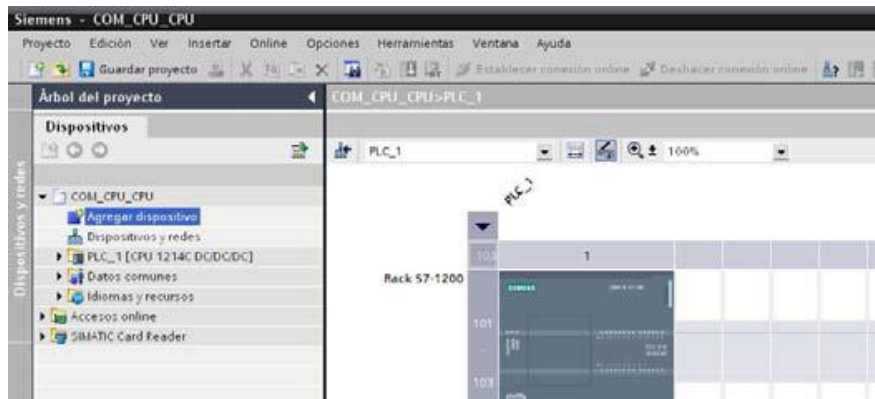


Figura 25: Agregar un dispositivo PLC2

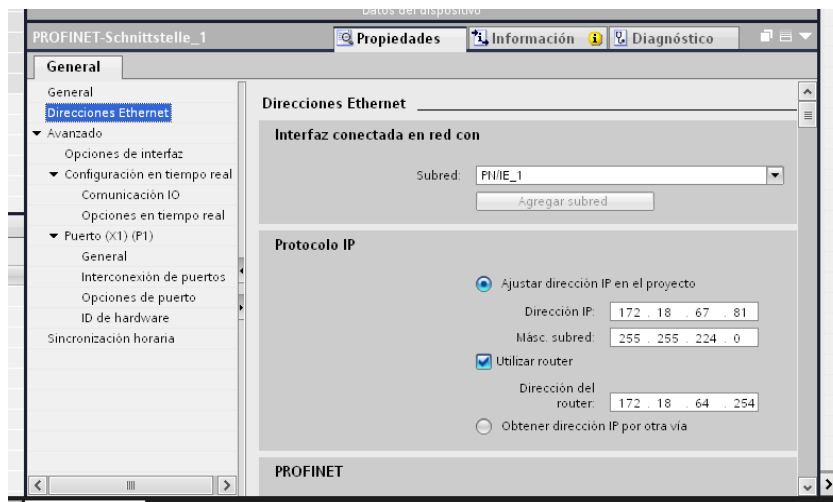


Figura 26: Direccionamiento de la CPU del PLC2

Agregar "PLC_2": Hay que agregarlo a la red creada para el anterior equipo dándole otra dirección IP.

- Agregar Subred (Le damos al botón "Agregar a subred")
- Asignar Dirección IP: 172.18.67.81
- Mascara de Subred: 255.255.224.0
- Router: 172.18.64.254

Activar Marca de Ciclo: Activar el byte 10 pero puedo escoger el byte que quiera que no esté usando.

Paso 8: “Añadir HMI’s a la subred”. Añadir las HMI (KTP 600 PN), igual que los dispositivos PLC, a la red creada y añadimos sus configuración (IP, máscara, etc.)

Paso 9: “Monitorización de la red”. En Dispositivos y Redes dentro del árbol del proyecto se debe tener conectadas las dos CPUs y las HMI’s. Se pincha en el icono y se verán las direcciones IP de los interconectadas, las CPU’s, por una red Ethernet.

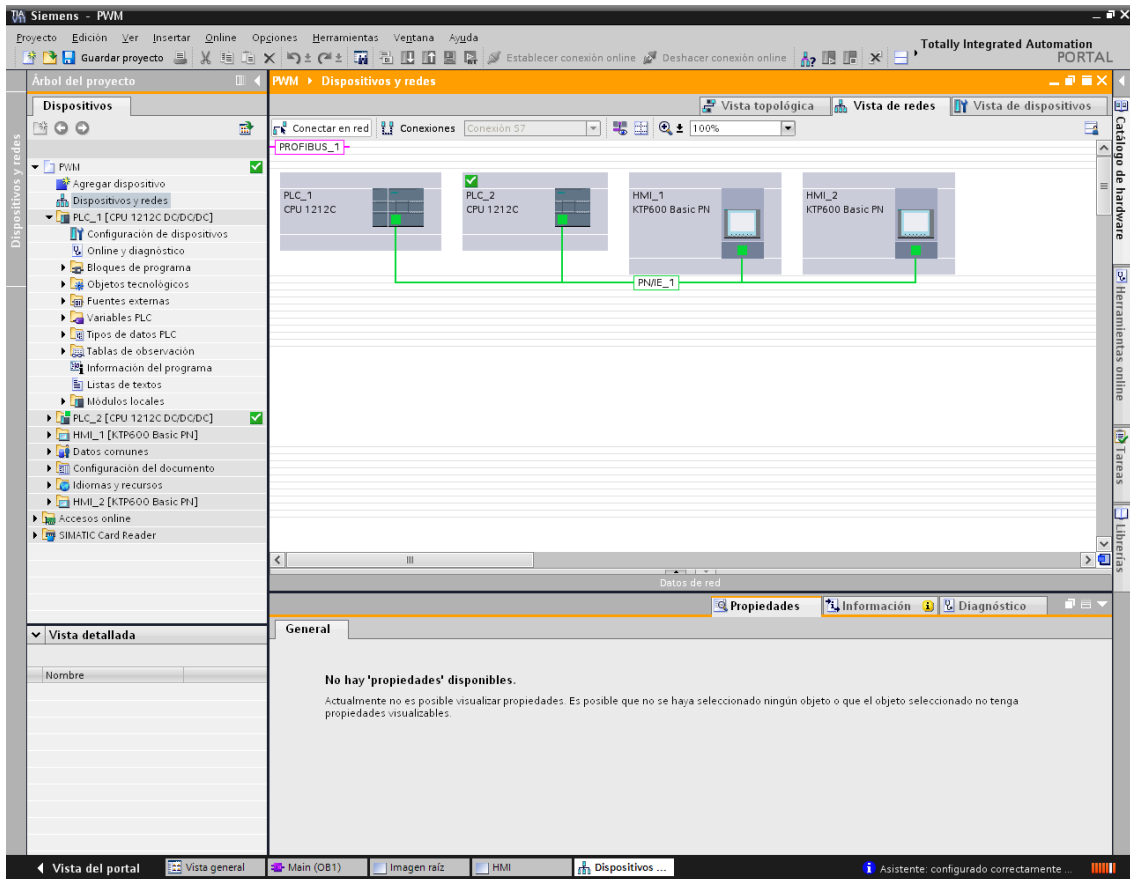
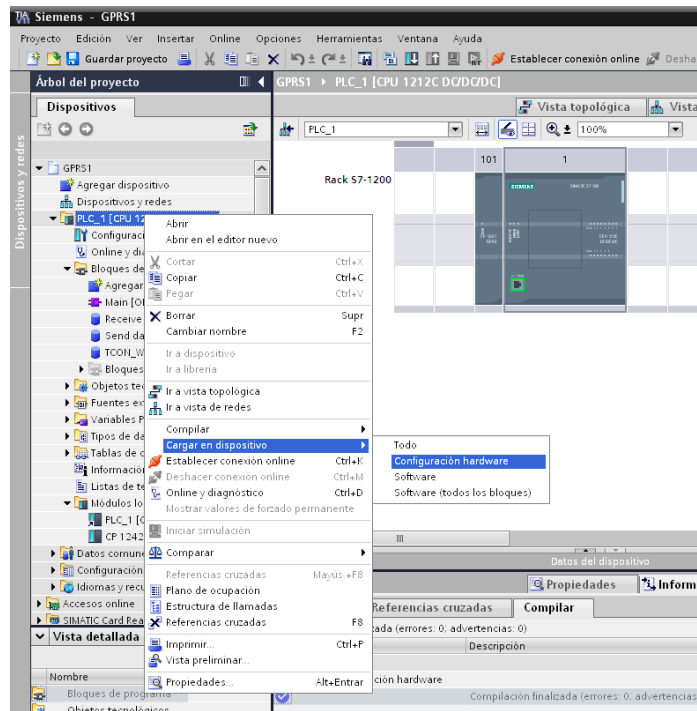


Figura 27: Monitorización de la red del sistema

Paso 10: Finalmente, guardar el proyecto. Después de guardar el proyecto, procederemos a la carga de la configuración en cada uno de los PLC’s pulsando el botón de cargar todo con el clic derecho encima de cada PLC en el árbol del proyecto.

Para comprobar que existe conexión entre el PC y las CPU’s pulsaremos la pestaña “parpadear LED”. Si la conexión es correcta comprobaremos que parpadean los led frontales de cada PLC y finalmente cargamos el hardware al dispositivo.



Carga avanzada

Nodos de acceso configurados de "PLC_1"

Dispositivo	Tipo de dispositivo	Slot	Tipo	Dirección	Subred
PLC_1	CPU 1214C ACB/DCB	1 X1	PN/E	192.168.0.1	PN/E_1

Tipo de interfaz PG/PC: PN/E
 Interfaz PG/PC: NIC de Fast Ethernet PCI-E
 Conexión con subred: PN/E_1
 Primer gateway:

Dispositivos compatibles en la subred de destino:

Dispositivo	Tipo de dispositivo	Tipo	Dirección	Dispositivo de destino
plc_1	S7-1200	PN/E	192.168.0.1	—
PLC_2	CPU 1214C ACB/DCB	PN/E	192.168.0.2	PLC_2
—	—	PN/E	Dirección de acceso	—

Parpadear LED

Información de estado online:
 Se ha establecido la conexión con el dispositivo que tiene la dirección 192.168.0.1.
 Exploración finalizado: 2 dispositivos compatibles encontrados de 2 dispositivos accesibles.
 Recopilando información de dispositivos...

Actualizar Cargar Cancelar

Selección de la interface de red del PC.

Muestra los PLC's disponibles para la carga.

Muestra los PLC's conectado al PC y su IP.

Actualiza la búsqueda del PLC conectado al PC.

Realiza la carga en el PLC.

Dirección IP de la CPU seleccionada para la carga.

Pulsar para comprobar la conexión con el PLC (deberán parpadear los led frontales de la CPU).

Figura 28: Asistente para cargar el hardware del sistema

5.1.2. Configuración Software de la red.

Para que las CPUs puedan establecer la comunicación es preciso configurar parámetros para transmitir y recibir mensajes. Estos parámetros determinan cómo deben funcionar las comunicaciones al transmitir o recibir mensajes de un dispositivo de destino.

El puerto PROFINET del S7-1200 soporta las siguientes conexiones simultáneas:

- 3 conexiones para la comunicación entre dispositivos HMI y la CPU.
- 1 conexión para la comunicación entre la programadora (PC/PG) y la CPU.
- 8 conexiones para la comunicación del programa del S7-1200 utilizando instrucciones del bloque T (TSEND_C, TRCV_C, TCON, TDISCON, TSEN, TRCV). Una conexión S7-1200 activa sólo es posible con las instrucciones del bloque T. Este tipo de instrucciones sirven para establecer conexiones entre dos CPUs.
- 3 conexiones para la comunicación entre una CPU S7-1200 pasiva y una CPU S7 activa. La CPU S7 activa utiliza las instrucciones GET y PUT (S7-300 y S7-400) o ETHx_XFER (S7-200).

Paso1. En el PLC1. Insertar un bloque de organización “startup” ,que llamaremos OB100, este bloque se ejecutará una vez al pasar la CPU de STOP a RUN.

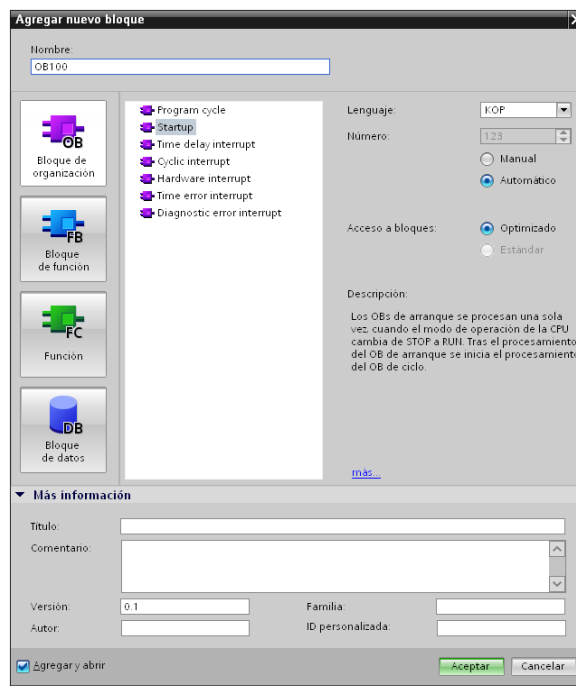


Figura 29: Asistente para crear un bloque de organización

En este bloque se programa una marca para que este siempre activa (M0.1) de tal manera que si es FALSE que se ponga a uno.

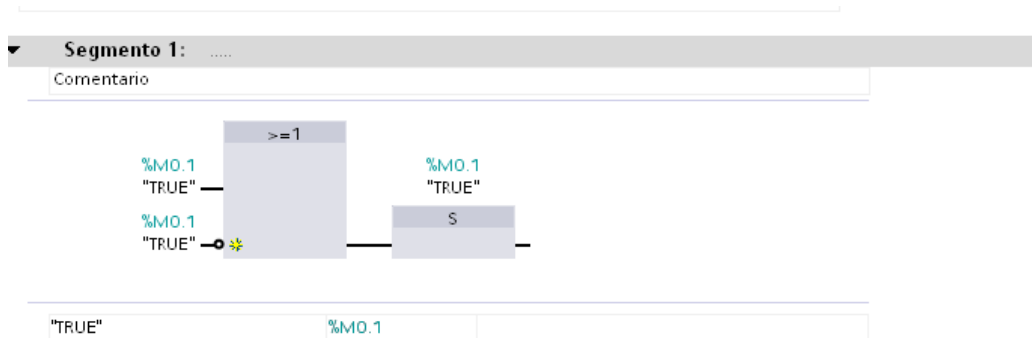


Figura 30: Marca activa al encender el PLC

Paso 2. En el PLC1. Insertar dos bloques de funciones FC_RECV [FC200] y FC_SEND [FC100], y también insertar dos bases de datos SEND_DATA[DB110] y RECV_DATA[DB210].

En los FC's añadir los bloques de comunicación para enviar y recibir los datos y las bases de datos (DB) nos servirán de contenedor de datos que queremos enviar y recibir.

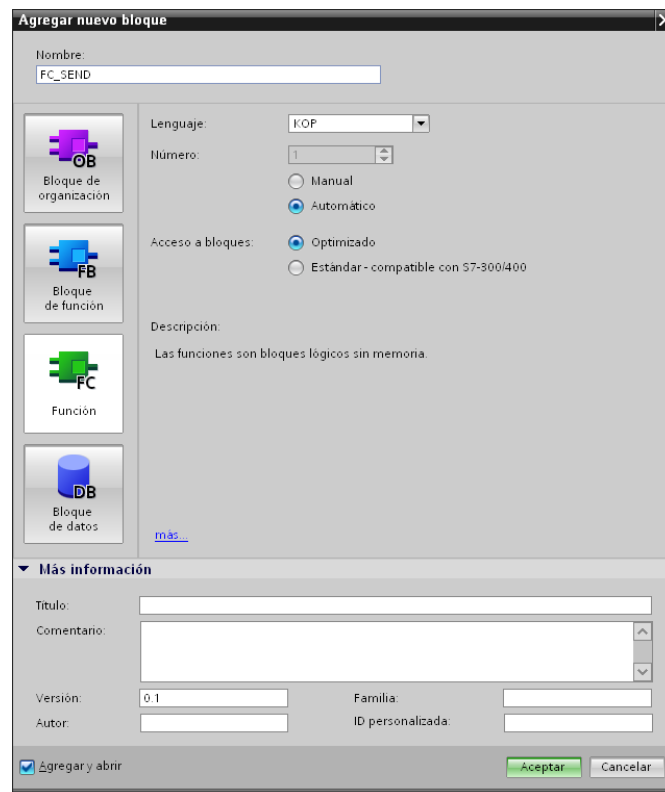


Figura 31: Asistente para crear un bloque de función

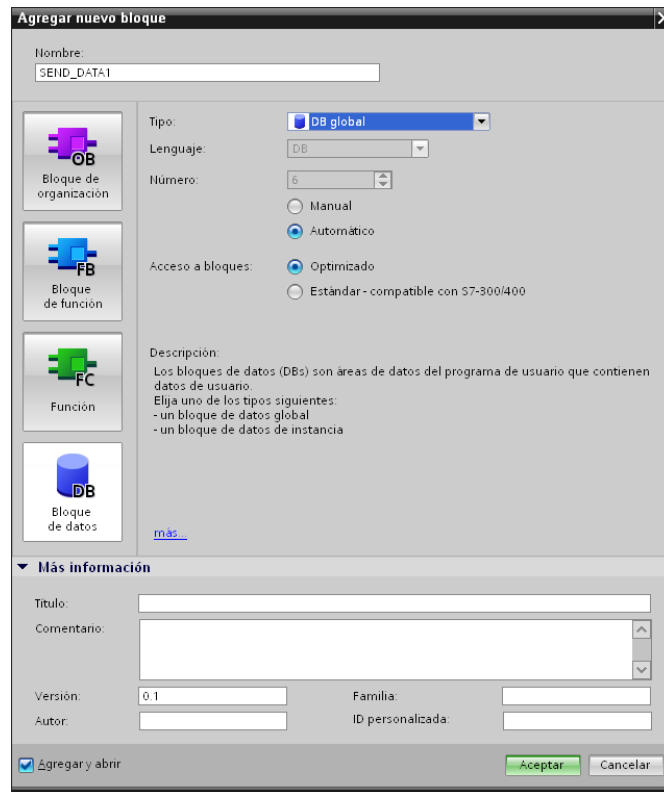


Figura 32: Asistente para crear una base de datos

Paso 3. En el PLC1. En el Bloque OB1, bloque cíclico que se ejecuta en cada periodo de lectura de memoria de la CPU y aparece por defecto, programaremos las llamadas a los bloques de funciones con la ayuda de la marca inicializada en el bloque OB100. De esta forma siempre llamaremos a los bloques de funciones cada ciclo.

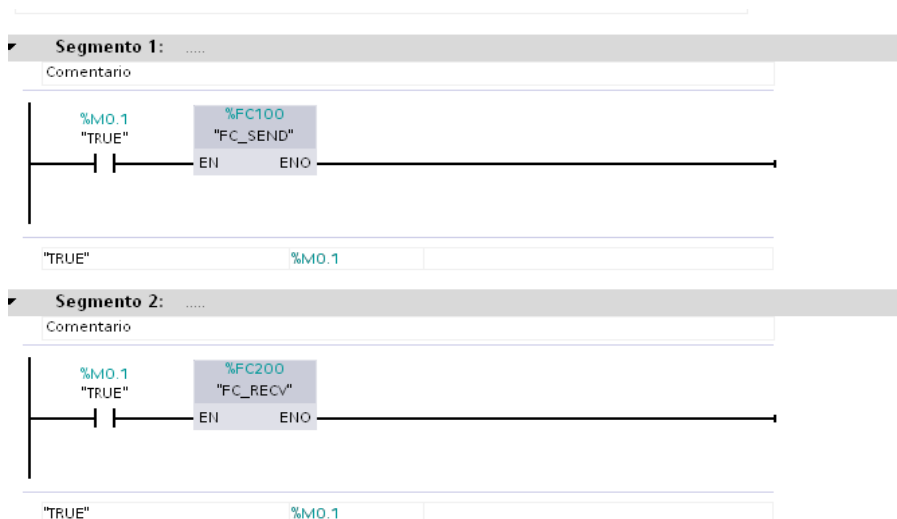


Figura 33: Segmento de llamadas a los bloques FC

Paso 4. En el PLC1. Configurar un array de bytes [0, 100], en las dos bases de datos, que nos servirán de contenedor para enviar los datos, a través de la red, por medio de los bloques programados en los FC's.

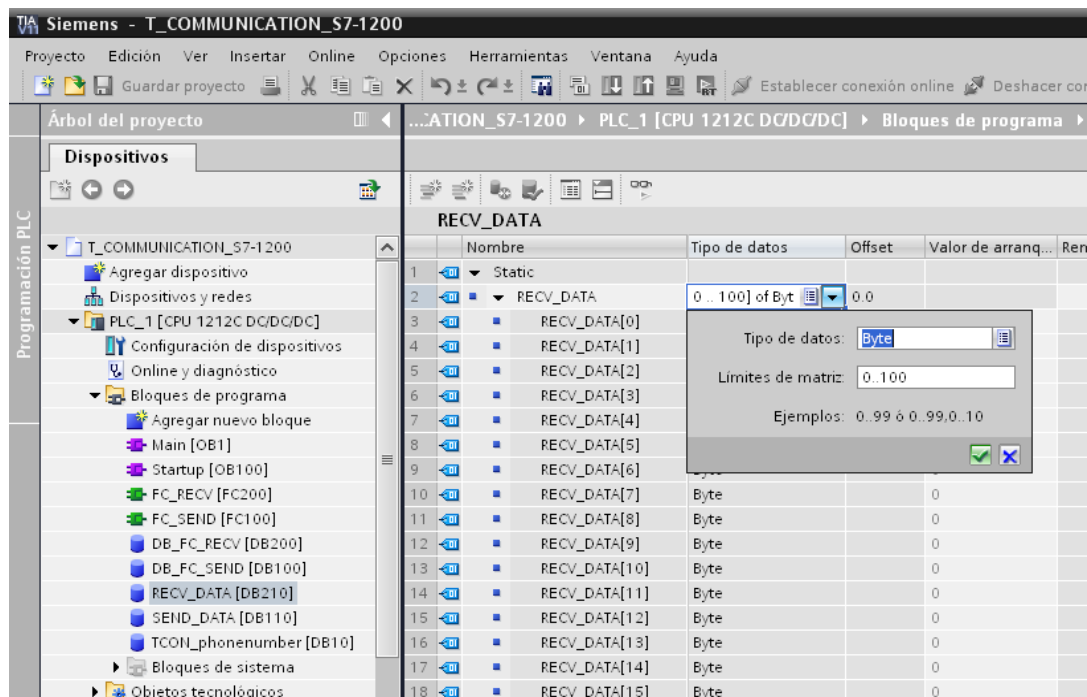


Figura 34: Crear un array de datos en la base de datos DB210

Paso 5. En el PLC1. Se inserta la instrucción TSEND_C en el bloque de función FC_SEND.

En este bloque se va a programar la instrucción TSEND_C que servirá para el envío de datos. La instrucción TSEND_C crea una conexión TCP o ISO on TCP con un interlocutor, envía datos y puede deshacer la conexión. Una vez configurada y establecida la conexión, la CPU la mantiene y la vigila automáticamente. La instrucción TSEND_C combina las funciones de las instrucciones TCON, TDISCON y TSEND. Estas instrucciones del programa controlan el proceso de comunicación:

- TCON sirve para establecer una conexión.
- TSEND y TRCV permiten enviar y recibir datos.
- TDISCON deshace la conexión.

Abrir el FC_SEND, que es donde se va a programar la función de envío de datos. La función TSEND_C la encontraremos en la ventana de "Instrucciones" > "Instrucciones Avanzadas" > "Comunicación", donde en comunicación abierta se tiene las funciones TSEND_C y la TRECVC.

Insertar la función TSEND_C y crear la base de datos que se crea por defecto, esta base la usará para almacenar los parámetros de la instrucción.

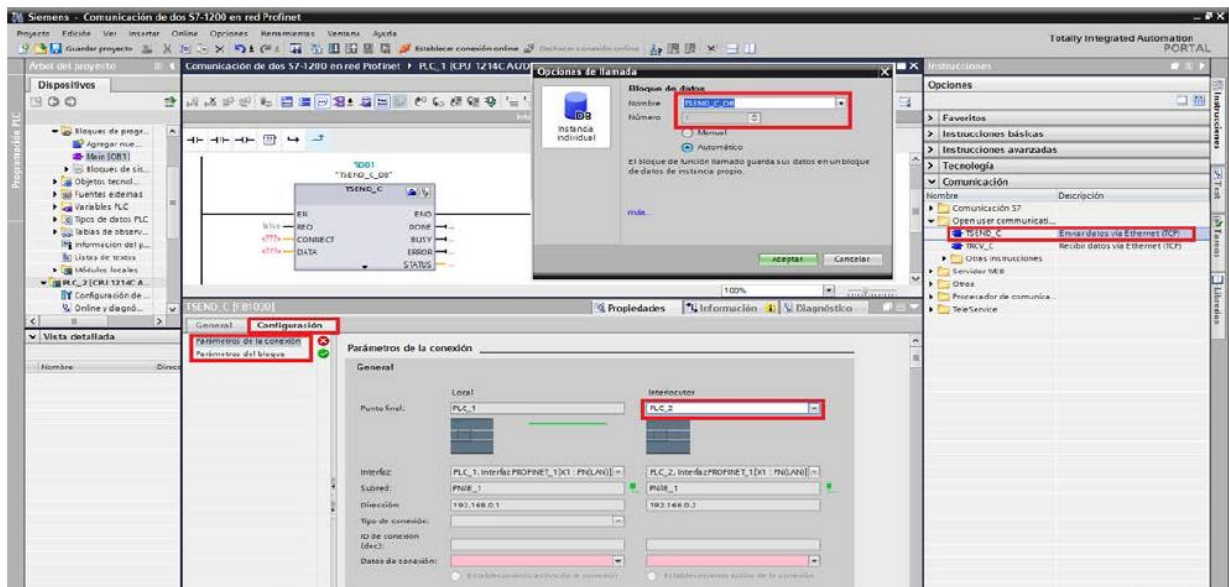


Figura 35: Insertar instrucción TSEND_C

TSEND_C.-La instrucción se ejecuta de forma síncrona, a través de una señal de reloj a 0.5HZ, y tiene las funciones siguientes:

- Configurar y establecer conexión de comunicación.
- Enviar datos a través de la conexión de comunicación existente.
- Desconectar la conexión de comunicación.

A continuación configuramos la instrucción TSEND_C pinchando sobre el bloque y en la ventana de “Configuración” nos encontramos “Parámetros de conexión” y “Parámetros de bloque”.

La ventana “Parámetros de conexión” se utiliza para indicar cuál será el interlocutor con el que deseamos comunicar nuestra CPU, así como el protocolo Ethernet que vamos a utilizar, en este caso TCP.

Para nuestro trabajo, la configuración que se utiliza para el PLC-1 es la siguiente:

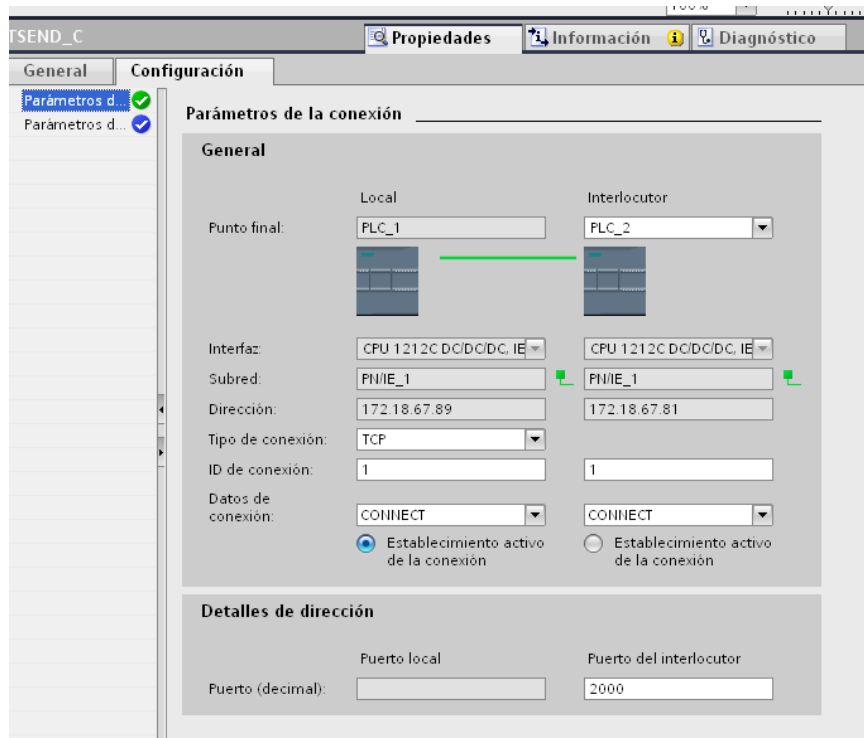


Figura 36: Configuración de los parámetros de comunicación PLC1

Donde los parámetros de la conexión vendrían a ser:

- **Interlocutor:** PLC-2, que es con el que vamos a realizar la comunicación.
- **Interfaz:** por defecto aparece lo programado en el hardware.
- **Subred:** por defecto, la que hemos creado para nuestra red.
- **Dirección:** por defecto nos aparece las IP configuradas en el hardware del equipo.
- **Tipo de conexión:** TCP. Se podrá seleccionar esta configuración si está configurado el TRCV_C en el PLC-2 para que reciba los datos.
- **ID de conexión:** por defecto es 1. Es posible que no podamos seleccionar nada hasta que no hayamos configurado el TRCV_C en el PLC-2.
- **Datos de conexión:** **CONNECT** generado por el PLC-1 automáticamente cuando insertamos la instrucción.
- **Establecimiento activo de la conexión: PLC-1.** Nos indica quien es el que está enviando las instrucciones cada tiempo de ciclo.
- **Detalles de dirección (puertos):** Se selecciona el puerto 2000 porque está libre para su uso. Normalmente se asigna por defecto.

Paso 6: En el PLC1. Programación de los parámetros del TSEND_C

EL primer segmento activa el *Estado de la conexión (CONT = 1)* con la marca que se activa en el OB100 nada más arrancar el PLC.

CONT Determina si mantenemos o no la conexión. Si introducimos el valor "0" la conexión se interrumpirá inmediatamente. Si introducimos un "1" la conexión se mantiene. Una vez establecida correctamente la conexión, TSEND_C activa el parámetro DONE durante un ciclo.



Figura 37: Activar el estado de la comunicación

En la figura 38 activaremos el Inicio de la petición (**REQ**) siempre y cuando tengamos activa el estado de la conexión. Inicialá la petición de la conexión con un flanco ascendente de la señal presente en M10.7 y a una frecuencia de 0.5 Hz. Tras una operación de envío correcta, TSEND_C activa el parámetro DONE durante un ciclo.

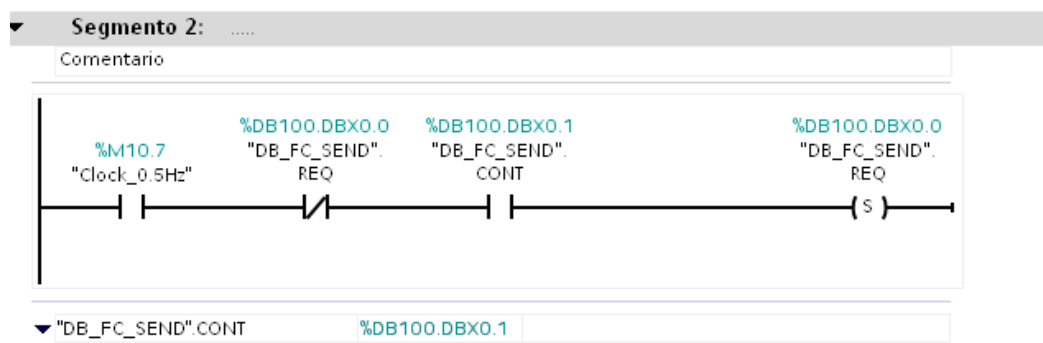


Figura 38: Activar Inicio de petición de comunicación

En este segmento añadimos la longitud (**LEN**) que establece el número máximo de bytes que deben enviarse. (El ajuste predeterminado es 0, es decir, el parámetro DATA determina la longitud de los datos por enviar). El tamaño mínimo de los datos que pueden transmitirse con la instrucción TSEND_C es un byte.

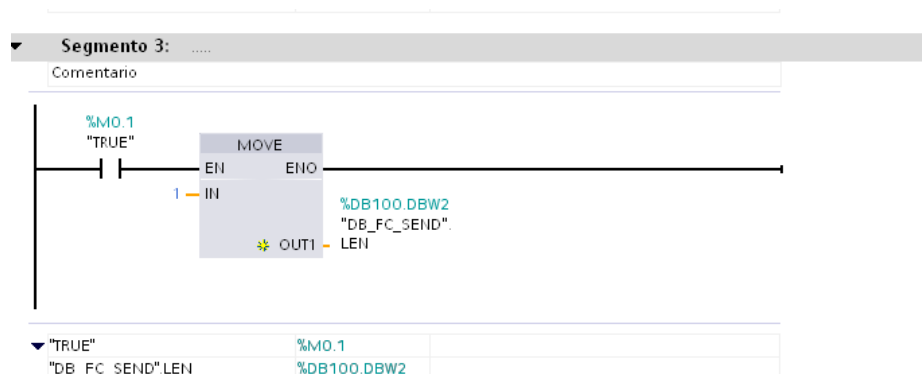


Figura 39: Longitud de los datos que se envían

Ahora asociamos estos parámetros a nuestra instrucción TSEN_C de la siguiente forma. En el bloque de **CONNECT** se selecciona el DB que genera la función que es donde irán los parámetros de la conexión y en **DATA** colocaremos los datos que queremos enviar; en este caso, como ejemplo, vamos a enviar 1 bit activado por la entrada IO.0 y debemos ponerlo en

forma de puntero y cuántos byte se van a enviar (P#I0.0 Byte 1). Debemos asegurarnos de que los datos (DATA) transmitidos por la instrucción TSEND_C tienen el mismo tamaño que el parámetro DATA de la instrucción TRCV_C en el receptor.

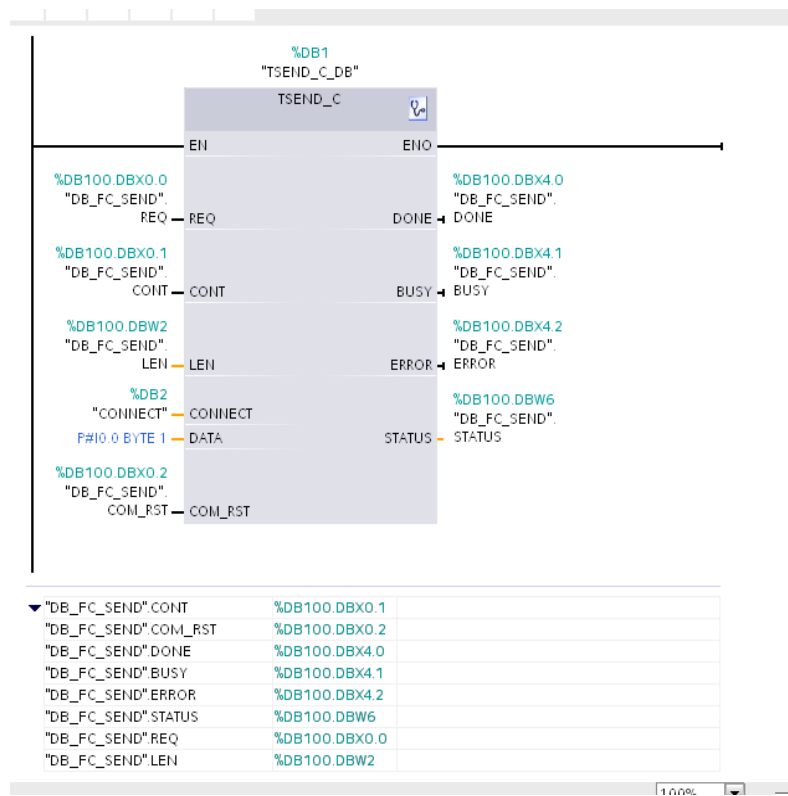


Figura 40: Configuración instrucción TSEND_C

Paso 7. En el PLC2 hacemos los primero 4 pasos igual que en el PLC1.

Paso 8: En el PLC2 Abrimos el FC_RECV (FC200) que es donde vamos a programar la función de recepción de datos.

La instrucción TRCV_C establece una conexión TCP o ISO on TCP con una CPU interlocutora, recibe datos y puede deshacer la conexión. Una vez configurada y establecida la conexión, la CPU la mantiene y la vigila automáticamente. La instrucción TRCV_C combina las funciones de las instrucciones TCON, TDISCON y TRCV. Estas instrucciones del programa controlan el proceso de comunicación:

- TCON sirve para establecer una conexión.
- TSEND y TRCV permiten enviar y recibir datos.
- TDISCON deshace la conexión.

La función TRCV_C la encontraremos en la ventana de “Instrucciones” > “Instrucciones Avanzadas” > “Comunicación” donde en comunicación abierta tenemos las funciones TSEND_C y la TRECVC_C. Insertamos la función TRECVC_C.

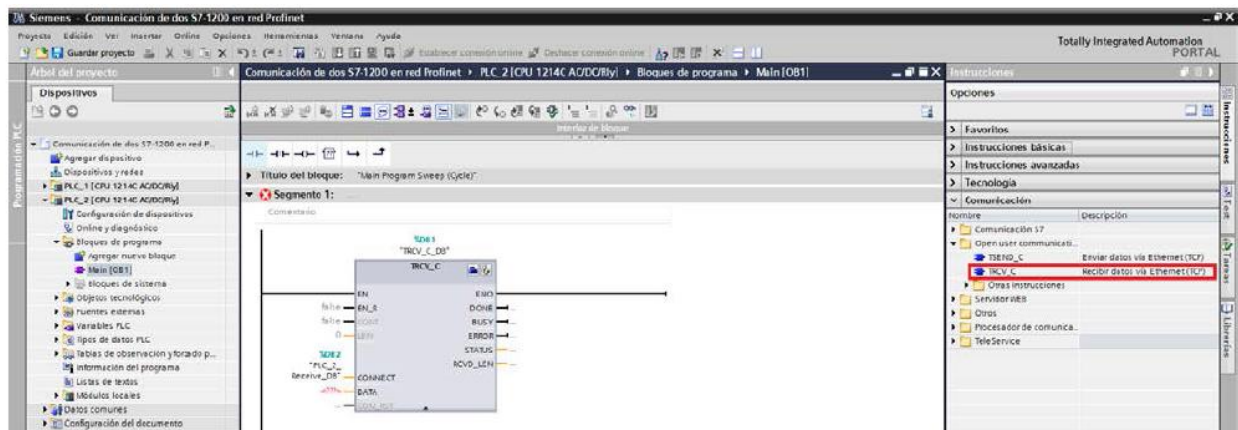


Figura 41: Insertar instrucción TRCV_C

TRCV_C.- esta instrucción tiene las siguientes funciones:

- Configurar y establecer conexión de comunicación.
- Recibir datos a través de la conexión de comunicación existente.
- Desconecte la conexión de comunicación

El tamaño mínimo de los datos que pueden recibirse con la instrucción TRCV_C es un byte. La instrucción TRCV_C no soporta la transmisión de datos booleanos ni de matrices booleanas. Al igual y como ocurrió al insertar la función TSEND_C, la función TRCV_C crea a través de la ventana de diálogo “Opciones de llamada” un bloque de instancia DB propio que servirá para almacenar los parámetros de la instrucción.

La configuración de la instrucción TRCV_C se hace pinchando sobre el bloque TRCV_C. En la ventana de “Configuración” nos encontramos igualmente “Parámetros de conexión” y “Parámetros de bloque”. Los parámetros del PLC-2 se configuran tal y como se indica en la figura indicando cuál será el interlocutor con el que deseamos comunicar nuestra CPU, así como el protocolo Ethernet que vamos a utilizar.

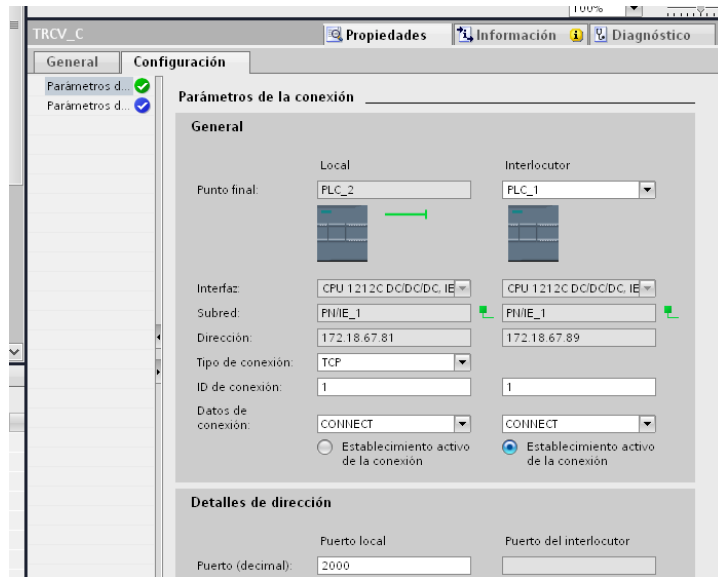


Figura 42: Configuración de los parámetros de comunicación PLC2

Para nuestro trabajo, la configuración que deberemos utilizar para el PLC-2 es la siguiente:

- **Interlocutor:** PLC-1
- **Interfaz:** por defecto
- **Subred:** por defecto
- **Dirección:** por defecto
- **Tipo de conexión:** TCP
- **ID de conexión:** por defecto.
- **Datos de conexión:** CONNECT generado por el PLC-2.
- **Establecimiento activo de la conexión:** PLC-1
- **Detalles de dirección (puertos):** por defecto.

Paso 9: En el PLC2. Configuración de los parámetros de la instrucción TRCV_C.

Activamos el Estado de la conexión (**CONT**). Determina si mantenemos o no la conexión. Si introducimos el valor "0" la conexión se interrumpirá inmediatamente. Si introducimos un "1" la conexión se mantiene.



Figura 43: Activar estado de la conexión PLC2

En este caso habilita la recepción. Si EN_R = 1, TRCV_C está listo para recibir y la tarea de recepción se procesa, es por eso que siempre la mantenemos activa con la marca activada en OB100.

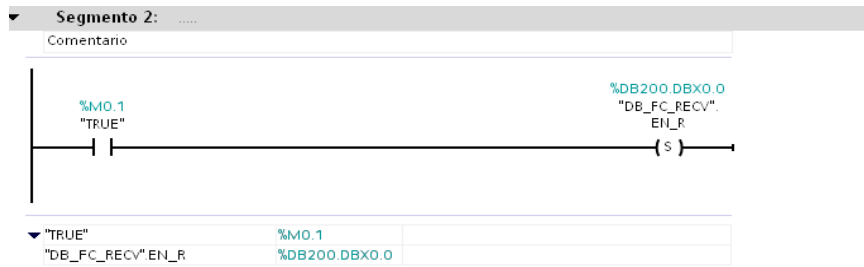


Figura 44: Habilitar la recepción

Añadimos la longitud de recepción (**LEN**). Este establece el número máximo de bytes que deben recibirse. (El ajuste predeterminado es 0, es decir, el parámetro DATA determina la longitud de los datos por enviar) tiene que coincidir con los bytes que está enviando el emisor.

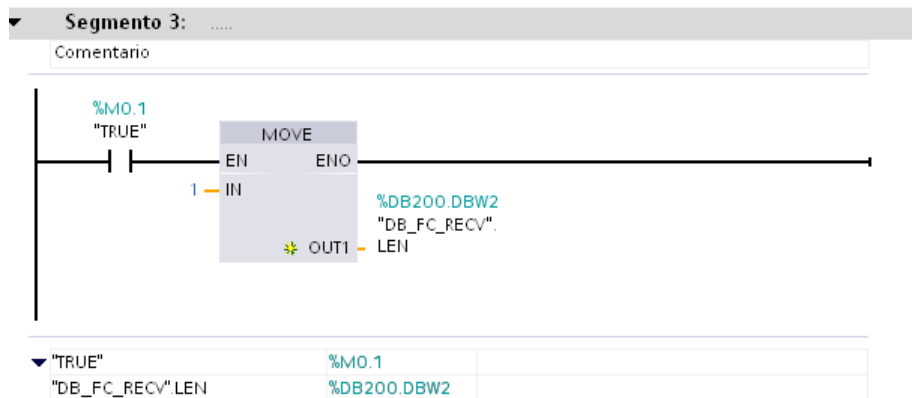
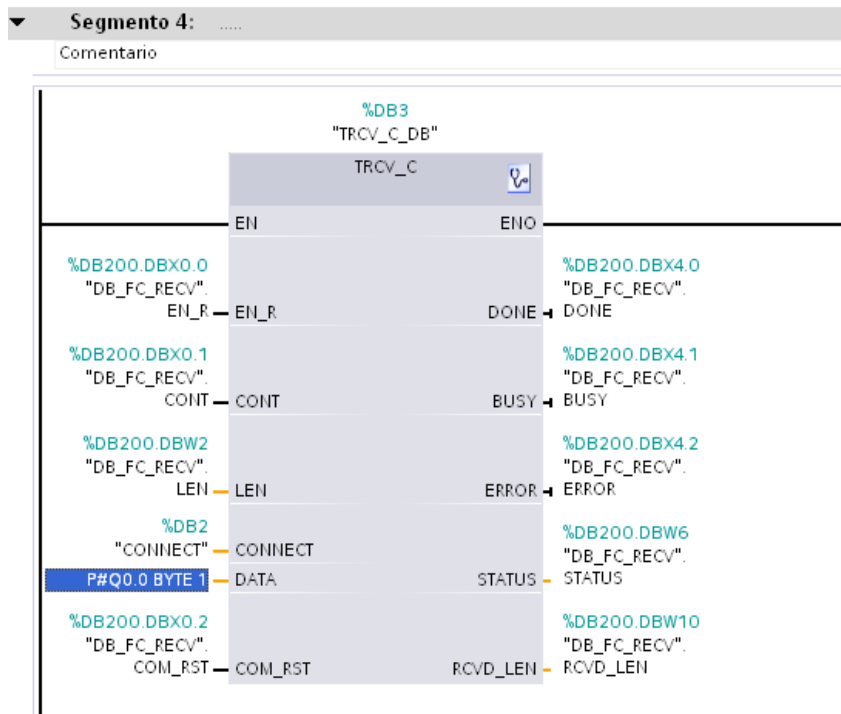


Figura 45: Configurar la longitud de los datos de recepción

A continuación asociamos estos parámetros a nuestra instrucción TRCV_C de la siguiente forma. En la entrada CONNECT, de la instrucción, se selecciona el DB que genera la función que es donde irán los parámetros de la conexión y en DATA, área de recepción, determina dónde se enviarán los datos recibidos tras el envío por TSEND_C. En nuestro caso recibiremos los datos directamente en el byte de salidas QB0.



5.1.3. Comprobación del resultado.

Cargamos a cada PLC todo lo que hemos programado hasta ahora.

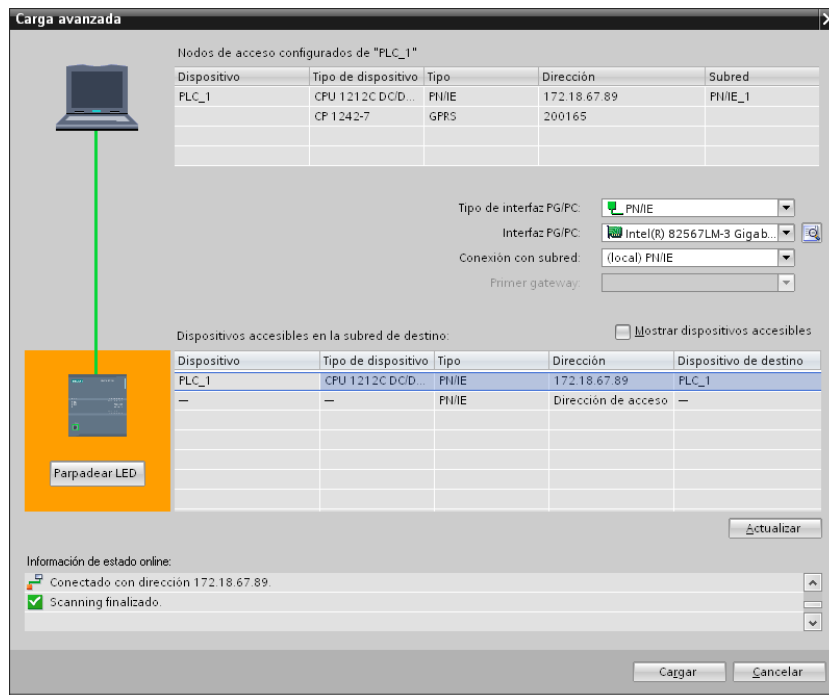


Figura 47: Comprobación estado de la red

Nos aseguramos que el tipo de conexión de la red configurada en el autómata coincide con la que hemos configurado. Para ello debemos comprobar la estructura del bloque de datos de la comunicación DB2 (CONNECT) y los valores que debería llevar en nuestra comunicación según la siguiente tabla:

Byte	Parameter	Data type	Value	Description
0 and 1	BLOCK_LENGTH	UINT	64	Length: 64 bytes (fixed)
2 and 3	ID	CONN_OUC	1	Reference to this connection Range of values: 0 to 4095 Note You must specify the value of this parameter at the "ID" input of the TSEND_C and TRCV_C instructions.
4	CONNECTION_TYPE	USINT	18	Connection type 17: TCP 18: ISO-on-TCP 19: UDP Note In this example, communication is over an ISO-on-TCP connection.
5	ACTIVE_EST	BOOL	TRUE	ID for the type of connection setup. The following holds for ISO-on-TCP and TCP: <ul style="list-style-type: none"> FALSE: passive connection setup TRUE: active connection setup FALSE is always valid for UDP, because data can be sent or received by means of the local ID.
6	LOCAL_DEVICE_ID	USINT	1	ID for the local PN/IE-interface 1: PN/IE interface of the S7-1200 CPU Note Additional information about the LOCAL_DEVICE_ID parameter is available in Entry ID: 51339682
7	LOCAL_TSAP_ID_LEN	USINT	5	Length of the LOCAL_TSAP_ID parameter used in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 2 to 18 if connection type = 18 (ISO-on-TCP) 0 to 2 if connection type = 17 (TCP) 2 if connection type = 19 (UDP)
8	REM_SUBNET_ID_LEN	USINT	0	Parameter is not used.
9	REM_STADDR_LEN	USINT	4	Length of the address of the partner end point in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 4: Valid IP address in the REM_STADDR parameter (only ISO-on-TCP and TCP) 0: Unspecified, which means that the REM_STADDR parameter is irrelevant
10	REM_TSAP_ID_LEN	USINT	5	Length of the REM_TSAP_ID parameter used in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 2 to 18 if connection type = 18 (ISO-on-TCP) 0 to 2 if connection type = 17 (TCP) 2 if connection type = 19 (UDP)
11	NEXT_STADDR_LEN	USINT	0	Parameter is not used.

Figura 48: Parámetros de la base de datos de la comunicación

El procedimiento sería el de primero establecer conexión online con el PLC1, en este caso, y abrir el DB 2 (CONNECT). Pinchamos en activar/desactivar observación para así poder comparar los valores que tiene el autómata con los que tratamos de configurar.

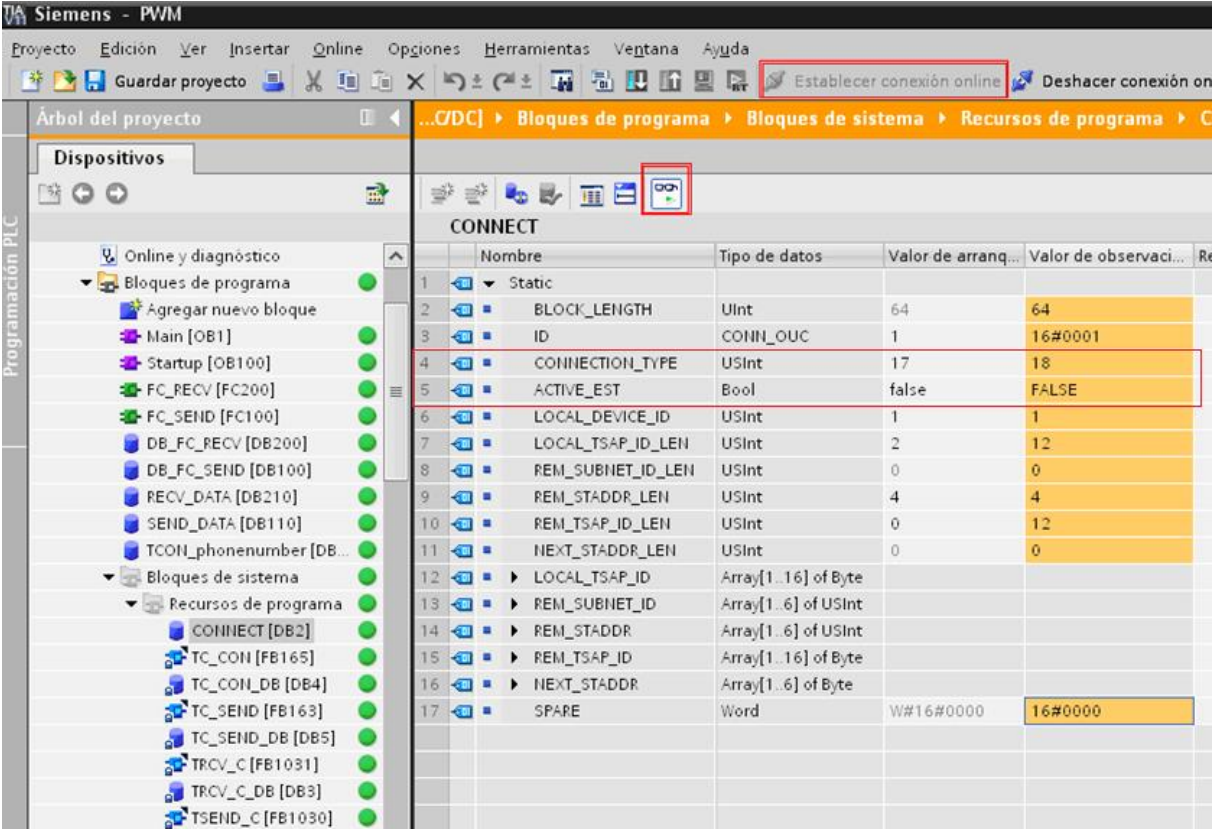


Figura 49: Comprobación errónea de los parámetros de la comunicación en modo online

Como se puede observar en la figura, al ver estado online de la conexión se observa que el autómata tiene una configuración de la red en modo ISO on TCP (Connection Type =18) y que el bit de estado de la conexión está desactivado, dejando a la conexión fuera de servicio. Sin embargo se ha configurado una conexión TCP (Connection Type =17), por lo que hay que una posibles solución es la de borrar la memoria de los autómatas, desconectar todos los dispositivos de las fuentes de tensión y volver a reiniciar el sistema cargando a su vez la programación en los PLC's.

En una segunda comprobación se observar como si coinciden los parámetros de la comunicación preestablecidos y se encuentra en estado activo.

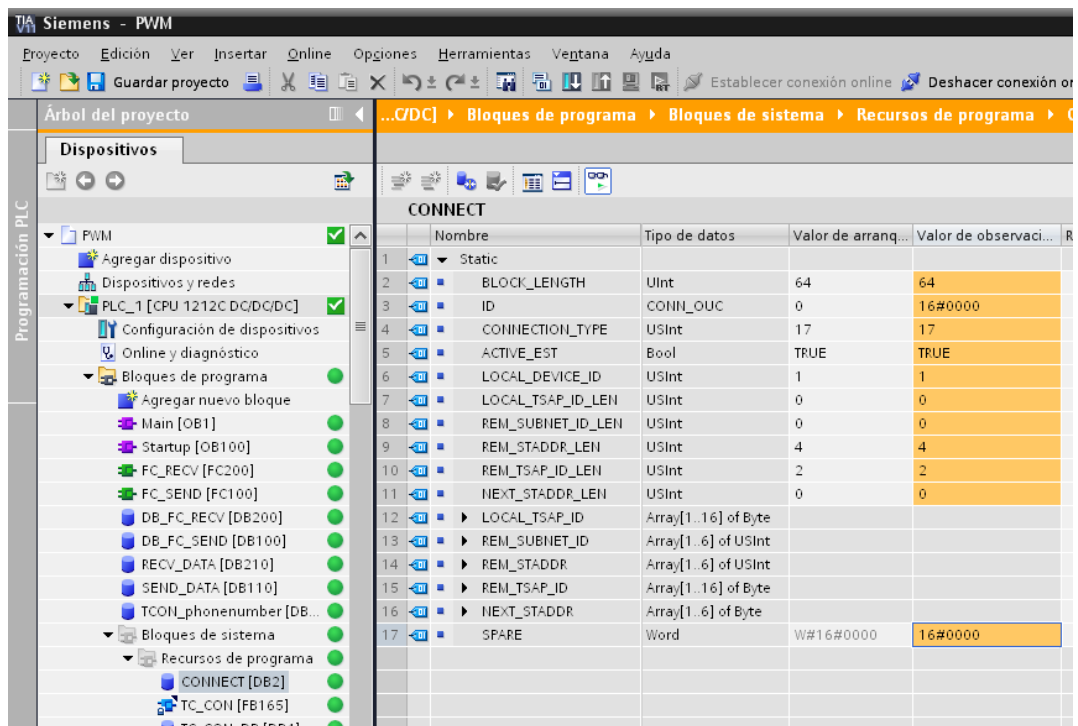


Figura 50: Comprobación de los parámetros de la comunicación en modo online

Para comprobar la comunicación instalamos un pulsador a la entrada IO.0 del PLC_1 y al activarlo se observa que se enciende la salida Q0.0 del PLC_2 por lo que damos por sentado que sí existe comunicación entre los dos autómatas.

5.2. Control de posición por interfaz de pulsos (PTO).

5.2.1. Introducción

El autómatas Simatic S7-1200 consta de salidas rápidas que nos permiten controlar la posición, y por tanto la velocidad, de servomotores o motores paso a paso. En esta parte lo que se va a hacer es generar una interfaz de pulsos, creada por el autómatas. Esta característica la podemos utilizar en múltiples aplicaciones como prensas, cintas transportadoras, etc. Para cualquier máquina de control rotativo, el autómatas está pensado para su control de posición. En este caso usaremos las salidas programadas como PTO (Pulse Train Output), que generan secuencias rápidas de impulsos que se utilizan para controlar instrucciones de control de movimientos.

Para llevar a cabo la generación del tren de pulsos usamos el asistente "Motion Control" de TIA portal que nos permitirá:

- Configurar los objetos tecnológicos "Eje" y "Tabla de peticiones". Con ayuda de estos objetos tecnológicos la CPU S7-1200 controla las salidas de impulso y sentido para controlar los accionamientos.
- El programa de usuario le permite controlar el eje con las instrucciones Motion Control e iniciar con ello las peticiones de movimiento de su accionamiento a modo de prueba.

Ejemplo de Aplicación

Un entorno de aplicación sería controlar la posición de un servomotor a través de una unidad de control o servo-accionamiento a través del autómatas S7-1200. Tanto la unidad de servo y el PLC S7-1200 están provistos de un contador de pulsos interno que cuenta lo que representará a la posición actual. Antes de una posición absoluta el contador de PLC S7-1200 tiene que ser sincronizado con la posición física del eje.

El PLC se encargará de enviar un tren de pulsos para controlar la posición y un bit para controlar la posición. El servo controlador se encargará de traducir estos datos en tensión para enviárselos al servomotor que lo transformará en movimiento.

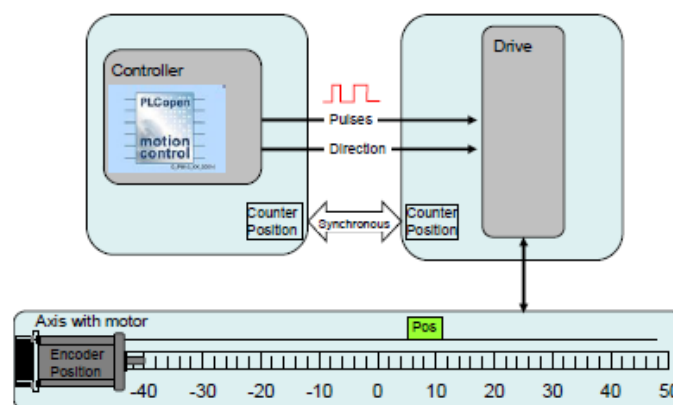


Figura 51: Estructura de sistema de control de velocidad por PTO

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación con mucha exactitud y mantenerse estable en dicha posición. Dicha característica se puede usar para posicionar un mecanismo en un eje de tornillo sin fin, en la posición correcta, en aplicaciones que así lo requieran.

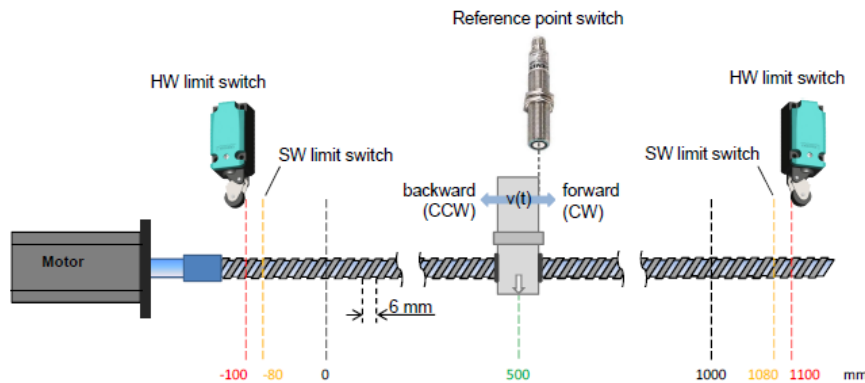


Figura 52: Aplicación de un servomotor.

PTO (Pulse Train Output) Salida de tren de Pulsos.

La instrucción de salida de tren de pulsos (PTO) se usa para proporcionar una serie de pulsos cuadrados a un dispositivo de salida, tal como el driver de un servomotor.

- El PTO proporciona en las salidas Q0.0 ó Q0.1, un número especificado de pulsos de onda cuadrada (50% de ciclo de trabajo) con un periodo también especificado.
- El número de pulsos puede ser de 1 hasta 4; 294, 967, 295.
- El número de pulsos y el periodo pueden ser cambiados con una interrupción.

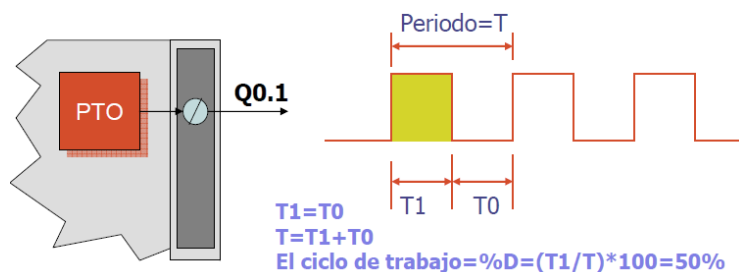


Figura 53: Señal pulsada.

Principio de la interfaz de impulsos

En función de los ajustes del motor, cada impulso hace que el motor se desplace en un ángulo definido. Si se tratase de un motor paso a paso este estará ajustado, por ejemplo a 1000 impulsos por revolución, con lo que el motor paso a paso rotará 0,36° por impulso. La velocidad del motor paso a paso viene determinada por el número de impulsos por unidad de tiempo, de igual forma ocurre en los servomotores.

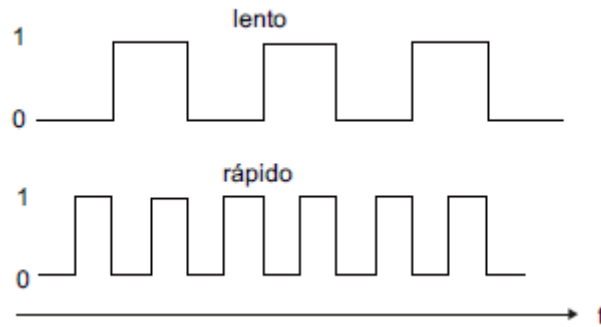


Figura 54: Principio de la interfaz de impulsos

Proceso de generación de impulsos

La figura siguiente describe el proceso de generación de impulsos mediante instrucciones de Motion Control.

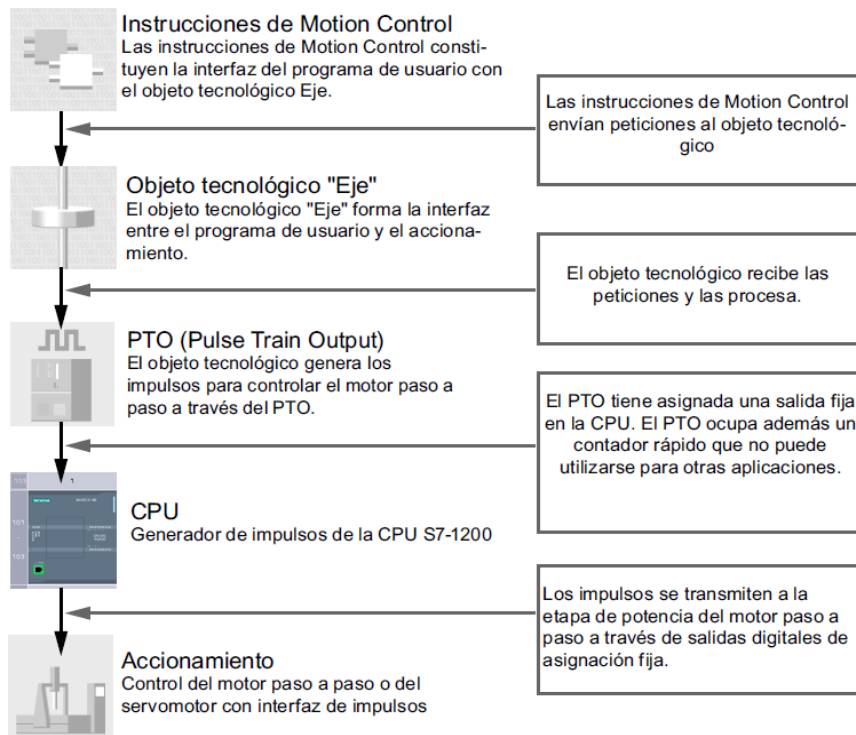


Figura 55: Estructura para la generación de la señal pulsada

Una vez se han generado los impulsos para el control del motor por medio de las salidas y se han transmitido a la etapa de potencia del motor, los impulsos son convertidos en un movimiento del eje por la etapa de potencia del motor.

Componentes hardware del PLC S7-1200.

La siguiente representación muestra la estructura básica de hardware para una aplicación Motion Control con la CPU S7-1200.

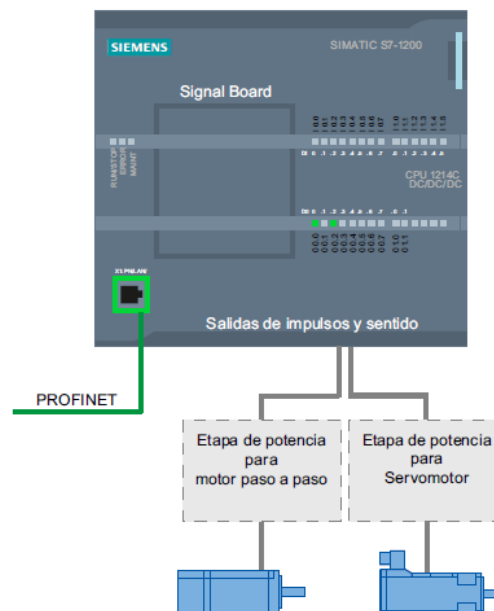


Figura 56: Estructura básica de aplicación del control de movimiento

Salidas rápidas.

Todas las CPUs disponen de dos generadores para producir trenes de pulsos rápidos (PTO). Uno de dichos generadores está asignado a la salida digital Q0.0 y el otro a la salida digital Q0.1 que funcionarán como salidas rápidas.

Los generadores PTO y la memoria imagen del proceso comparten el uso de las salidas Q0.0 y Q0.1. Cuando está activa una función PTO o PWM en Q0.0 ó Q0.1, el generador controla la salida, inhibiéndose el uso normal de la misma. La forma de onda de la salida no se ve afectada por el estado de la memoria imagen del proceso, ni por el valor forzado de la salida o la ejecución de las operaciones directas de salida. Si el generador PTO está desactivado, el control de la salida retorna a la imagen del proceso.

Cada generador PTO tiene

- un byte de control.
- un valor de tiempo de ciclo y un valor de ancho de pulso.
- un valor de conteo de impulsos.

Estos valores están almacenados en direcciones específicas a las que no tenemos acceso.

5.2.2. Desarrollo de la aplicación con el S7-1200

Pasos a seguir

Esta parte se llevan a cabo los siguientes pasos:

Se crea el objeto tecnológico "Eje".

- El objeto tecnológico "Eje" se configura del modo siguiente:
 - asignando un generador de impulsos al objeto tecnológico.
 - configurándose el generador de impulsos como PTO (Pulse Train Output).
 - asignando un contador rápido al generador de impulsos (se selecciona automáticamente).
- Se crea dos instrucciones de Motion Control:
 - una para habilitar el eje (MC_Power).
 - otra para el posicionamiento relativo de la posición del dispositivo (MC_MoveRelative).

5.2.2.1. Creación del objeto tecnológico.

Paso 1: Agregar un objeto tecnológico. Siguiendo con el proyecto creado anteriormente, se agrega un objeto tecnológico al árbol del proyecto del PLC_2 que es donde se va a instalar las aplicaciones industriales. Se crea un objeto tipo Axis PTO automático. En este bloque se asigna las características de nuestro dispositivo conectado al autómata.

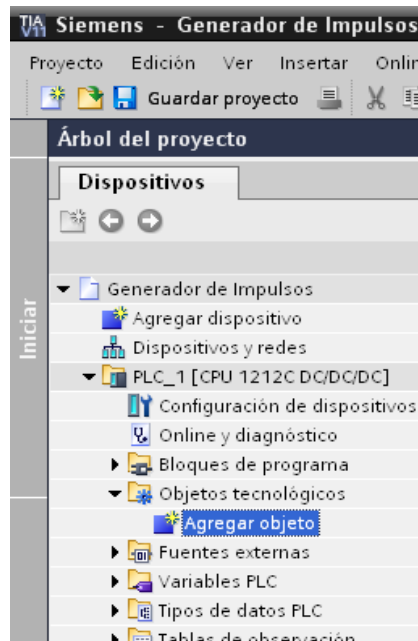


Figura 57: Agregar un objeto tecnológico

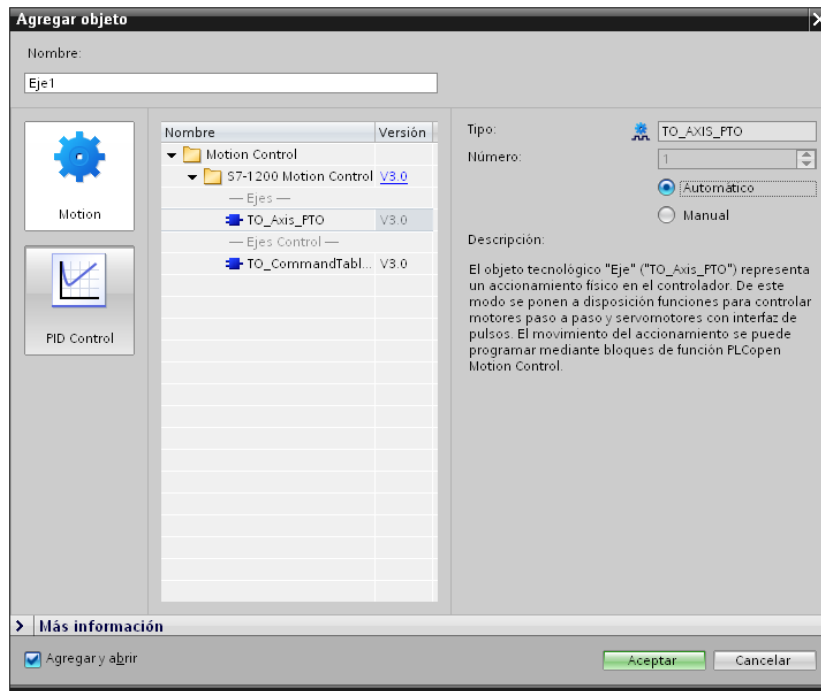


Figura 58: Crear el objeto tecnológico.

Paso 2: Configurar la salida pulsada. Seleccionar el objeto tecnológico y asignar la salida "Pulse_1", a continuación hacer clic en configuración del dispositivo y en configuración general activar el generador de impulsos. En parametrización escogemos la forma de trabajar de ese generador (PTO).

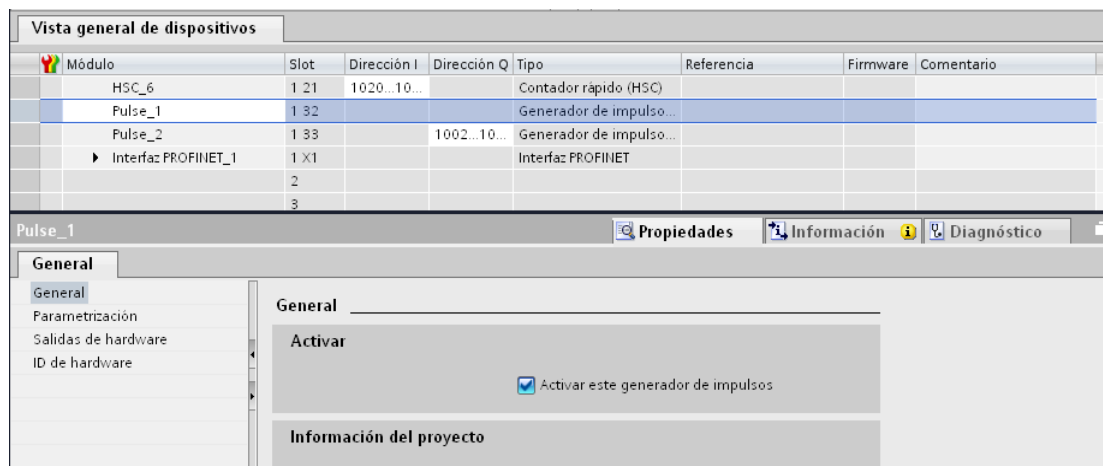


Figura 59: Activar la salida pulsada

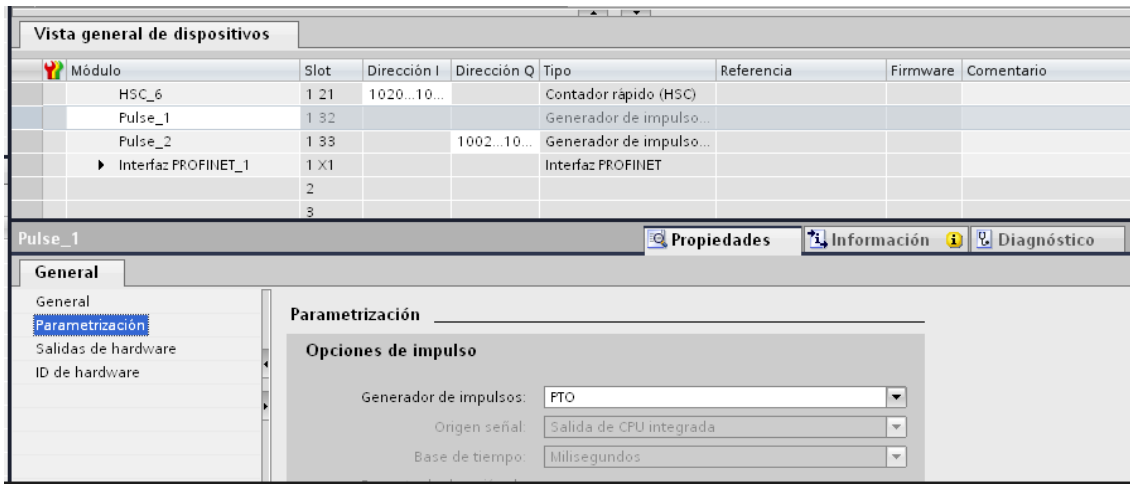


Figura 60: Configurar la salida pulsada como PTO

Así se asignarán automáticamente los parámetros asociados a este generador de impulsos, Q0.0 será la salida rápida de los impulsos y Q0.1 será el sentido. También se asignará de forma automática un contador rápido que usará para contar los impulsos y conocer la posición relativa del dispositivo.

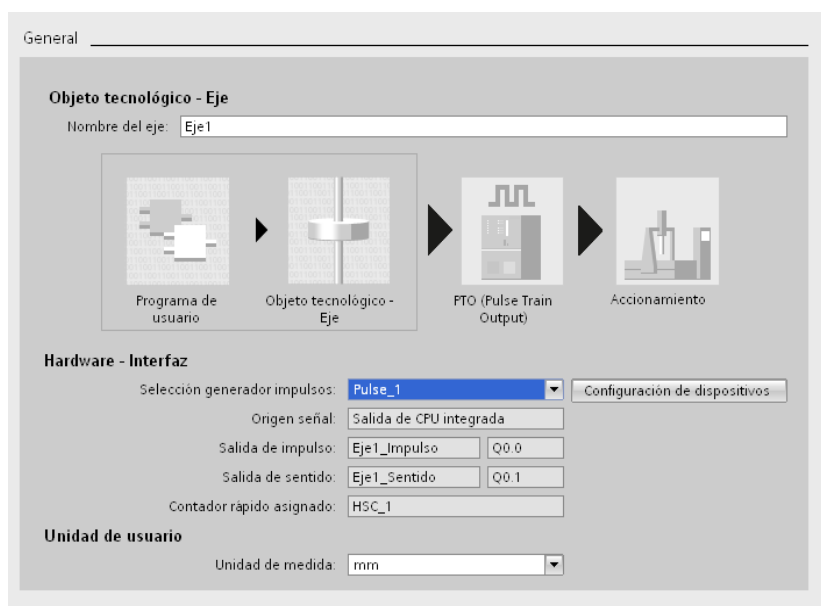


Figura 61: Asignar la salida pulsada al objeto tecnológico

Paso 3: Configurar el Objeto tecnológico. En el editor de configuración del objeto tecnológico determinar la salida del controlador con la que deba habilitarse el accionamiento, y en disponibilidad será un bit que llevemos del dispositivo controlado a la una entrada del PLC para indicar que se encuentra listo para actuar, en este caso asignamos una variable que siempre está activa.

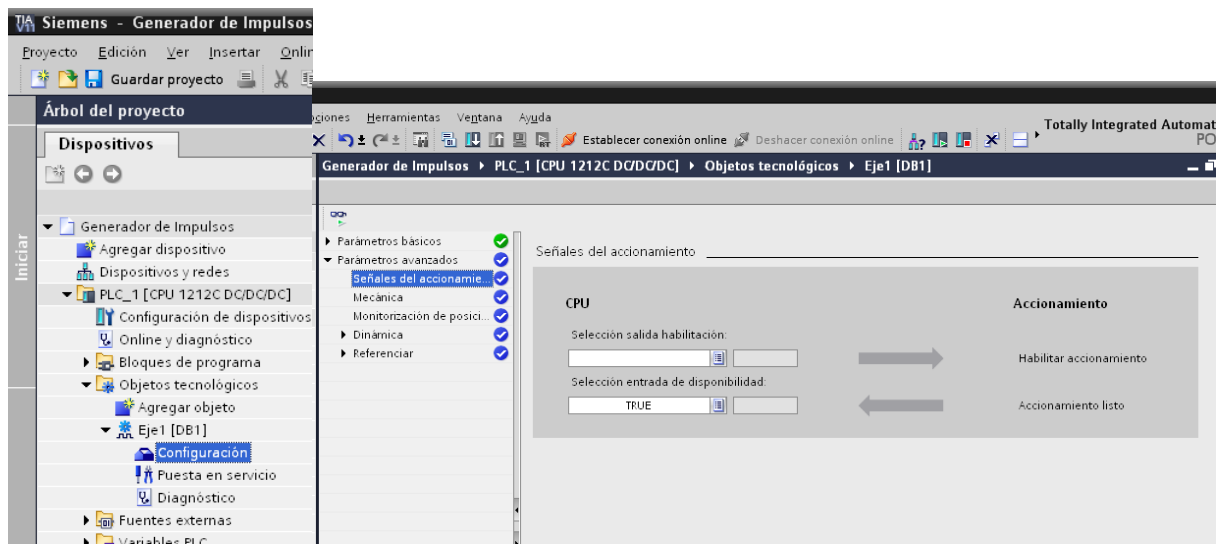


Figura 62: Configurar el objeto tecnológico.

Si el objeto tecnológico está configurado correctamente, en la ventana de configuración aparecerá el estado de las áreas "Parámetros básicos" y "Parámetros avanzados" de color verde.

Paso 4: Características mecánicas de nuestro motor. Aquí se podrá configurar cuantos impulsos por vuelta debería dar el motor, y el recorrido por vuelta.

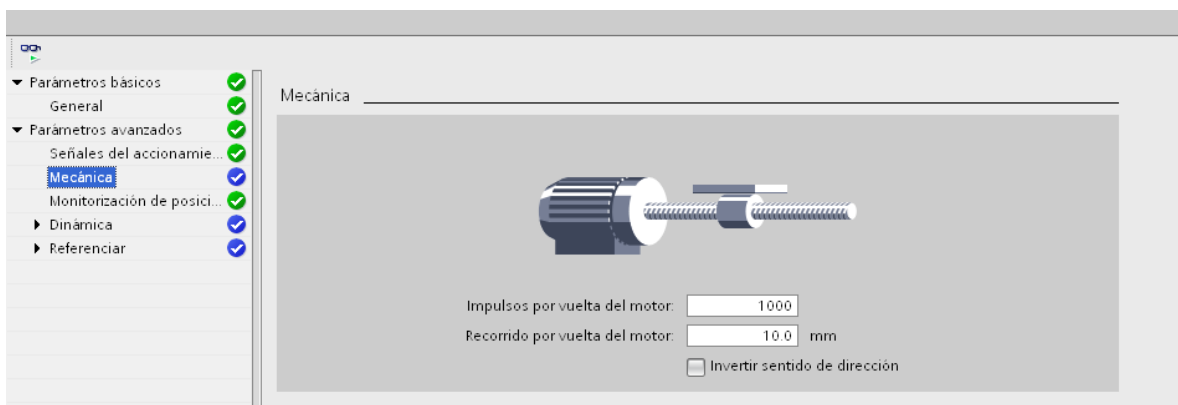


Figura 63: Característica mecánicas del motor

Dinámica: Se puede observar las rampas de aceleración y desaceleración del motor.

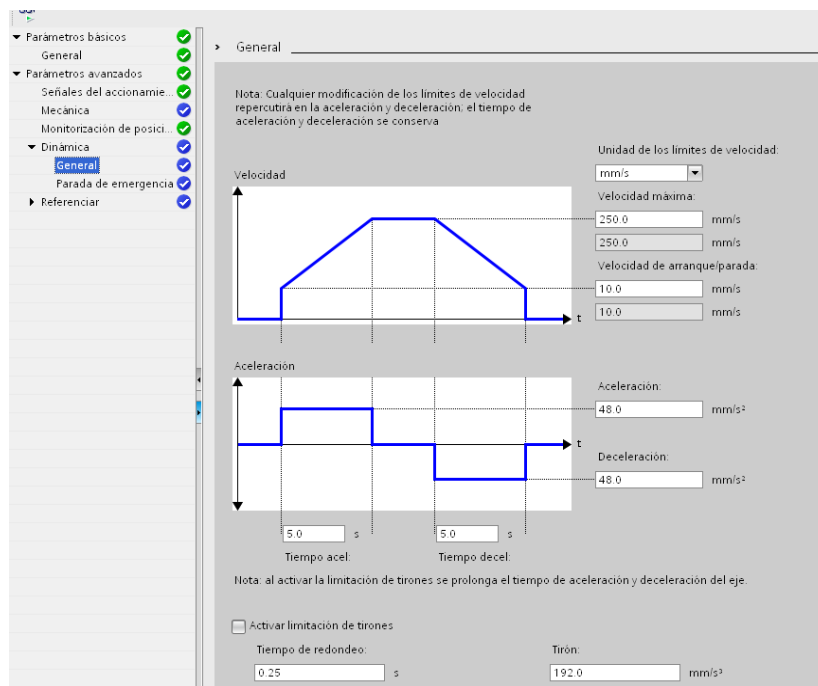


Figura 64: Rampas dinámicas de velocidad y aceleración

Resultado

Se ha asignado el generador de impulsos "Pulse_1" al objeto tecnológico "Eje" creado y se ha parametrizado como PTO. El contador rápido "HSC 1" se ha activado automáticamente. Por medio del contador rápido se cuentan los impulsos que se emiten a través del generador de impulsos.

Paso 5: Insertar un dispositivo HMI. Agregar un dispositivo HMI, en este caso: KTP600 Basic color PN a nuestro árbol de proyecto.

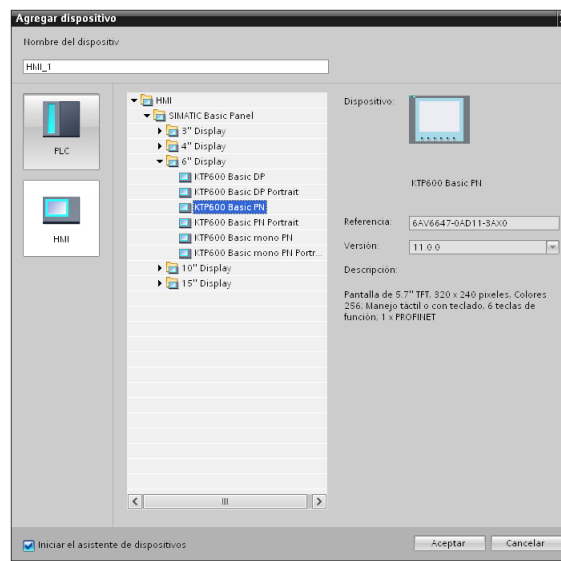


Figura 65: Insertar dispositivo HMI

Asociamos esa pantalla a nuestro autómatas, mediante una red Ethernet, en este caso el PLC2.

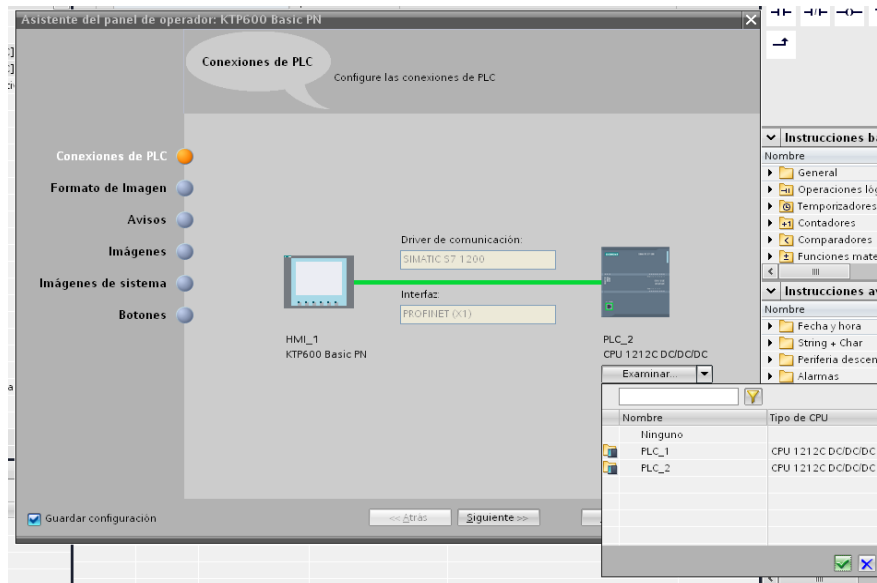


Figura 66: Conexión ethernet entre el autómatas y la pantalla táctil

Paso 6: Configurar el dispositivo. Insertar las direcciones IP del dispositivo y el router a través del cual se va a realizar la conexión.

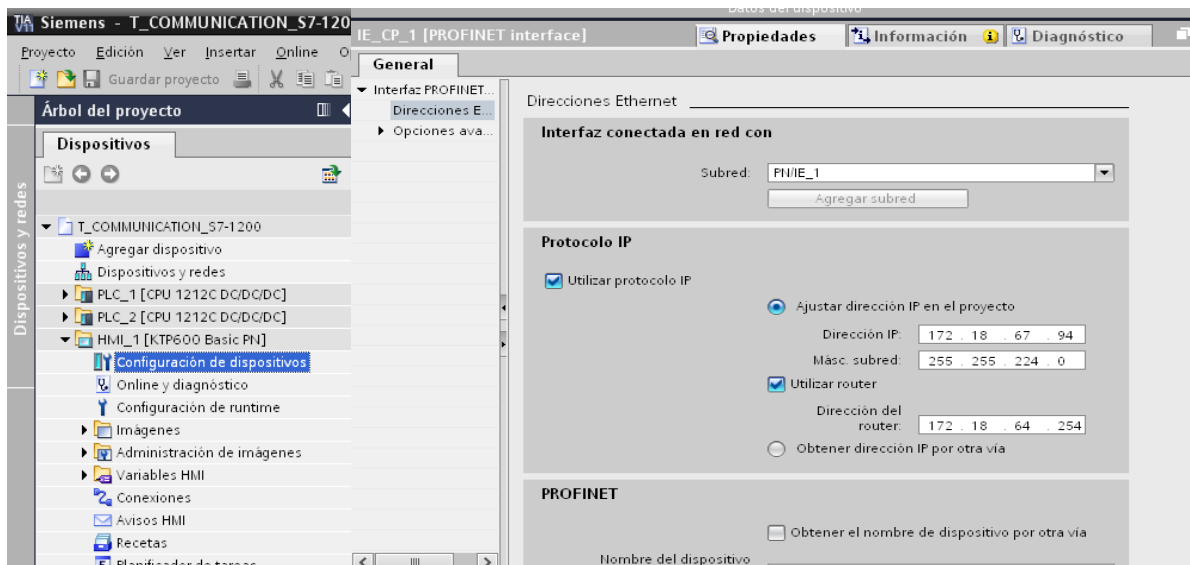


Figura 67: Direccionamiento de la HMI_1

5.2.2.2. Adecuación de la señal modulada.

Las salidas del PLC S7 1200C DC/DC/DC son tipo “sourcing”, es decir suministra corriente al dispositivo conectado a su salida. Estas no son como las de tipo relé, sino que se activan a través de un transistor que funcionará a colector abierto hasta que conectemos una carga a la salida.

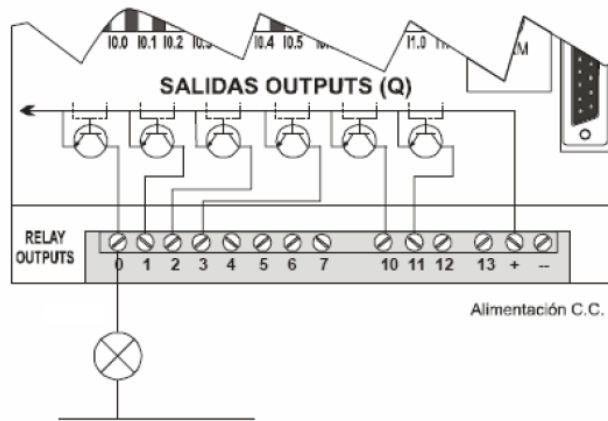


Figura 68: Salidas tipo transistor a colector abierto

Al medir con el osciloscopio nuestra señal pulsada (PTO) en la salida Q0.0, que es la que asignamos a este generador, podemos observar (Figura 69) que no existe una interfaz de pulsos sino que simplemente obtenemos un valor alto de tensión.

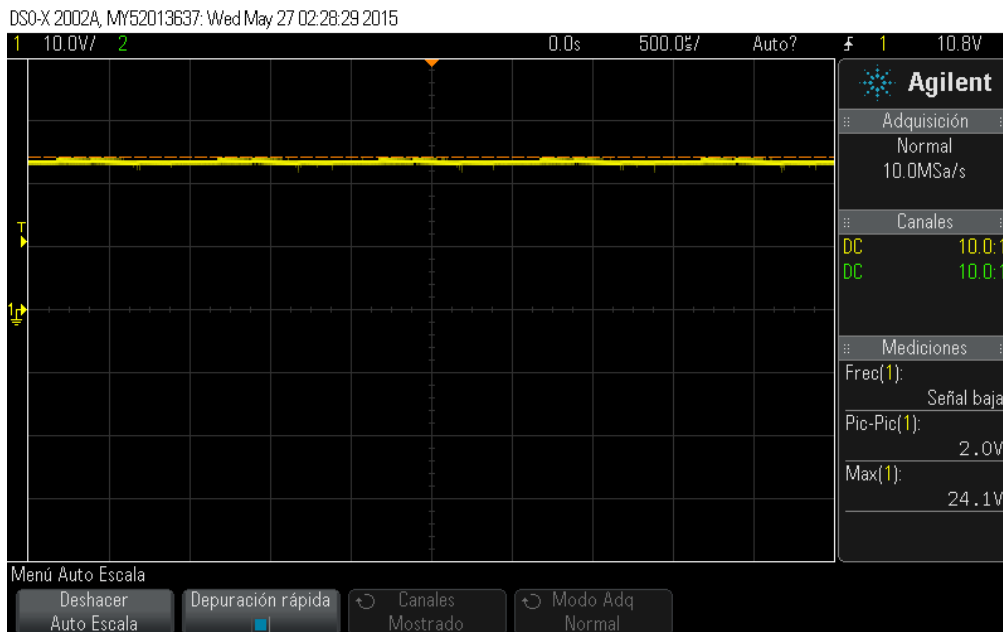


Figura 69: Salida PTO a colector abierto sin carga

Para una visualización adecuada de la forma de onda pulsada, se conecta una carga de tal forma que no se supere la corriente máxima admisible por el autómata. En este caso obtenemos la señal pulsada que buscamos, comprobamos que la frecuencia sea de 1kHz, que son los impulsos por vuelta que hemos pedido, y que la tensión sea los 24V que obtenemos a las salidas del PLC.

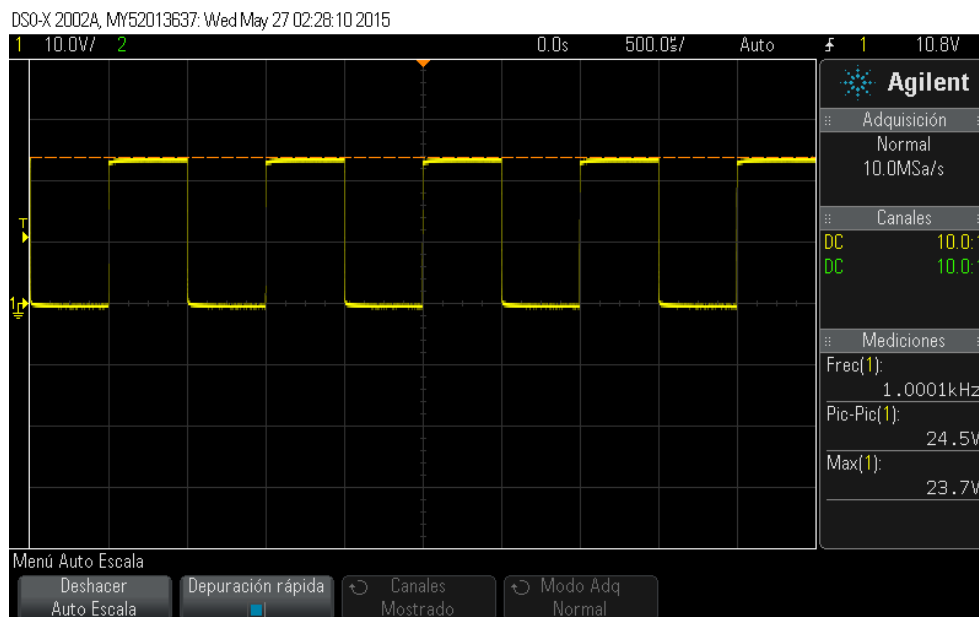


Figura 70: Salida del generador Q0.0 con carga

5.2.2.3. Programación del eje.

Paso 1. Habilitar el eje del motor.

Para habilitar o bloquear un eje se utiliza la instrucción de Motion Control "MC_Power". Dicha instrucción debe llamarse una vez por eje en el programa.

Mediante la instrucción de Motion Control "MC_Power", el eje se habilita o bloquea de forma centralizada:

- Si el eje está habilitado, lo estará para todas las instrucciones de Motion Control que tienen asignado dicho eje.
- Si el eje está bloqueado, cualquier otra instrucción de Motion Control para este eje quedará sin efecto. Todas las peticiones en curso se cancelan.

Insertamos esta instrucción en el bloque OB1 desde Instrucciones -> tecnología -> Motion Control. Aceptamos el DB que se crea por defecto.

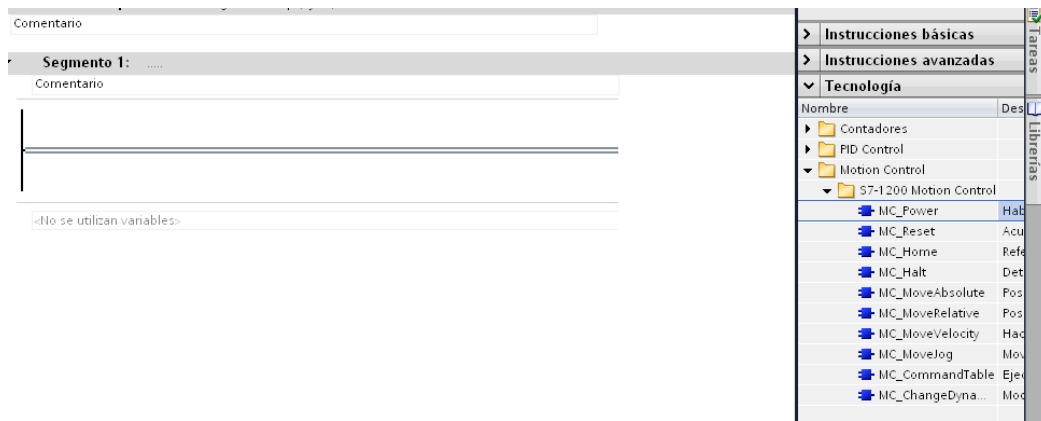


Figura 71: Insertar instrucción MC_Power

Paso 2: Configuración del bloque MC_Power. Asignar el objeto tecnológico eje y en el parámetro "Enable" definir una nueva variable Booleana "ON" que permita habilitar y deshabilitar el control del eje.

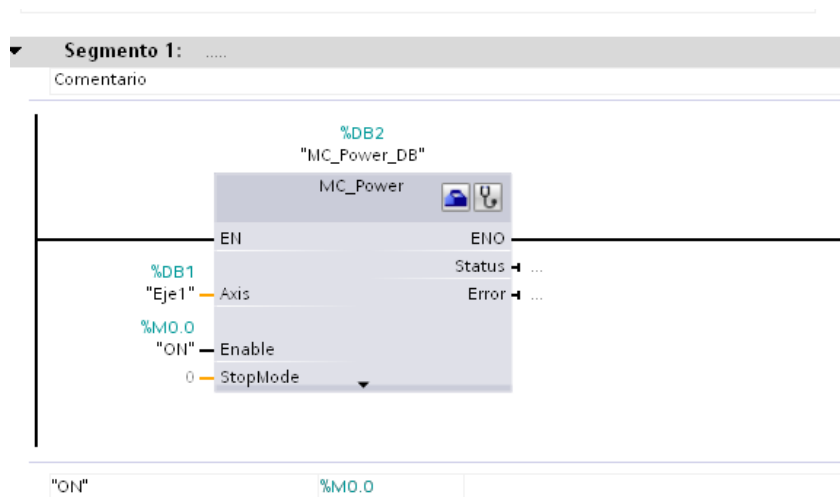


Figura 72: Configuración de la instrucción para habilitar el eje

La instrucción "MC_Power" se ha insertado en el programa para habilitar el eje y se ha asignado al objeto tecnológico "Eje 1".

La habilitación del eje depende del valor de la variable "ON" en la entrada "Enable":

- Si el bit de la variable "ON" tiene el valor "0" (instalación desactivada), el eje se bloquea.
- Si el bit de la variable "ON" tiene el valor "1" (instalación activada), el eje se habilita.

Paso 3: Posicionar el eje de forma relativa

Programar el movimiento del motor respecto de una posición inicial con la instrucción de Motion Control "MC_MoveRelative". La instrucción se encuentra en la misma dirección que el bloque anterior.

El movimiento se define del modo siguiente:

- La posición inicial del movimiento es la posición actual.
- La posición final (MD210) en sentido positivo sobre el eje.
- Desplazar hasta la posición final (MD110.0).
- Una vez se ha alcanzado la posición final. Para

Hay que tener en cuenta que la velocidad no puede ser menor a 10 porque es la velocidad que hemos puesto de desaceleración.

Se han asignado variables de memoria interna para asociarlos a una pantalla táctil y desde ahí el usuario podrá asignar los nuevos valores de posición y velocidad.

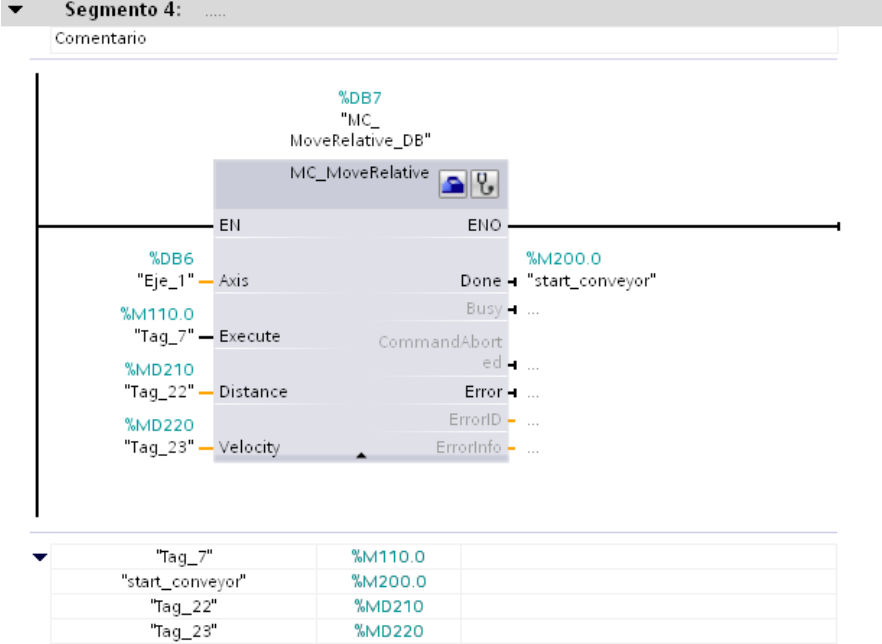


Figura 73: Configuración instrucción de movimiento relativo

Paso 4: Puesta en servicio del motor, comprobación.

La instrucción “Motion Control” del PLC S7 1200, en TIA portal, nos permite hacer una simulación para poder posicionar de forma relativa nuestro eje.

Para ello abrir la ventana de puesta en servicio de nuestro objeto tecnológico y clicar en modo automático. A continuación habilitar el eje y asignar una nueva posición relativa al eje.

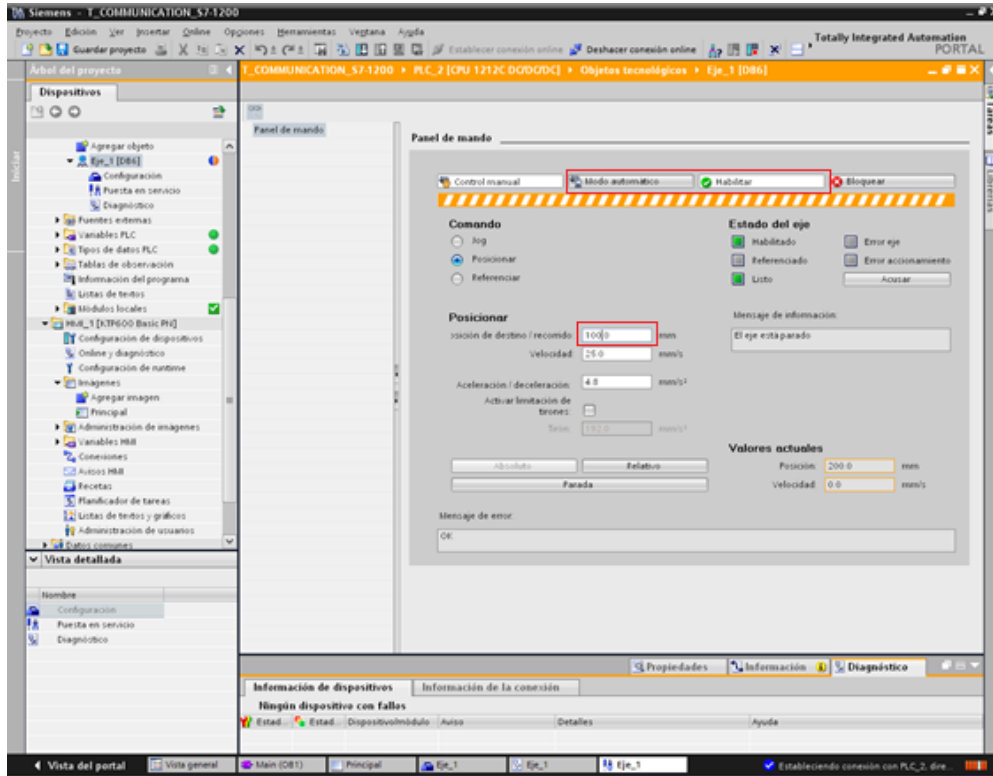


Figura 74: Puesta en servicio del motor

Al medir con el osciloscopio en la salida Q0.0 se puede observar una onda pulsada que cambia de frecuencia, esto se debe a que el generador crea una rampa de aceleración que llega hasta los 2,5kHz y luego una rampa desaceleración, que llega hasta 1kHz.

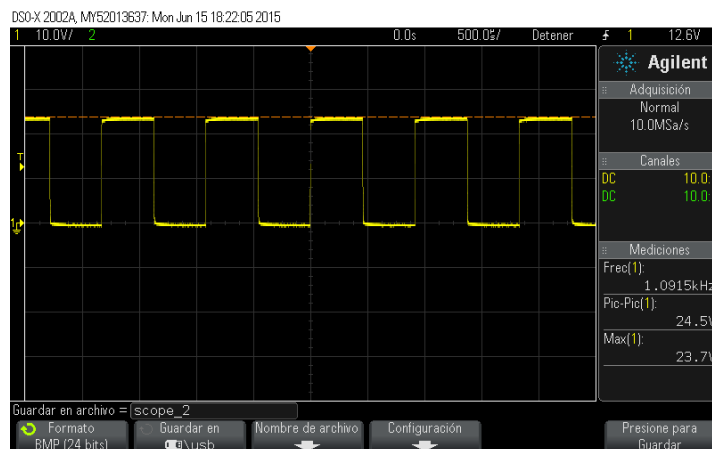


Figura 75: Etapa de velocidad lenta, 1kHz

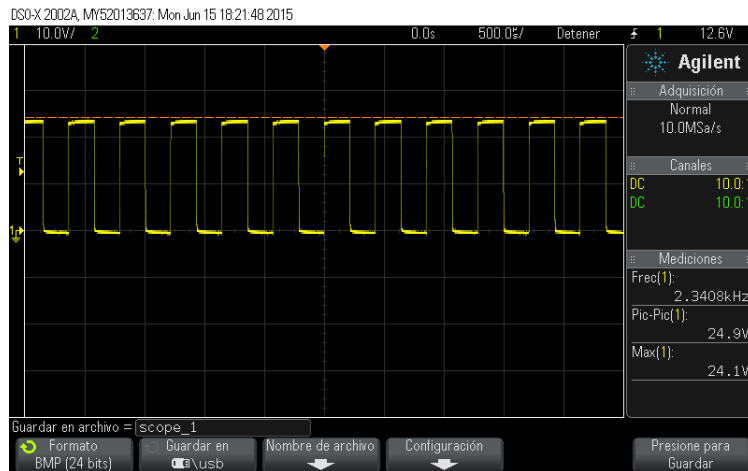


Figura 76: Etapa de velocidad rápida, 2.34kHz

Paso 5: Añadir elementos Pantalla Táctil. Crear la interfaz de tal forma que podamos insertar la velocidad y la distancia a la que queremos ir.

Añadimos los elementos:

- Pulsadores. Encender y apagar el movimiento
- Distancia y Velocidad. Bloques para ingresar la distancia y velocidad a la que queremos ir.

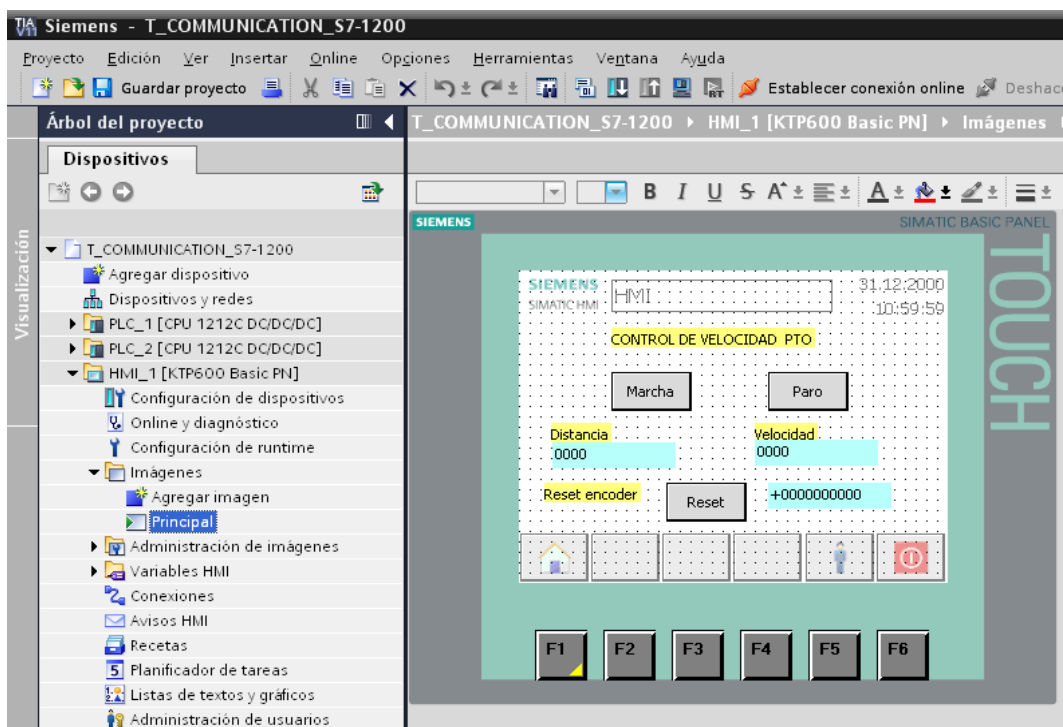


Figura 77: Configuración pantalla táctil generador PTO

Paso 6: Asociar elementos pantalla táctil con el PLC. Asociamos a nuestros dispositivos las variables que vamos a controlar.

A modo de ejemplo se indica como configurar el pulsador “Marcha”. Seleccionamos el pulsador y agregamos un evento, añadimos una instrucción en pulsar de tal manera que active el bit que nos active la instrucción de movimiento relativo. Hacemos lo mismo con el pulsador de “Paro” pero en ese caso desactivamos el bit de movimiento relativo.

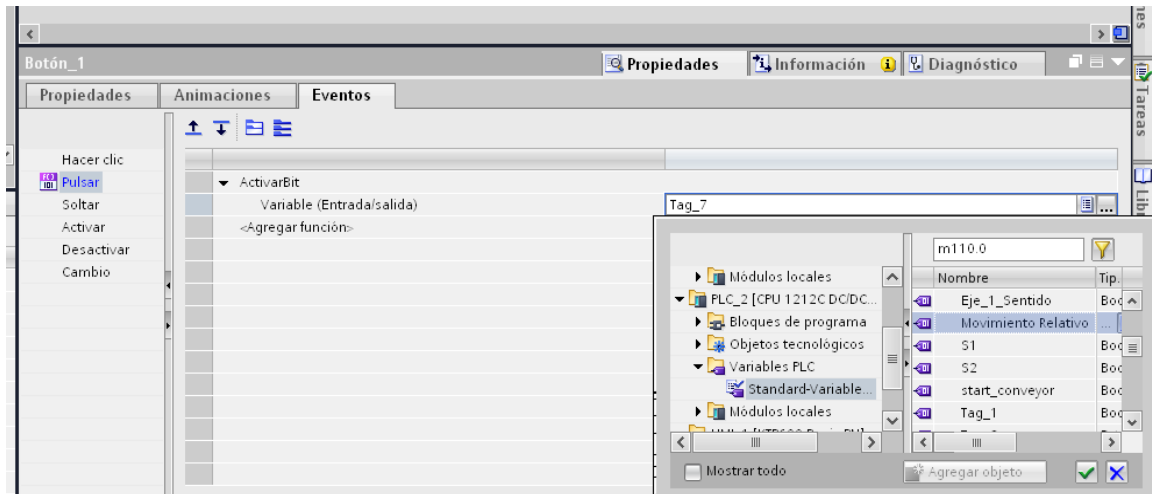


Figura 78: Creación de evento para el pulsador Marcha

Bloques “Distancia” y “Velocidad”. Estos bloques nos servirán para asignar un nuevo valor a la instrucción de movimiento relativo, a través de las variables internas del PLC, MD210 y MD220 respectivamente.

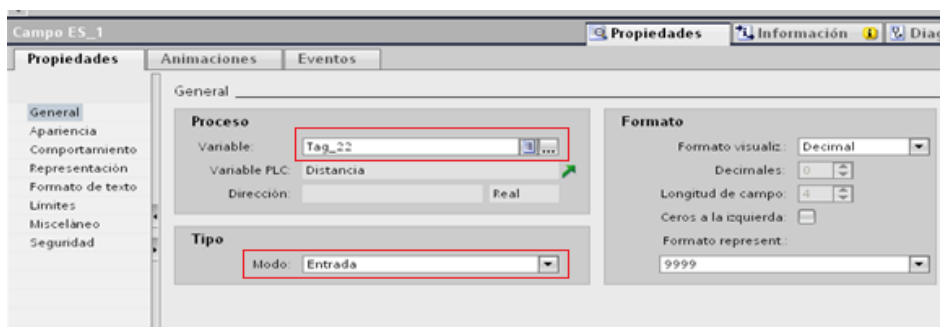


Figura 79: Asignación de variable de entrada a la distancia

Cargamos todo el software en el dispositivo.

Paso 7: Comprobación

En la pantalla táctil se podrá insertar la distancia y la velocidad, pulsando sobre cada uno de ellos aparecerá una ventana para ingresar los valores.

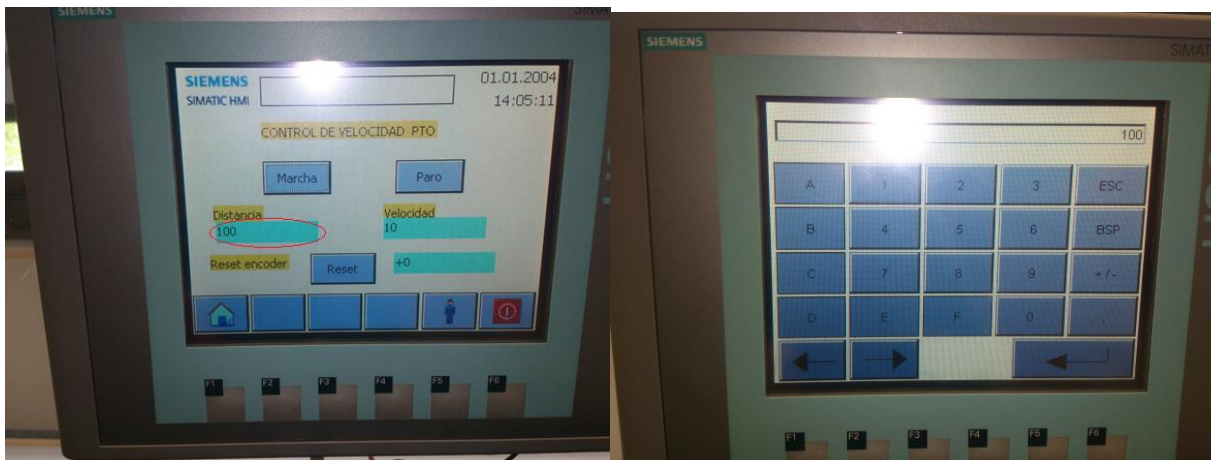


Figura 80: Comprobación pantalla táctil PTO

Al pulsar la marcha se activará el generador de pulsos.

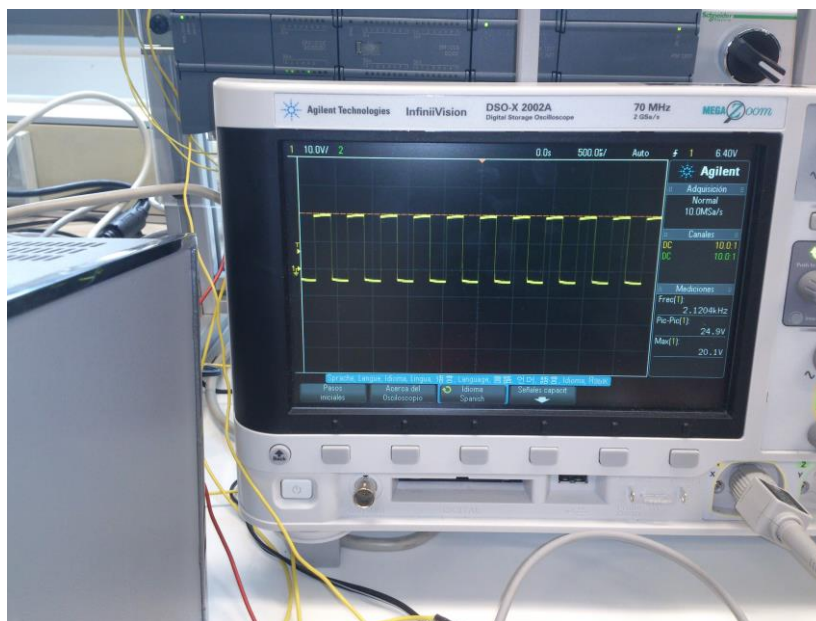


Figura 81: Visualización en el osciloscopio del generador de pulsos PTO

5.3. Control de movimiento por ancho de pulso (PWM).

5.3.1. Introducción

En esta parte se controla la velocidad de un motor de corriente continua que se encuentran en la tarjeta de enseñanza PICDEM Mecathronics de Microchip. Para ello usaremos una señal modulada por ancho de pulso obtenida desde el autómata, para controlar los motores a través de un puente en H de IGBT's, que se encuentra también en la tarjeta.

Como segundo objetivo, en este trabajo se hará uso de los contadores rápidos que posee el autómata para obtener información del encóder que tiene la tarjeta, para medir las revoluciones del motor de corriente continua, que es el que tiene instalado el encoder, y así hacer una aproximación de la velocidad.

Función PWM

La función PWM (Pulse Width Modulation: Modulación por ancho de pulso) proporciona un periodo fijo con un ciclo de trabajo variable, cuando el ancho de pulso es igual al periodo, se dice que el ciclo de trabajo es del 100%, y la salida está en alto continuamente.

En el siguiente ejemplo la salida tiene un ciclo de trabajo del 10% (esta alta el 10% y baja el 90%). Después de una interrupción, el ciclo de trabajo cambia al 50% (alta el 50% y baja el 50%).

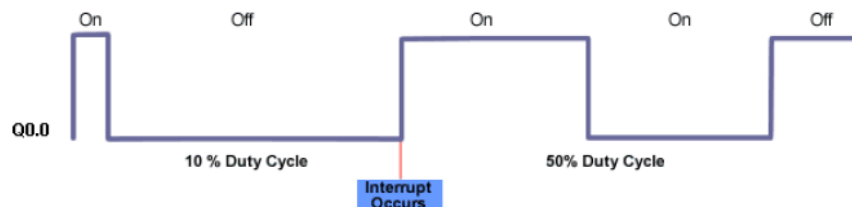


Figura 82: Ejemplo señal PWM

El PWM puede ser usado para proporcionarle un control programable de tiempo de uso de una máquina. Esto permite que se pueda hacer compensación para variaciones de producto o por el uso de máquina.

5.3.2. Desarrollo de la aplicación con el S7-1200

Paso 1: Activar señal pulsada. En otro proyecto se configura el PLC2 con entrada pulsada PWM. Se hace clic derecho encima del PLC2 en el árbol del proyecto y se activa “Pulse_1” como generador d pulsos PWM.

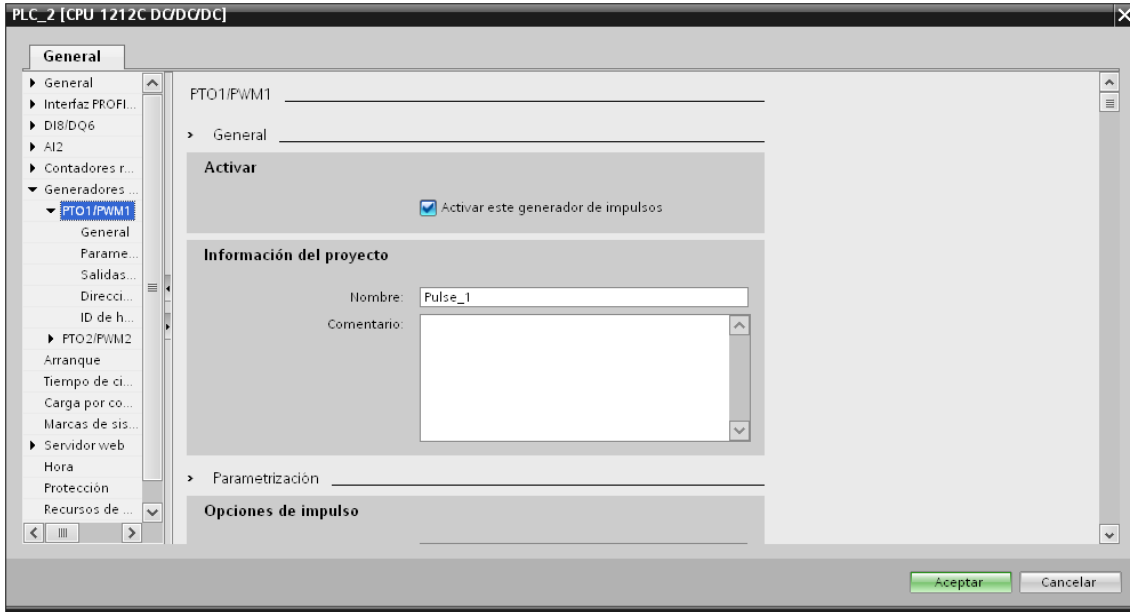


Figura 83: Activar generador de pulsos PWM

La duración de impulso puede expresarse en centésimos del tiempo de ciclo (0 – 100). La duración de impulso puede variar entre 0 (sin impulso, siempre OFF) y escala completa (sin impulso, siempre ON).

Los valores requeridos son de unos 100Hz, tiempo de ciclo 10ms, y el ciclo de trabajo será entre el 0 y el 100%, en este caso por defecto será 10% que más adelante se podrá modificar este valor.

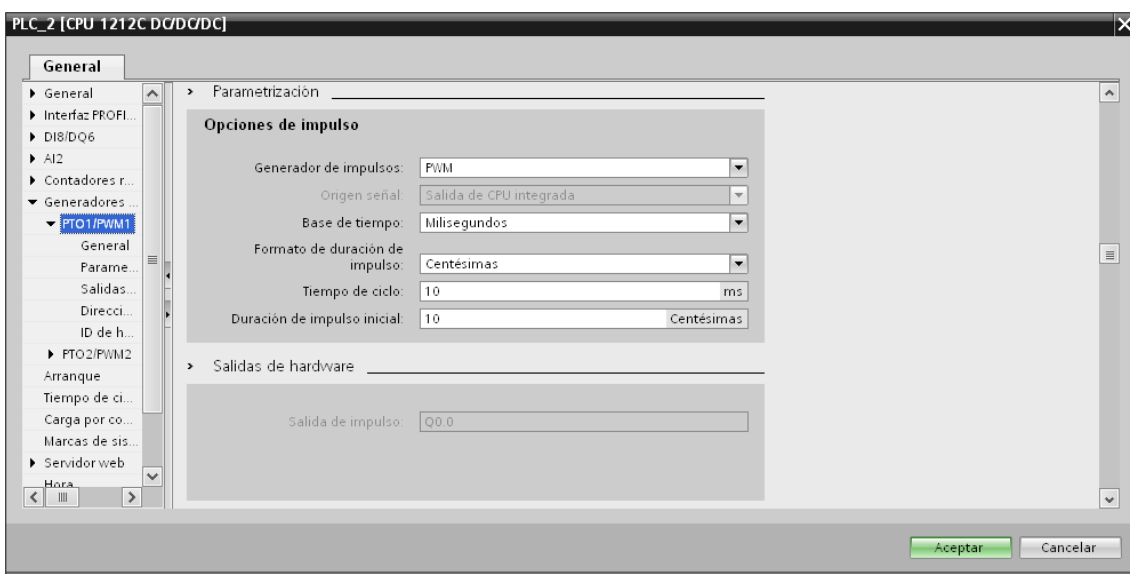


Figura 84: Configurar generador de pulsos PWM

Se observa cómo se asigna la salida de impulso a la salida digital Q0.0, la dirección de salida 100 que permitirá cambiar la duración del impulso (QW1000), y que el identificador hardware es el 266.

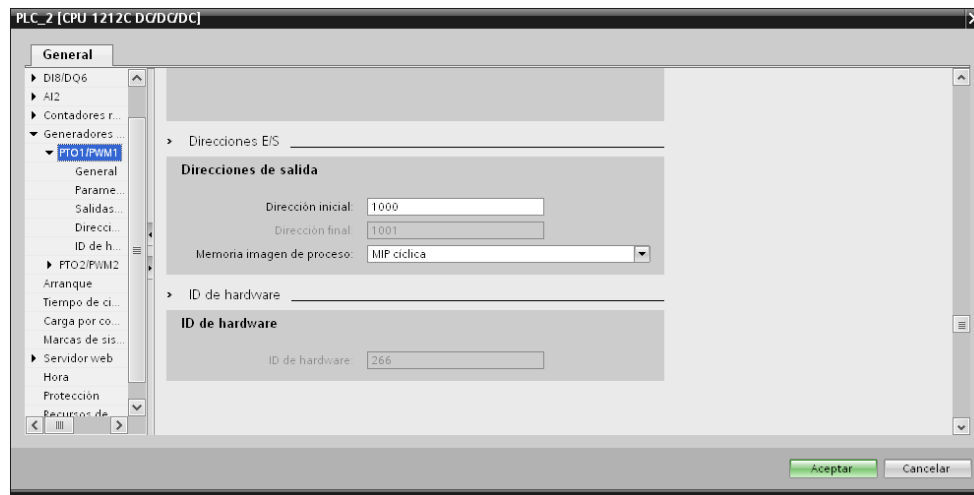


Figura 85: Direccionamiento de la señal PWM

Paso 2: Activación de contador rápido HSC2: se usa para contar los pulsos que recibe el autómata desde el encóder de la tarjeta y así observar las revoluciones que da el motor y por tanto saber su velocidad.

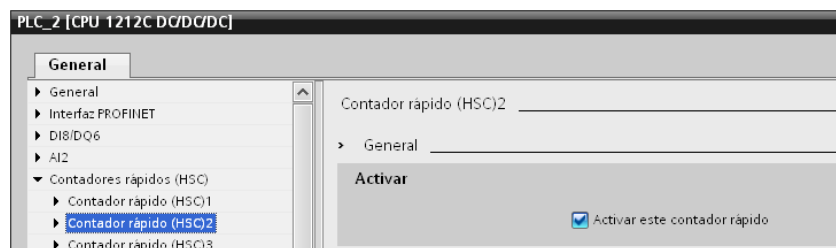


Figura 86: Activar contador rápido HSC_2

A continuación se configura como contaje monofásico con contador incremental.

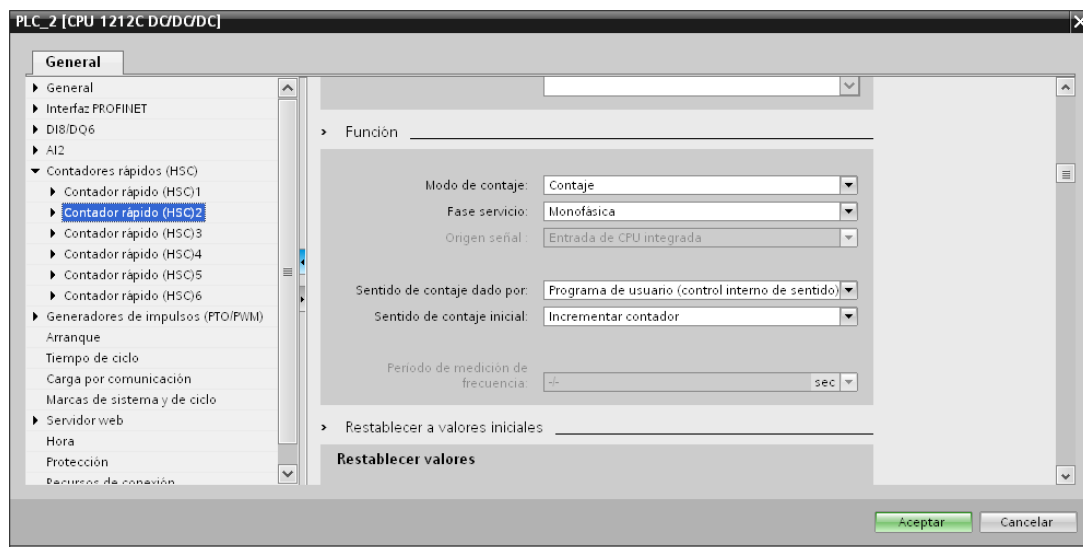


Figura 87: Configuración contador rápido HSC_2

Se tiene en cuenta la dirección de entrada, en este caso la IW1004, para saber el valor del contador, y la dirección ID del hardware, que es 259.

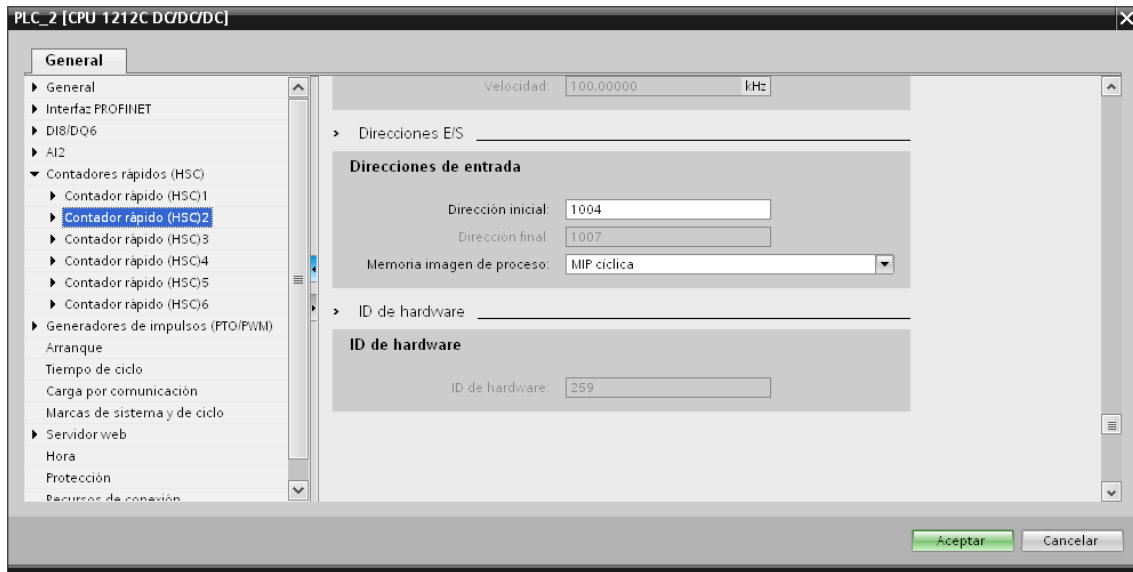


Figura 88: Direccionamiento contador rápido HSC_2

Paso 3: Insertar instrucción PWM. En el bloque OB1 insertamos la instrucción CTRL_PWM que se encuentra en instrucciones avanzadas, Pulse. Creamos la base de datos que se asigna por defecto.

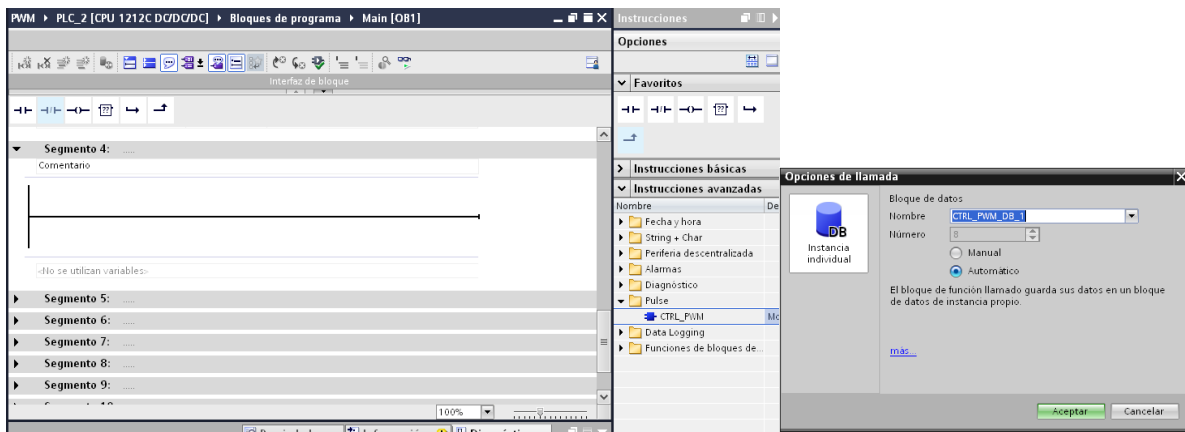


Figura 89: Insertar instrucción PWM

Paso 4: Configuración de instrucción CTRL_PWM. En la entrada PWM de la instrucción colocamos el identificar ID hardware, que le asignamos en la configuración, en formato hexadecimal legible para el autómata (266 -> W#16#010A).

Para activar la instrucción usamos un bit de marcas internas a la que asociaremos un pulsador en la pantalla táctil del usuario. En paralelo con este bit colocamos una instrucción de comparación que nos indica si el motor ha llegado a la posición de referencia (MD370) que ha colocado el usuario en la variable MD410.

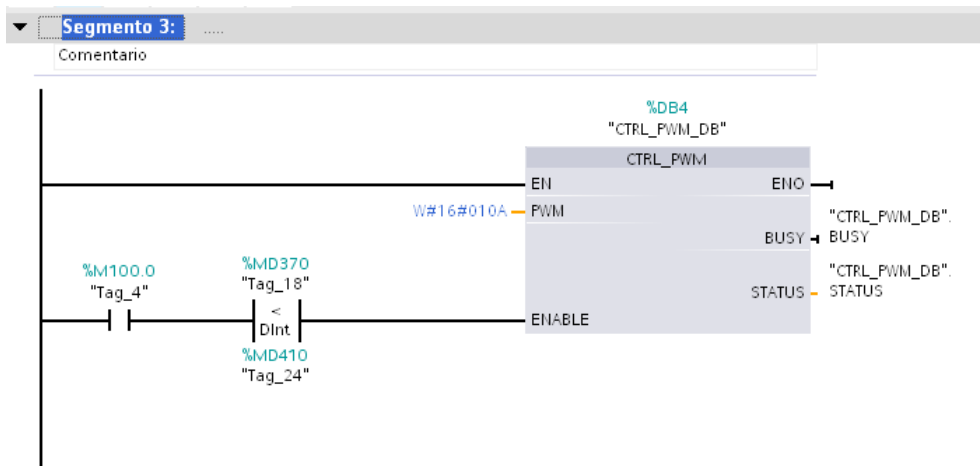


Figura 90: Configuración de instrucción CTRL_PWM

Paso 5: Parar PWM cuando se ha llegado a su destino: si el numero de revoluciones actual (MD370) coincide con la que ha colocado el usuario (MD410), desactiva el pulsador que pone en funcionamiento la instrucción PWM. Con otro bit de marca activamos una salida que nos indicará el sentido de giro del motor.



Figura 91: Detener generador PWM

Paso 6: Insertar instrucción de conteo rápido. Es necesario utilizar un contador rápido para poder leer la señal del encoder ya que es más rápida que el tiempo de ciclo del OB principal. El contador se llama mediante la función CTRL_HSC que se encuentra en la librería Instrucciones -> Tecnología -> Contadores

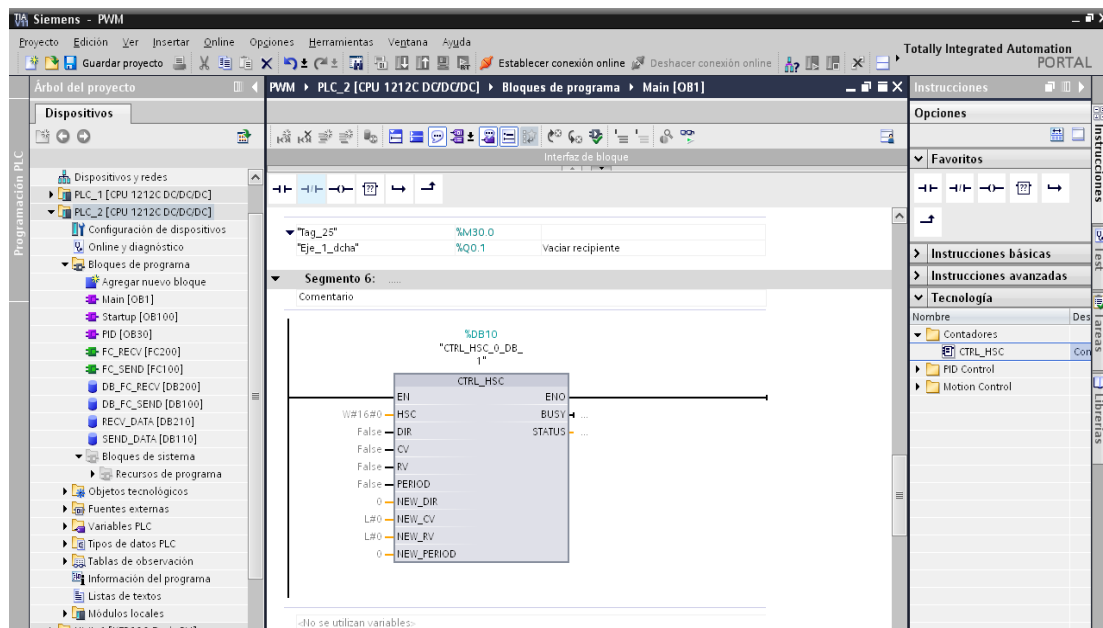


Figura 92: Insertar instrucción de contaje rápido

Paso 7: Configuración instrucción CTRL_HSC.

En la entrada “HSC” introducir, en formato hexadecimal del autómatas, el identificador ID hardware de la configuración (259 -> W#16#0103).

En “NEW_CV” añadir el valor con el que queremos que se inicialice el contador. En “CV” añadir también una variable de marcas (M20.1) con la que se podrá poner el contador a cero. La asociaremos a un pulsador en la pantalla táctil.

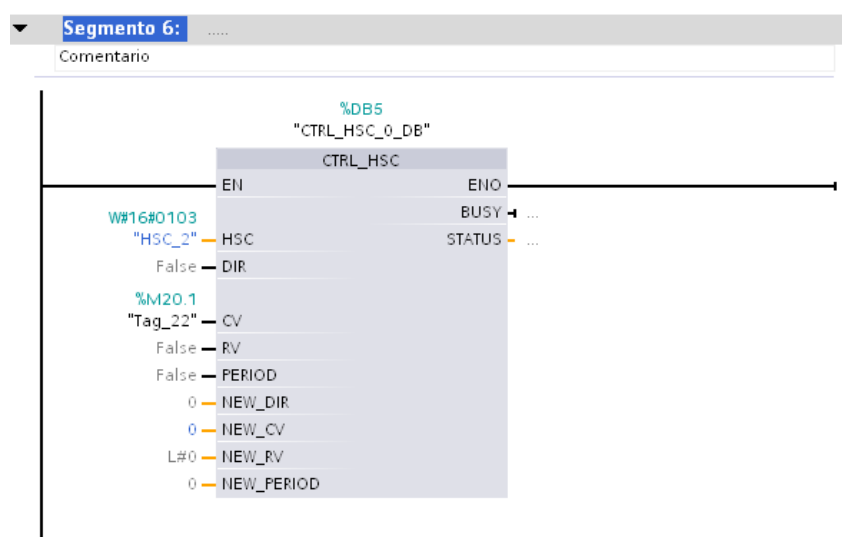


Figura 93: Configuración instrucción CTRL_HSC

Paso 8: Obtener el valor de los impulsos del contador.

El contador rápido guarda el número de impulsos actual en la doble palabra de entradas ID 1004. Utilizar la función “MOVE” para guardar este valor en una variable (MD360) para poder operar con estos valores.

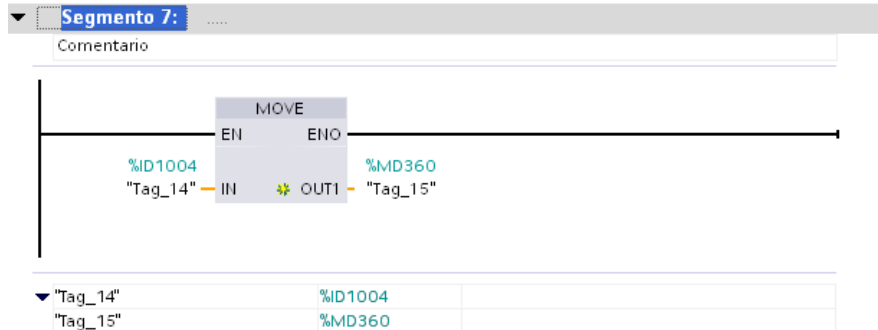


Figura 94: Obtener el valor de los impulsos del contador.

Dividir entre dos el número de impulsos porque el encóder es de dos pasos. posee dos muescas en el eje del motor, lo que permite que la luz pase en dos ocasiones hasta el sensor óptico del encóder.

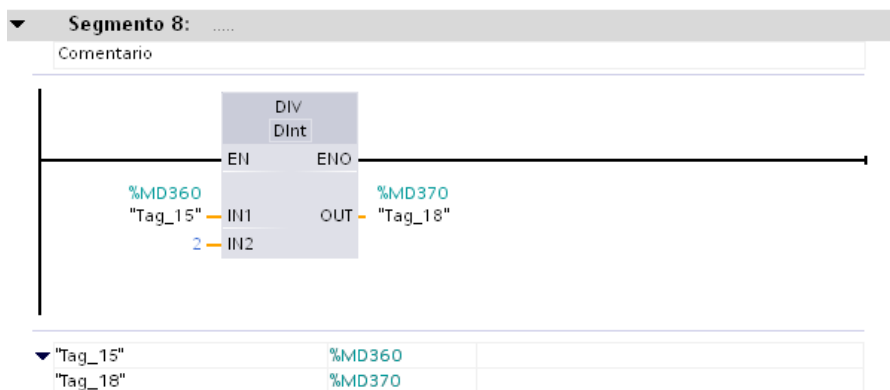


Figura 95: Dividir entre dos los impulsos del encóder

Paso 9: Cálculo de las revoluciones por segundo. Usamos un temporizador con retardo a la conexión para guardar el valor del encóder, en otra variable (MD380), con un segundo de retraso.

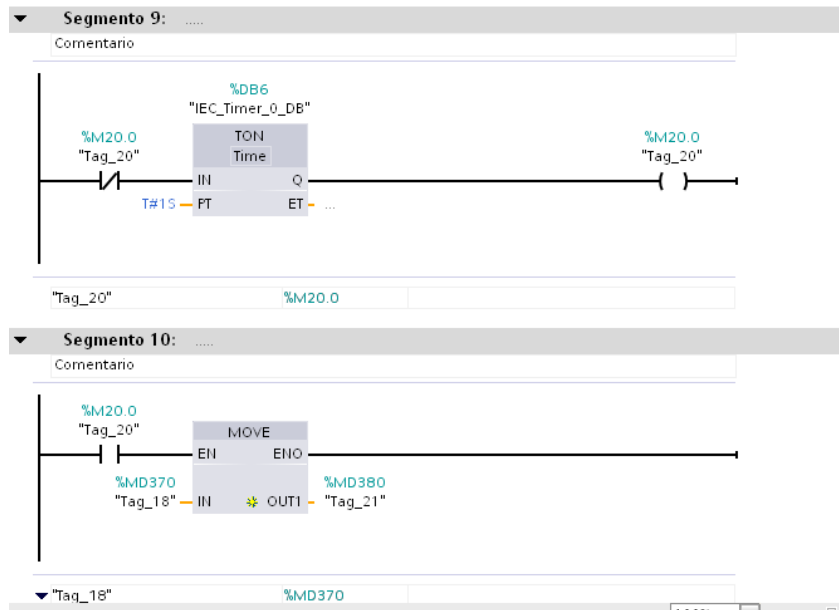


Figura 96: Obtener los impulsos con un segundo de retraso

Esta variable permitirá, mediante una regla de tres, hacer un cálculo entre la variable actual del encóder y otra retrasada un segundo, para obtener las revoluciones por segundo.

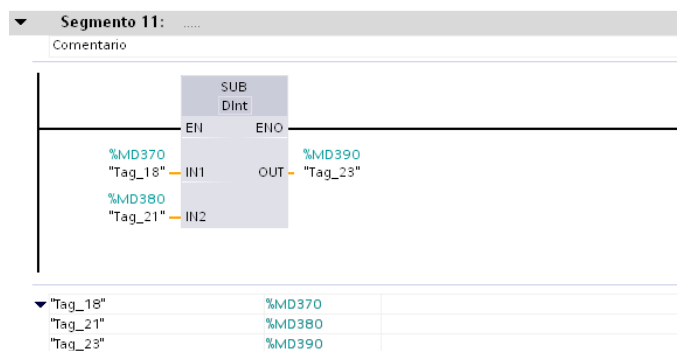


Figura 97: Cálculo de las revoluciones por segundo del encóder

Creación de la interfaz de Usuario.

Paso 1. Agregamos un dispositivo HMI, como se vio en el apartado 3.2.2.1 en la figura 65. Se crea una conexión Ethernet entre esta pantalla y el PLC2 que es el que se monitorizara, contiene nuestra programación de la señal modulada PWM como en la figura 66.

Paso 2. Configuración del dispositivo. Añadir a la red local que hemos creado (PN/IE_1) y también insertar la dirección IP de la segunda HMI, la máscara de subred y la dirección IP del router a través del cual nos vamos a conectar. Como se hizo en la figura 67.

Paso 3. Configuración del panel de control.

Insertar tres pulsadores. A cada uno se asigna un evento. Utilizar uno para activar el bit de marcas M100.0 (Marcha), que es el que activa la señal pulsada PWM y otro para desactivar dicha marca (Paro). El pulsador de Reset activará la marca 20.1 que es la que asignamos para poner a cero el contador rápido.

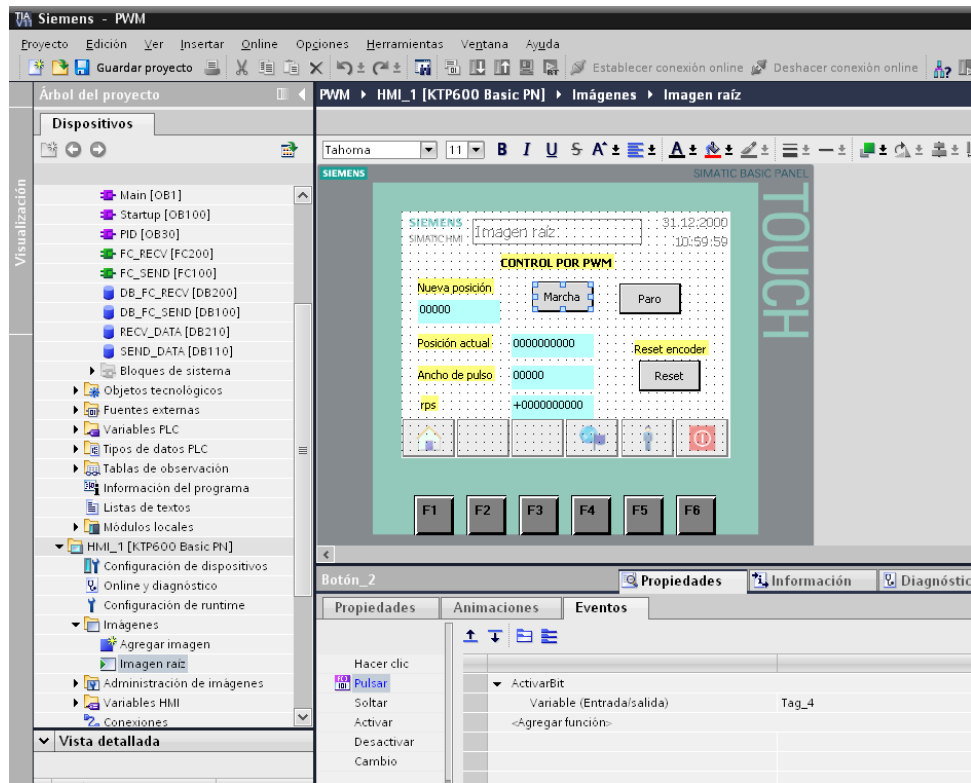


Figura 98: Configuración pantalla táctil PWM

Asignar las variables:

- Nueva posición (MD410).- Se inserta los impulsos que queremos que dé el motor y lo compararemos con el valor del contador que asociamos al encóder para detener el motor una vez que haya llegado a esta posición.
- Posición actual (MD370).- Será el valor del contador que resulta de medir los puslos que ha detectado el encóder.
- Ancho de pulso (QW1000).-Permitirá cambiar el ancho del impulso, y por lo tanto variar la velocidad del motor.
- RPS.- Es una aproximación de las revoluciones por segundo que dá el motor, calculada a partir del valor del contador asociado al encóder.

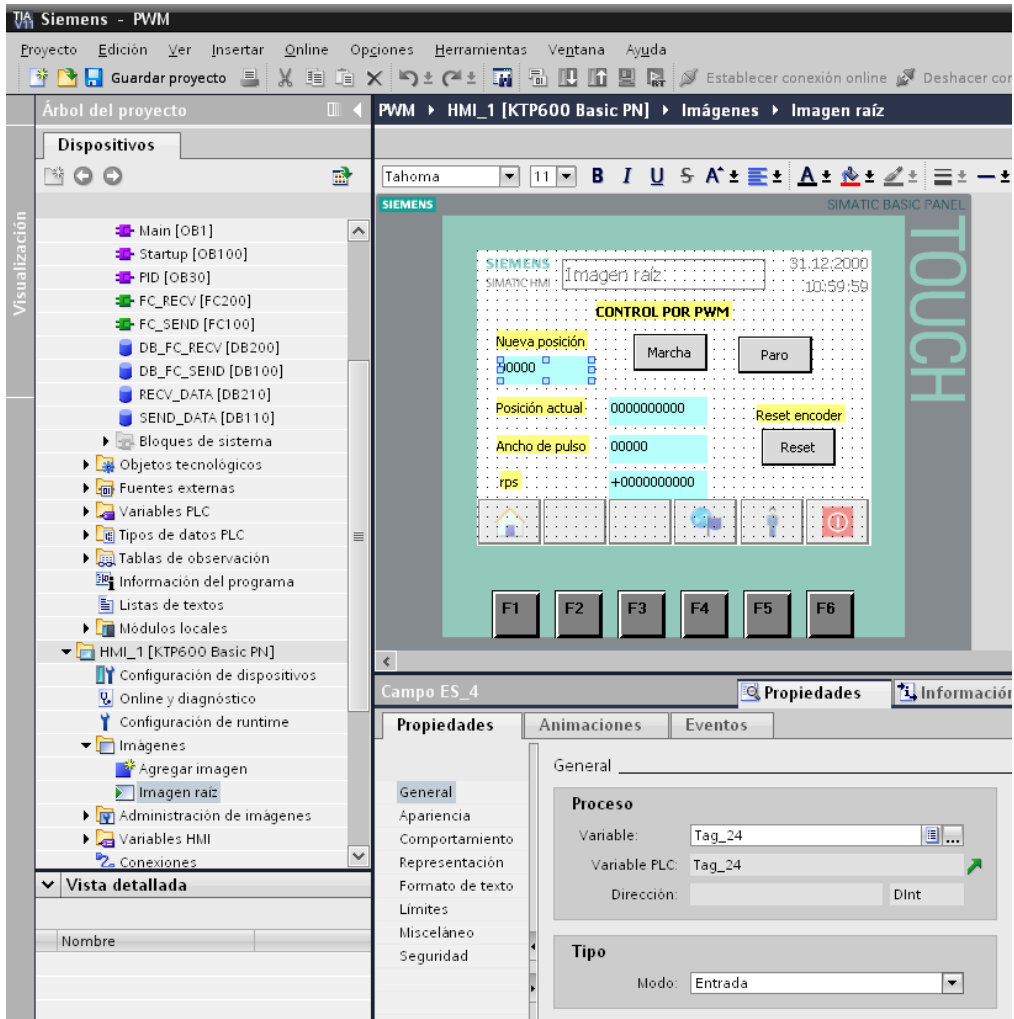


Figura 99: Asignación de variable a la entrada Nueva Posición

5.3.3. Acondicionamiento señal modulada.

Tenemos que acondicionar la señal modulada que obtenemos del autómata por dos razones:

- Las salidas del autómata trabajan a 24V mientras que el puente en H de la maqueta trabaja a 5V.
- Las salidas digitales del autómata son tipo “sourcing”, es decir que suministra corriente al dispositivo conectado a su salida. Estas se activan a través de un transistor que funcionará a colector abierto hasta que conectemos una carga a la salida. Como podemos observar en la imagen no llegamos a obtener la onda cuadrada que buscamos.

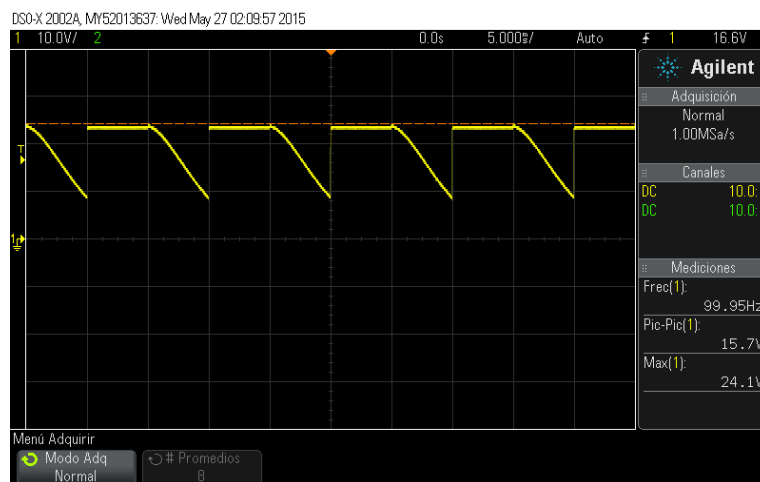


Figura 100: Señal PWM sin carga.

Solución 1: Se monta un circuito reductor con un regulador de tensión LM317 como se muestra en el siguiente esquema.

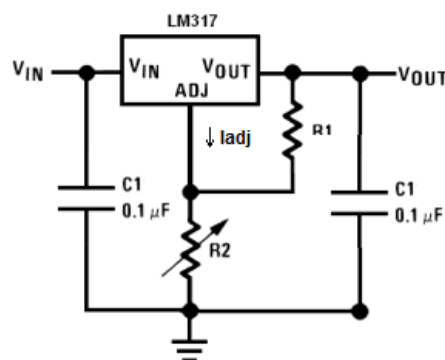


Figura 101: montaje reductor de tensión con LM317

A la entrada conectamos la salida Q0.0 del autómata, mientras que por Vout obtendríamos los 5V que van conectados a la tarjeta electrónica. De las hojas de características obtenemos la tensión de referencia tipo ($V_{ref}=1,25V$) y la corriente de ajuste ($I_{adj}=50\mu A$)

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} \cdot R_2 \quad I_{adj} = 50\mu A$$

$$V_{out} = 5V, \quad V_{in} = 24V, \quad V_{ref} = 1,25V$$

$$R_2 = \frac{3,75}{\frac{1,25}{R_1} + 50\mu} \rightarrow R_1 = 1k\Omega, \quad R_2 = 2,88k\Omega \text{ (Potenci6metro de } 4k\Omega)$$

Los resultados nos muestran una clara mejoría pero sin embargo existe una caída de tensión del tipo capacitiva al finalizar el periodo que hace que el tiempo de ciclo no sea exacto.

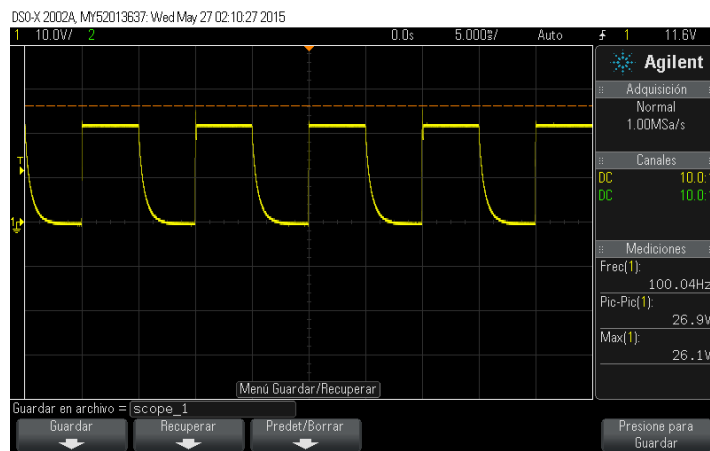
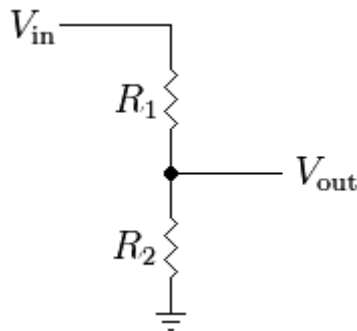


Figura 102: Señal PWM con montaje reductor de tensión.

Solución 2: En vista de que el efecto observado en la figura parece ser de tipo capacitivo, se monta un divisor de tensión de tal forma que se obtengan los 5V, como se muestra en el esquema, observándose que la calidad de la señal mejora ostensiblemente



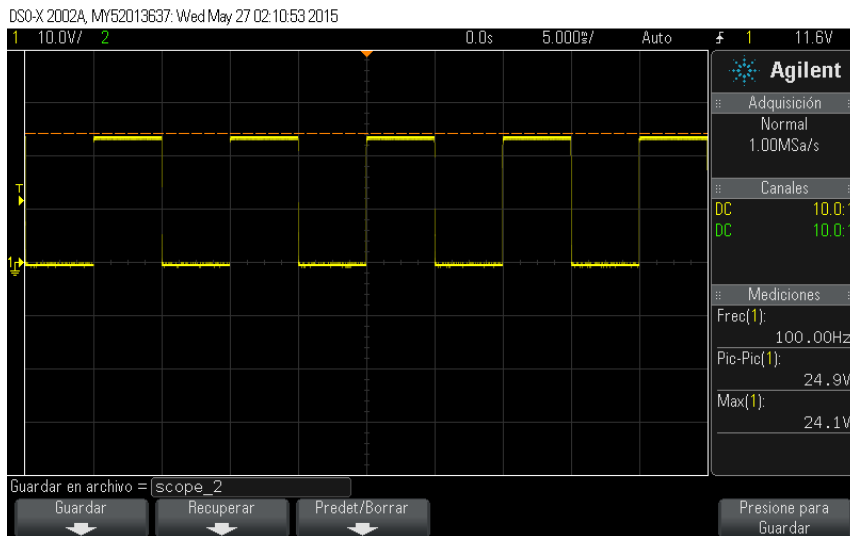


Figura 103: Señal PWM con montaje divisor de tensión

5.3.4. Comprobación maqueta PICDEM Mecathronic.

Para comprobar la maqueta nos basaremos en el ejemplo 5 del manual de la tarjeta que incluye las conexiones y el programa base. En este ejemplo se crea una señal PWM por la salida CPP2 cuya etapa de potencia es controlada por RD7, con esta señal modulada podemos variar la velocidad del motor de corriente continua, también la maqueta posee un sensor óptico a modo de encoder que se conecta a la entrada RC5 para realizar una realimentación para el control del motor. El potenciómetro se conecta a la entrada AN0 que se encarga de cambiar el ancho de pulso de la señal. Se puede observar el valor del potenciómetro por la pantalla LED de la maqueta.

Requisitos.

- Tarjeta PICDEM Mecathronics.
- Interfaz MPLAB ICD3.

Para empezar se comprueba que la maqueta PICDEM Mecathronics funciona correctamente, para ello cargamos un programa de ejemplo en el que controlaremos la velocidad de un motor de corriente continua a través de una señal modulada PWM controlada por un potenciómetro.

Paso 1: El esquema de conexión de la placa sería el siguiente.

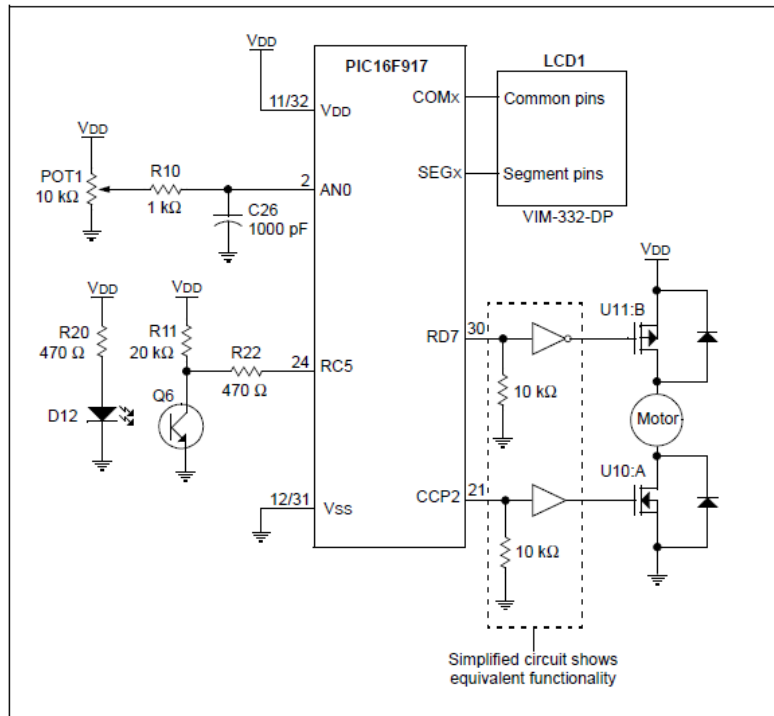


Figura 104: Esquema de conexión ejemplo 5

Para mayor facilidad, el siguiente esquema permite conectar la placa de una forma más intuitiva.

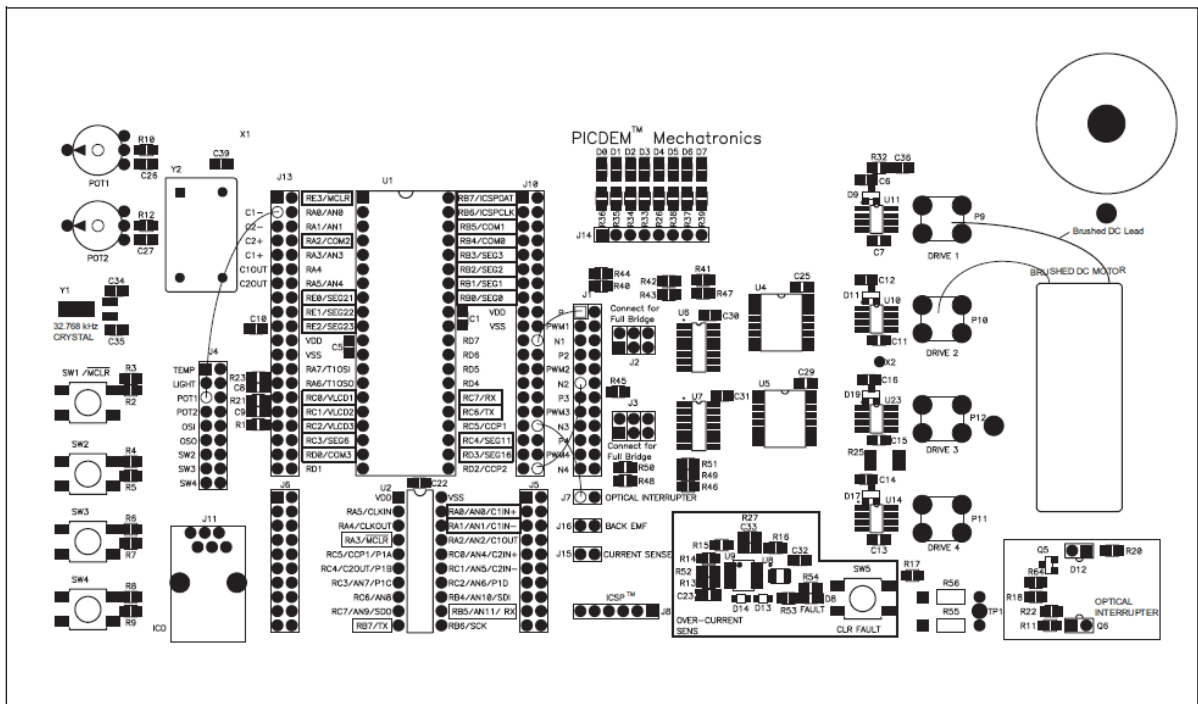


Figura 105: Esquema de conexión ejemplo 5 intuitivo

Configuración:

- RD7 (J10) a P1 (J1)
- CCP2 (J10) a N2 (J1)
- AN0 (J13) para POT1 (J4)
- RC5 (J10) para Optical interruptor (J7)
- Conecte los cables del motor a DRIVE1 (P9) y DRIVE2 (P10).
- J2 y J3 deben ser desconectados.
- Conectar los jumpers de JP8 utilizando una derivación.

Paso 2: Cargar, con el programa MPLAB, el ejemplo 5 en el microchip de la tarjeta (PIC16F917) que viene en el CD de prueba de la tarjeta.

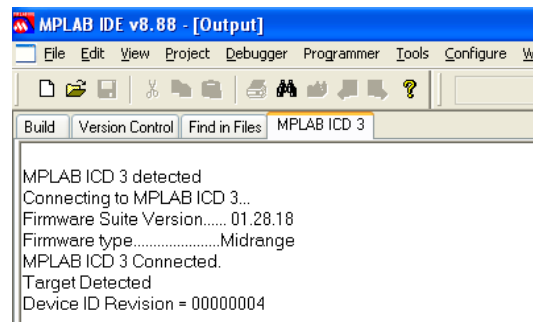


Figura 106: Ventana de avisos MPLAB ICD3

Simular en modo online el funcionamiento para su comprobación.

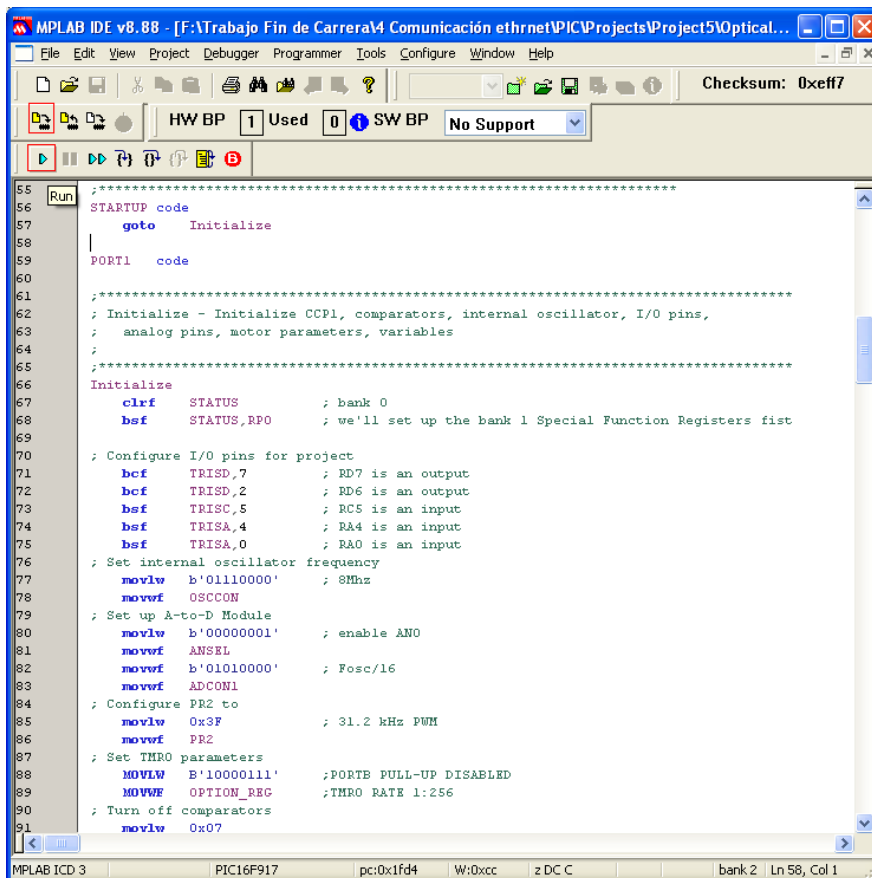


Figura 107: Ventana principal del programa

A continuación programar el microchip permanentemente con este programa para poder hacer uso de las entradas habilitadas para el control del puente en H de IGBT's en la maqueta.

The screenshot shows the MPLAB IDE interface. The main window displays assembly code for a PIC microcontroller. The code includes headers, startup code, I/O pin configuration, and oscillator settings. A 'Select Programmer' dropdown menu is open, listing various programming options, with '7 MPLAB ICD 3' selected.

```

52
53      #include    <OpticalInt.inc>
54
55      ;*****
56      STARTUP code
57      goto      Initialize
58
59      PORT1 code
60
61      ;*****
62      ; Initialize - Initialize CCP1, comparat
63      ; analog pins, motor parameters, varia
64      ;
65      ;*****
66      Initialize
67      clrf      STATUS          ; bank 0
68      bsf      STATUS,RPO      ; we'll set up the bank 1 Special Function Registers fist
69
70      ; Configure I/O pins for project
71      bcf      TRISD,7         ; RD7 is an output
72      bcf      TRISD,2         ; RD6 is an output
73      bsf      TRISC,5         ; RC5 is an input
74      bsf      TRISA,4         ; RA4 is an input
75      bsf      TRISA,0         ; RA0 is an input
76      ; Set internal oscillator frequency
77      movlw   b'01110000'     ; 8MHz
78      movwf   OSCCON
79      ; Set up A-to-D Module
80      movlw   b'00000001'     ; enable AN0
81      movwf   ANSEL
82      movwf   b'01010000'     ; Fosc/16
83      movwf   ADCON1
84      ; Configure PR2 to
85      movlw   0x3F            ; 31.2 kHz PWM
86      movwf   PR2
  
```

Figura 108: Programar microchip

Una vez comprobado el funcionamiento llevaremos la señal PWM, condicionada, del autómeta al medio puente de IGBT's de la tarjeta para controlar la velocidad del motor, en la figura 109 se representa esta conexión:

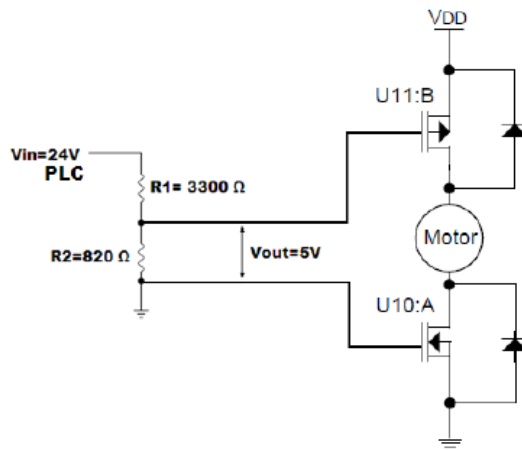


Figura 109: Esquema de conexión del medio puente

5.3.5. Circuito amplificador del encóder.

El encóder de la maqueta tiene la siguiente estructura:

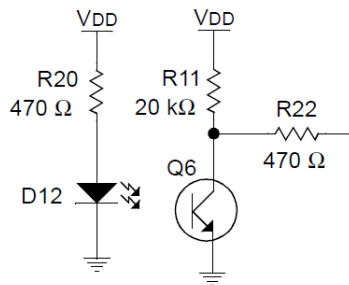


Figura 110: Esquema de conexión del encóder

Para poder leer los impulsos del encoder en el autómeta necesitamos de un circuito amplificador, en este caso un montaje no inversor, que nos permita amplificar los pulsos del encóder, ya que las entradas del autómeta funcionan a 24V DC.

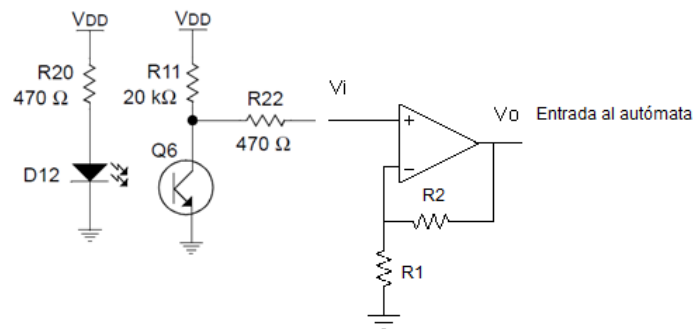


Figura 111: Esquema de conexión amplificador del encóder

Donde a la entrada del amplificador entran una cadena de impulsos de 5V y al autómeta le llegan 24V.

$$V_o = V_i \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \rightarrow \quad \frac{R_2}{R_1} = 3,8$$

5.4. Envío de fallos vía red GSM.

5.4.1. Comunicación WAN basada en IP a través de GPRS

Utilizando el procesador de comunicaciones CP 1242-7, podemos conectar el controlador SIMATIC S7-1200 a las redes GSM. El CP 1242-7 permite la comunicación WAN desde estaciones remotas con un centro de control y comunicación entre estas.

El CP 1242-7 soporta los siguientes servicios de comunicación a través de la red GSM:

- GPRS (General Packet Radio Service)

El servicio orientado a paquetes para "GPRS" de transmisión de datos se realiza a través de una red GSM.

- SMS (Short Message Service)

El CP 1242-7 puede recibir y enviar mensajes SMS. El interlocutor puede ser un teléfono móvil o un S7-1200.

El CP 1242-7 es adecuado para su uso en la industria en todo el mundo y es compatible con la siguiente frecuencia bandas:

- 850 MHz
- 900 MHz
- 1 800 MHz
- 1 900 MHz

En los países en los que está autorizado el módulo CP se encuentra esta banda, en Internet en las páginas de Siemens Automation Customer Support bajo la siguiente ID de artículo "45605894" [1]. En la página de Internet, seleccione la pestaña "Lista de artículos" y el "Certificados" tipo de entrada.

5.4.1.1. Aplicaciones

El CP 1242-7 es para uso en un entorno industrial. Las siguientes aplicaciones se pueden aplicar al módulo el CP:

Aplicaciones de telecontrol

- Envío de mensajes por SMS

La función no depende del modo de funcionamiento del CP sino de la red GSM. A través del CP 1242-7, la CPU de una estación S7-1200 remota puede recibir mensajes SMS de la red GSM o enviar mensajes por SMS a un teléfono móvil o un S7-1200.

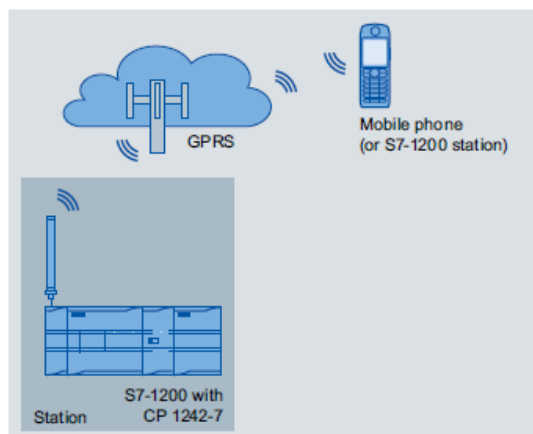


Figura 112: Esquema de funcionamiento de una red GSM

- La comunicación con un centro de control

Para ello configuramos la CP en modo "Telecontrol". Estaciones remotas S7-1200 se comunican a través de la red GSM e Internet con un servidor de Telecontrol en la estación maestra. El servidor de Telecontrol se comunica con un sistema de control de nivel superior, utilizando la función de servidor OPC integrado.

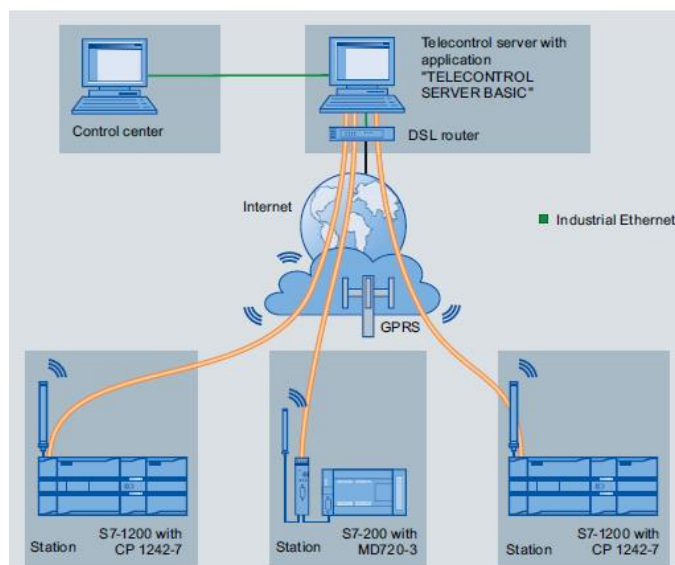


Figura 113: Esquema de telecontrol

- Comunicación entre estaciones S7-1200 a través de una red GSM

Dependiendo del servicio GSM que se utiliza y el modo de la CP, la comunicación entre estaciones remotas con un CP 1242-7 se configura de diferentes maneras:

- 1) Comunicación indirecta a través de una estación maestra (modo "Telecontrol")
En esta configuración, las conexiones entre estaciones S7-1200 y el servidor de Telecontrol están establecidos en la estación maestra. El servidor de Telecontrol reenvía los mensajes entre las estaciones.
- 2) Comunicación directa entre estaciones (modo "GPRS directo"). La CP exige una dirección IP fija asignada por el proveedor de la red GSM.

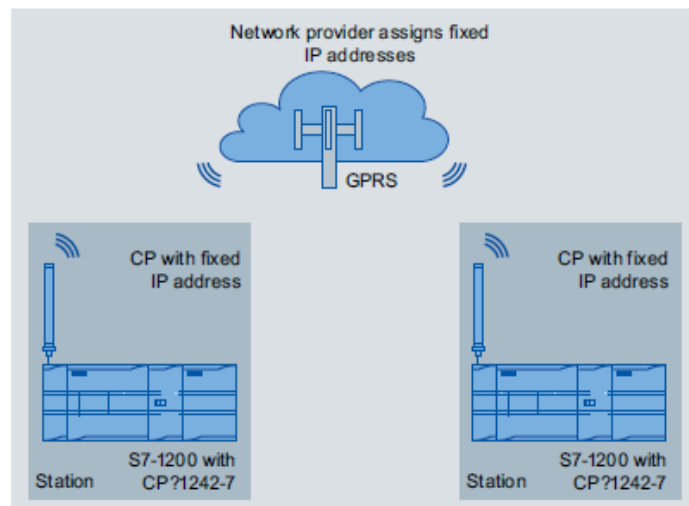


Figura 114: Red GPRS entre dos autómatas

5.4.1.2. Modos de operación y comunicación de la CP 1242-7

Para una comunicación con el CP 1242-7 a través de una red GPRS, la CP se establece en una de los siguientes modos:

3) Telecontrol

Este modo de la CP permite, a través de la estación GPRS, intercambiar datos con un servidor de Telecontrol.

El servidor de Telecontrol es un PC con la aplicación "TELECONTROL SERVER BASIC" que está conectado a Internet. En general, se encuentra en la estación maestra y se utiliza para el seguimiento y control de las estaciones GPRS remotas.

Posibles modos de comunicación de la estación GPRS con un CP 1242-7 en "Telecontrol" son:

- Servidor de Telecontrol
- Sistema de control central (a través de la interfaz OPC del servidor de Telecontrol)
- Estación de ingeniería (para TeleService)
- Hasta 5000 estaciones GPRS con un CP 1242-7 inicia sesión con el servidor de Telecontrol.

4) GPRS directo.

Este modo de la CP se utiliza para la comunicación directa entre las estaciones remotas a través de la red GSM. No es necesario ningún servidor de telecontrol.

Para permitir que los dispositivos PLC sean directamente accesibles en las redes inalámbricas públicas, necesitamos una dirección fija. En este caso, se utilizan tarjetas SIM con una dirección IP fija que permiten a las estaciones conectarse directamente a estas direcciones.

Los posibles servicios de comunicaciones y funciones de seguridad (por ejemplo VPN) dependerán de lo que ofrece el proveedor de red.

Los posibles modos de comunicación de la estación GPRS con un CP 1242-7 en "GPRS modo directo" son:

- Los abonados se pueden comunicar con la CP a través de una dirección IP (por ejemplo S7-1200 con CP 1242-7)
- Una estación de ingeniería (para TeleService)

5.4.1.3. Datos de funcionamiento.

Tipos de establecimiento de la conexión

El número de conexiones depende del tipo de establecimiento de la conexión:

- Establecimiento de enlace activo.- El establecimiento de la conexión se inicia por la CPU local.
- Establecimiento pasivo.- El establecimiento de la conexión es iniciada por el interlocutor de comunicación.

Número de conexiones simultáneas en modo "Telecontrol"

- Una conexión reservada al servidor de Telecontrol, por ejemplo para TeleService.
- Cuando una conexión está activa, tenemos:
 - Max. 5 conexiones de telecontrol (TCON_wdc)
 - Max. 5 conexiones UDP (sólo enviar)

Número de conexiones simultáneas en modo "GPRS directo"

- Max. 1 conexión con un servidor NTP
- Max. Conexión 1 TeleService

El número de conexiones productivas depende del tipo de establecimiento de la conexión.

- Con establecimiento activo: Un total de un máximo de 4 conexiones
 - Max. 4 conexiones TCP-ISO-ON
 - Max. 4 conexiones UDP (sólo enviar)
 - Una combinación de los tipos de conexión de la lista anterior
- Con establecimiento pasivo:
 - Max. 3 conexiones TCP-ISO-ON

Nota: 30000 Puertos de la norma ISO-on-TCP. Por la ISO-on-TCP, la CP no utiliza el número de puerto 102 por el puerto 30000.

Los datos del usuario

Datos útiles por llamada de envío con los distintos tipos de conexión:

- Para las conexiones de telecontrol: Max. 2048 bytes
- Para conexiones ISO-on-TCP: Max. 2048 bytes
- Para las conexiones UDP: Max. 1472 bytes
- Para SMS: Max. 160 bytes

5.4.2. Hardware de la red

Instalación del equipo.

Instalación módulo:

1. Conectar correctamente el módulo CP 1242-7 al PLC S7-1200.
2. Alimentar el módulo con tensión (L+) y masa (M) respectivamente desde la fuente del PLC.
3. Conectar la antena.



Figura 115: Configuración modular del sistema GPRS

4. Insertar correctamente la tarjeta SIM como muestra la figura 115.

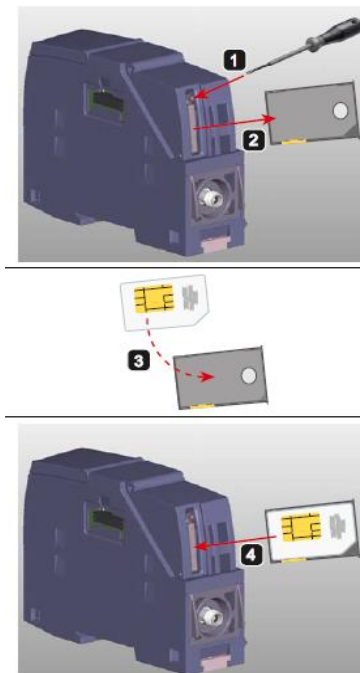


Figura 116: Instalar tarjeta SIM

Instalación driver

1. Descargar el driver desde la página oficial de siemens.
“HSP_V11_0003_001_S71200_GPRS-CP.isp11”
2. Instalar desde TIA portal:
 - a. Vamos a: Opciones -> Support Packages
 - b. Agregar el driver desde sistema de archivos e instalamos.

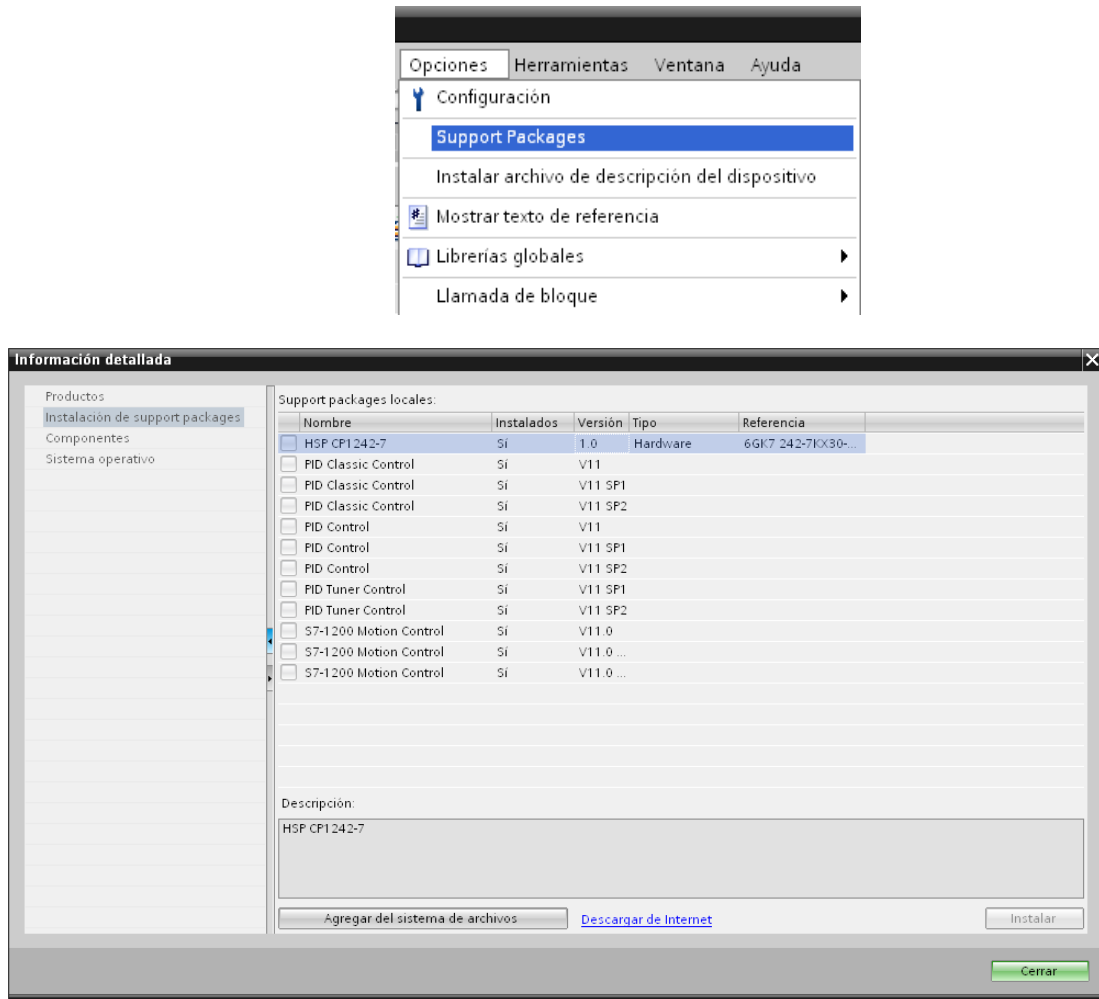


Figura 117: instalación del driver del módulo GPRS

Configuración hardware en el PLC.

Partiendo del árbol de proyecto que se ha creado, añadirel nuevo bloque de comunicación y las instrucciones correspondientes.

Se agrega el módulo CP 1242-7 a nuestro hardware, primero hay que tener en cuenta si ya está instalado en nuestro paquete de datos, para ello lo comprobamos en Opciones -> Support packages, como se observa en la figura el driver HSP CP1242-7 está ya instalado. Como se mostró en la figura

Por lo tanto encontraremos el módulo en el Catálogo hardware -> Módulos de comunicación -> Telecontrol. Añadimos el módulo CP 1242-7 a nuestra configuración hardware

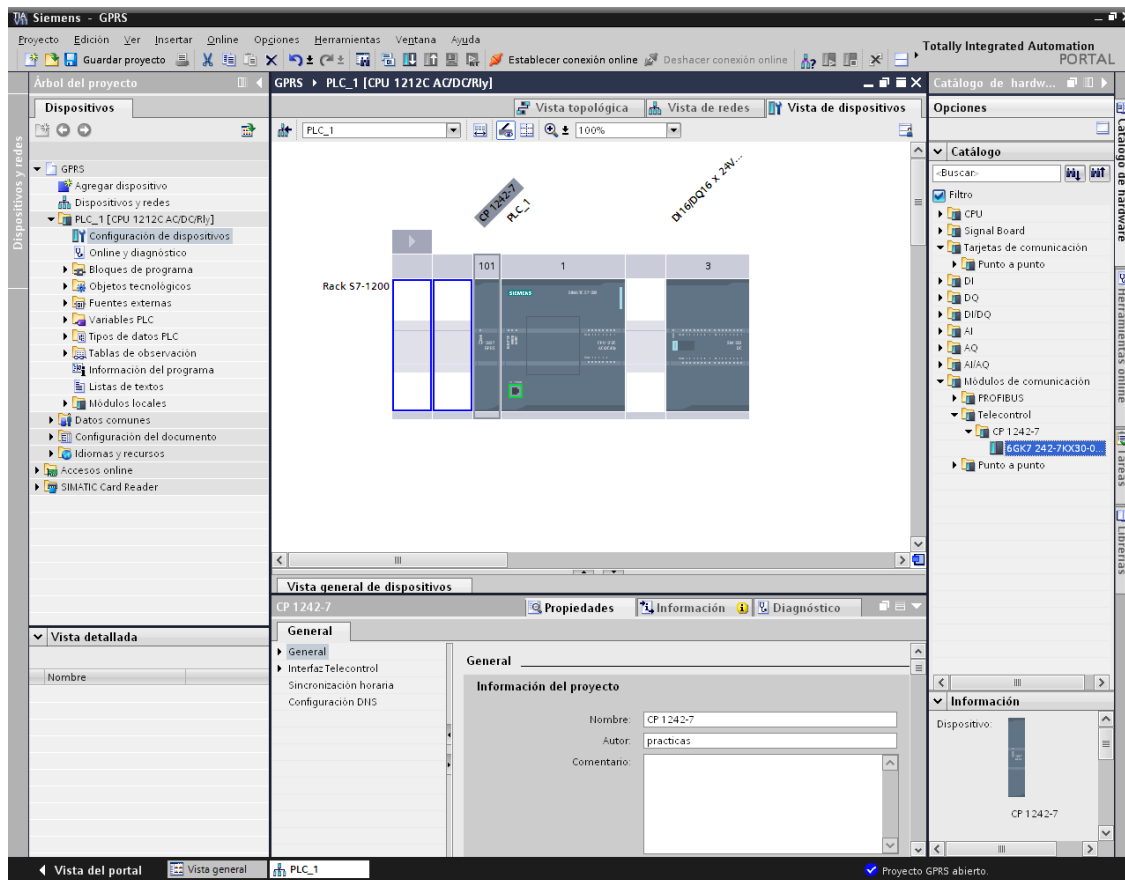


Figura 118: insertar módulo GPRS en el hardware del sistema

Configuración módulo GPRS

Seleccionar GPRS directo.- Entramos en la configuración de las propiedades de nuestra CP 1242-7 y dejamos el radio button como viene por defecto en GPRS directo, ya que el objetivo es el envío de SMS, el otro es para una centralita de telecontrol.

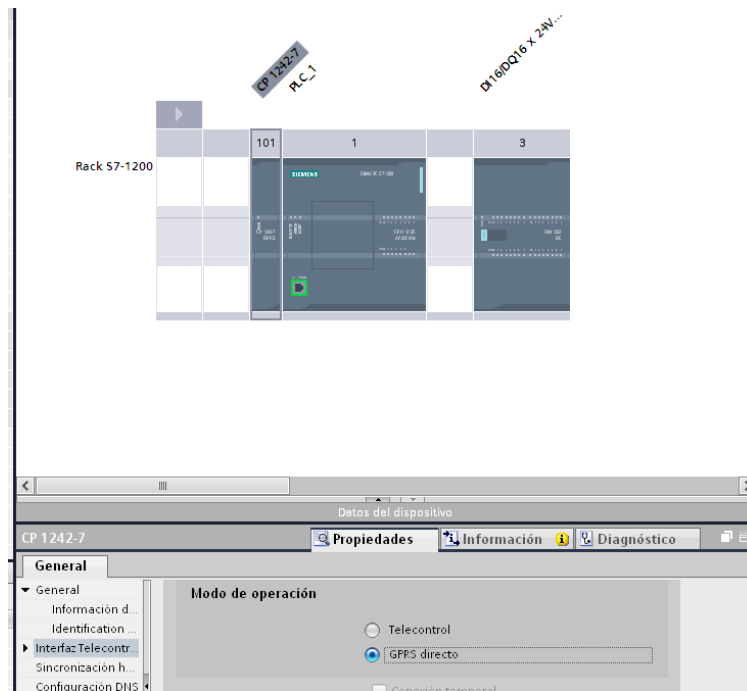


Figura 119: Activar el módulo como GPRS directo.

Pasamos al apartado Configuración del módem, donde el primer número es el que corresponde a la tarjeta SIM de la CP, seleccionamos el checkBox habilitar SMS y el número que debemos introducir (nos lo debe facilitar la compañía a la cual tenemos asociada nuestra SIM), que es el número de Centro de Mensajes.

Introducir el número de la tarjeta SIM que se ha insertado en el dispositivo en el apartado “Abonado del CP”. A continuación insertar el código PIN de la tarjeta SIM y el número de teléfono de la estación de servicios de la central de mensajes SMS (SMSCentralita) que es la que pone a disposición nuestro operador móvil, para mensajes entrantes y salientes.

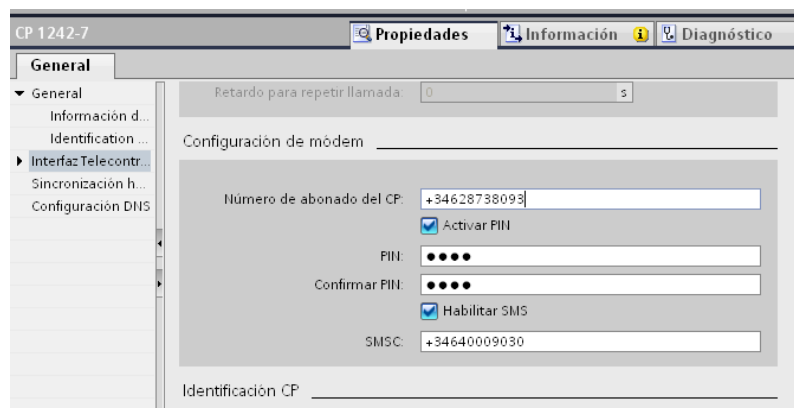


Figura 120: Configuración del módem

Acceso GPRS

Introducir la dirección APN del proveedor para estar seguros de que nos conectamos con el proveedor SMS

- APN: jazzinternet
- Nombre: (dejar en blanco)
- Contraseña: (dejar en blanco)

El resto de valores no será necesario que se modifiquen. Guardamos los cambios.

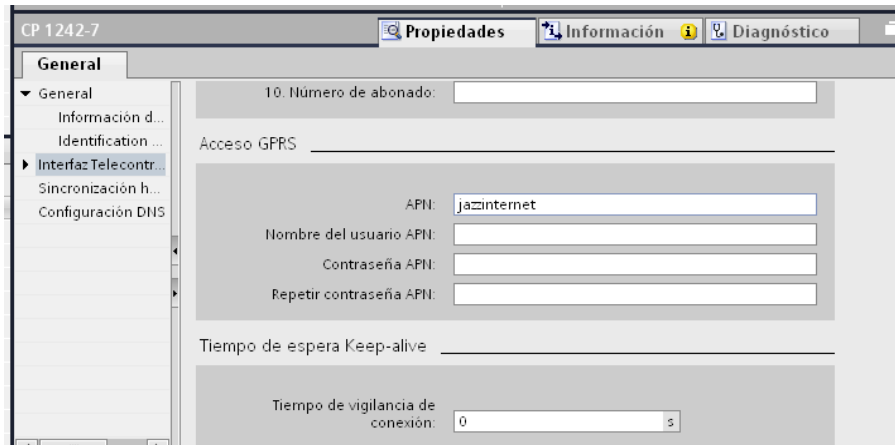


Figura 121: Acceso a la red GPRS

Por último hay que tener en cuenta el Identificador de hardware asignado a este dispositivo (en este caso 269)

Con esos sencillos pasos ya hemos configurado todo lo necesario en nuestra CP 1224-7. Por último, revisamos el número Id de Hardware, ya que nos hará falta a la hora de utilizar la función de enviar SMS.

Comprobación de la red GSM.

Cargar la configuración hardware al PLC Al arrancar todos los módulos conectados a la CPU, tenemos que comprobar que en el módulo CP se encuentran encendidas las siguientes luces:

- DIAG (estado básico del módulo): si está en verde se encontrará en RUN y sin errores.
- Network (estado de la conexión): si está en verde existe conexión con la red GSM.
- Signal quality: Indica la calidad de la señal de la red GSM.



Figura 122: Comprobación red GSM

5.4.3. Software de la red.

Paso 1. Configuración del bloque de parámetros de la comunicación. Insertar un bloque de base de datos y seleccionamos la opción estándar, le llamamos TCON_WDC. Aquí se configura los parámetros de la conexión.

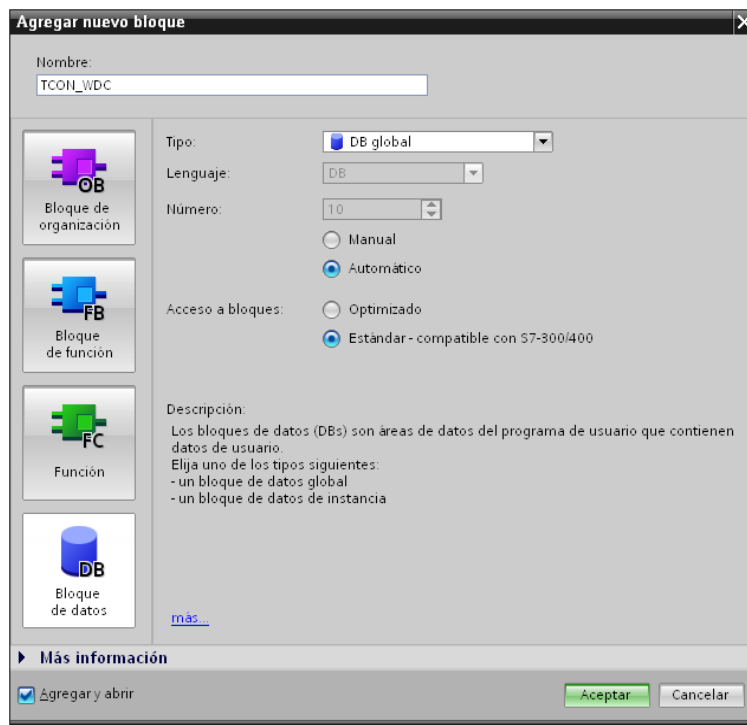


Figura 123: Asistente para la creación de una base de datos

Paso 2: Configuración base de datos TCON_WDC. Crear una variable y en tipo de dato escribir TCON_Phone. De esta manera se creará automáticamente una base datos para asociar el envío de mensajes a un número determinado.

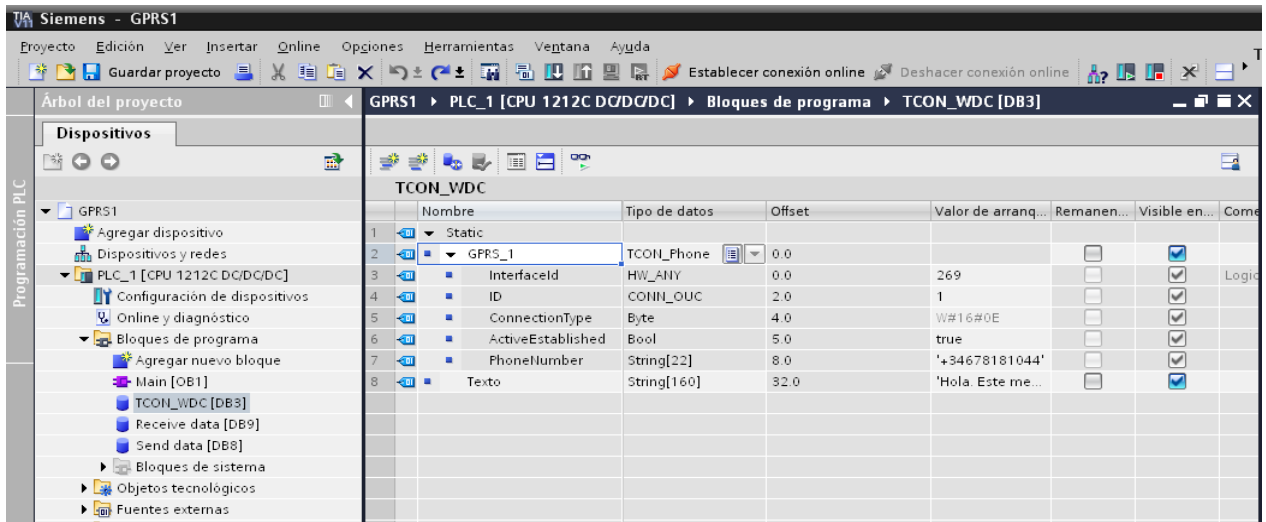


Figura 124: Configuración base de datos TCON_WDC

Los apartados los rellenamos de la siguiente manera:

- Interface Id: Insertamos, en la columna de valor de arranque, el identificador de hardware asociado a nuestro dispositivo CP.
- ID: es el identificador de nuestro dispositivo, en este caso sólo tenemos uno.
- Connection Type: lo dejamos tal cual está.
- Active established: lo colocamos en TRUE para asignar el envío de mensajes al teléfono que hemos asignado.
- Phone number: número de teléfono al que vamos a enviar los mensajes de texto.

A continuación agregar otro apartado llamado “Texto” que será el mensaje que vamos a enviar a través de SMS. Tiene que ser de tipo ‘String[160]’ donde 160 es la longitud máxima del mensaje de texto.

En el apartado valor de arranque colocamos el mensaje de texto que vamos a enviar por SMS.

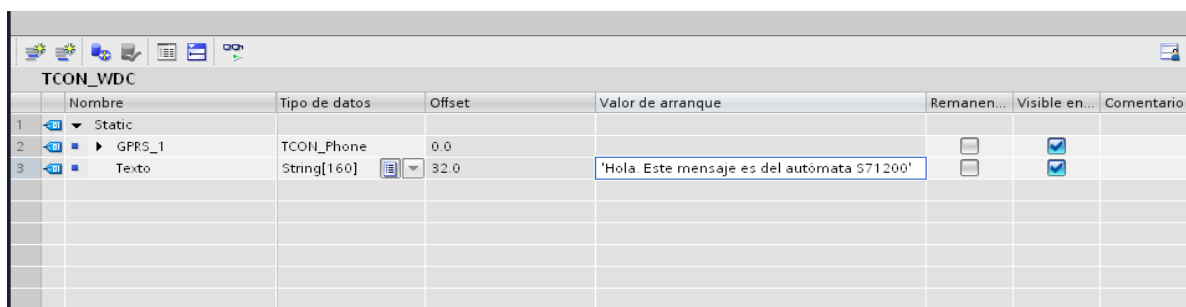


Figura 125: Configuración del mensaje de texto de la base de datos TCON_WDC

Paso 3. Crear una tabla de variables para colocar bits que activen la la comunicación y el envío de datos, para crear una simulación de fallo en el sistema y enviar un SMS a través de a la red.

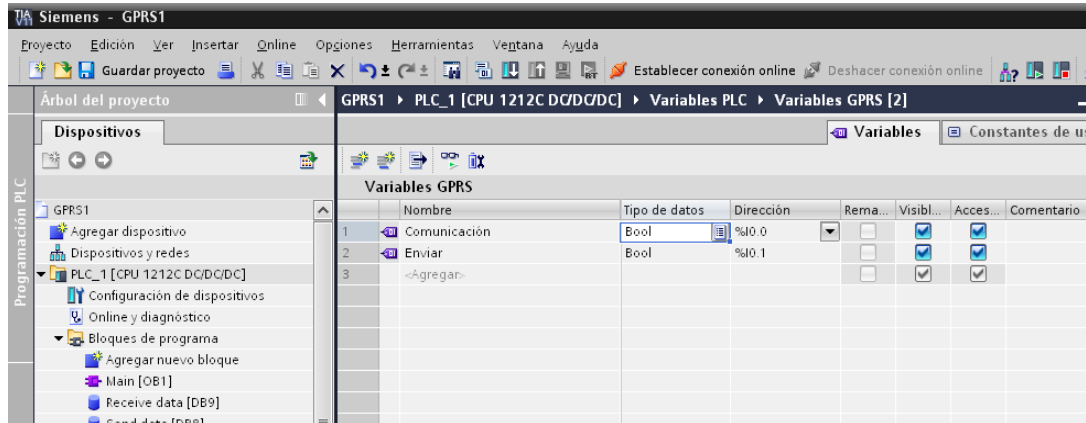


Figura 126: Tabla de variables de simulación de fallo.

Creación de la llamada cíclica para envío de datos en el bloque OB1

Paso 4: Insertar las instrucciones TC_CON y TC_SEND, al segmento, y crear el bloque de base de datos que se genera automáticamente.

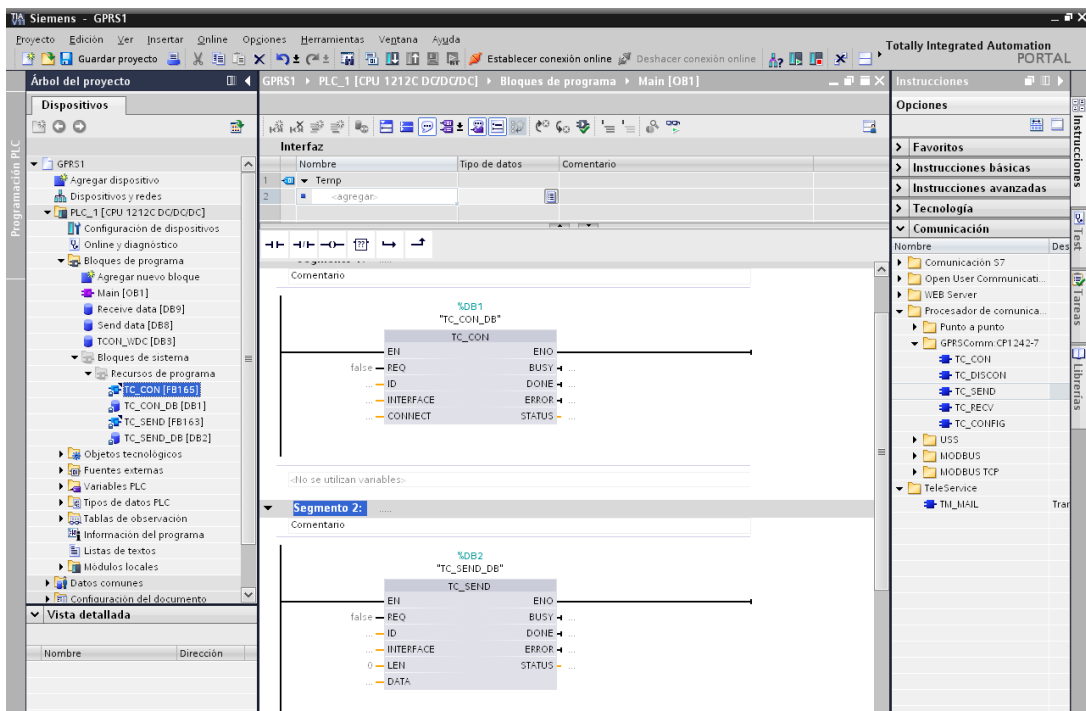


Figura 127: Insertar instrucciones TCON y TSEND

Paso 5: Configuración del bloque de comunicación TC_CON

- REQ: variables para activar este bloque, la seleccionamos de nuestra tabla de variables
- ID: es el identificador de la comunicación y lo ponemos a 1
- INTERFACE: Identificador del hardware del módulo de telecontrol, en este caso 269.
- CONNECT: colocamos la primera dirección de nuestra base de datos TCON_WDC para asociar este bloque de datos a nuestro bloque TC_CON, en este caso el puntero P#DB3.DBX0.0.

Con esto la configuración de la conexión quedaría lista.

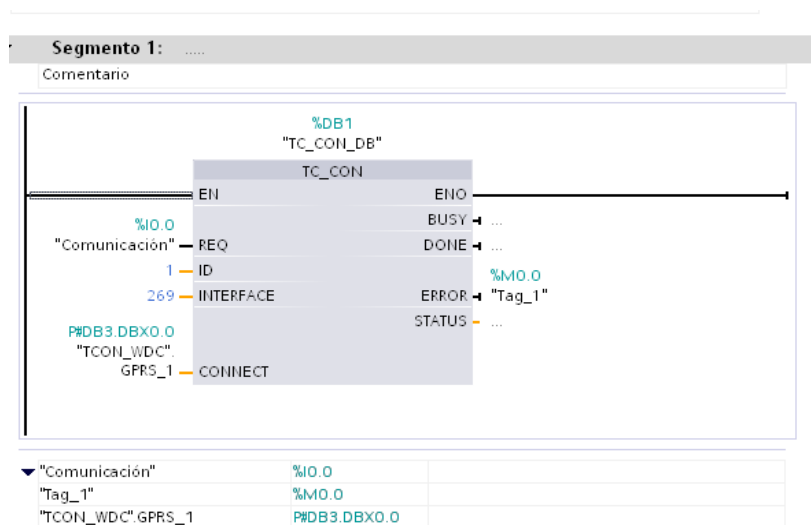


Figura 128: Configuración instrucción TC_CON

Paso 6: Configuración del bloque de envío de datos TC_SEND

- REQ: variables para activar este bloque (la seleccionamos de nuestra tabla de variables)
- ID: es el identificador de la comunicación y lo ponemos a 1
- INTERFACE: Identificador del hardware del módulo de telecontrol, en este caso 269.
- LEN: longitud del mensaje que vamos a enviar por SMS, en este caso colocamos 160.
- DATA: Insertamos un puntero para crear un mensaje de texto sin cabecera ni pie de página, asociamos a este puntero el string "TEXTO" que hemos creado en la base de datos TCON_WDC.

En este caso colocamos P#DB3.DBX32.0 BYTE160. Una vez configurado todo, cargar en el sistema.

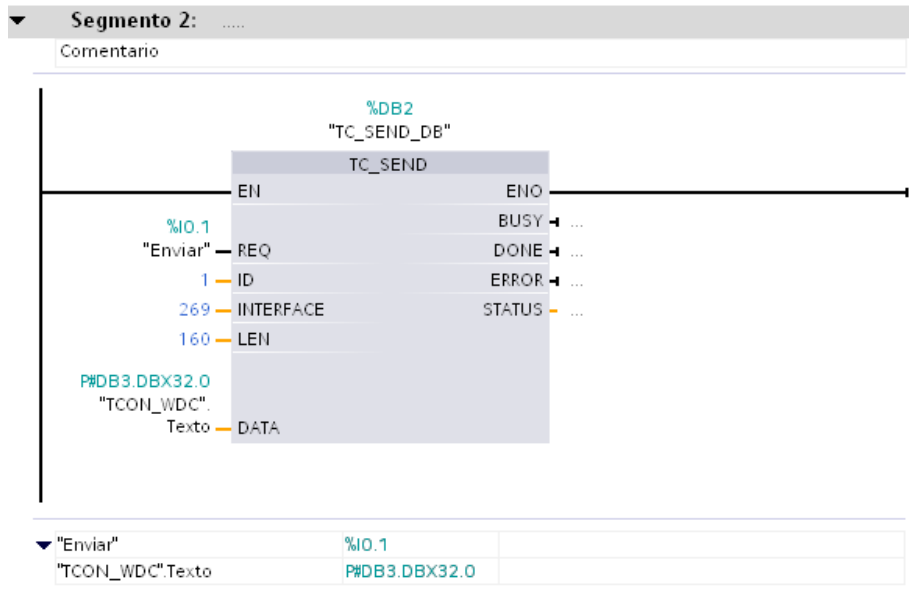


Figura 129: Configuración de la instrucción TC_SEND

Paso 7: Comprobar el resultado.

Ahora pulsamos a la vez las entradas I0.0, I0.1 de nuestro autómeta para simular un error en el sistema y enviar un mensaje de texto vía SMS. A los pocos segundos recibiremos en nuestros móviles el mensaje.



Figura 130: Mensaje de texto que llega al usuario

5.5. Aplicación FINAL.

Se trata de utilizar la red industrial Ethernet que hemos creado para manipularla velocidad de una motor de corriente continua a través de la aplicación de control de movimiento por ancho de pulso (PWM) de la estación remota (PLC2) desde una pantalla táctil asociada al PLC1. También activaremos en la pantalla del PLC2 un bit que simulará un fallo en el sistema, este bit viajará a través de la red hasta el otro automático y ahí se enviará un mensaje texto al teléfono móvil del usuario por medio del módulo GPRS como se vio en el apartado 4.4.

Paso 1: Creación de un bloque de recepción y de envío en los dos PLC's para permitir la comunicación en ambos sentidos, tal y como lo vimos en el apartado de creación de la red Ethernet.

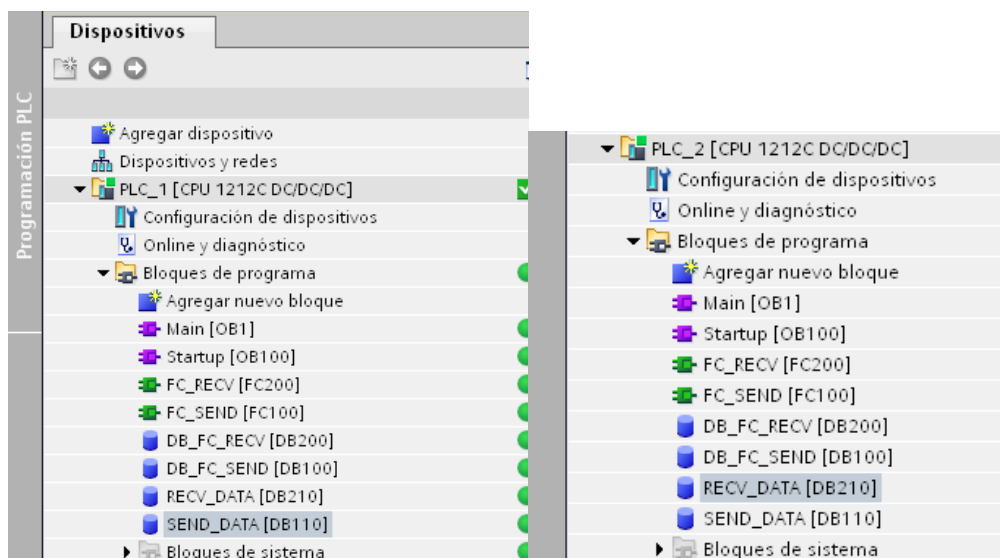


Figura 131: Insertar bloques de base de datos de comunicación.

Paso 2: Configuración PLC1. En el PLC1 añadimos segmentos en los que:

- Activamos un bit de la base de datos de envío SEND_DATA (DB110.DBX0.0), con un bit de marcas M30.0 que asociaremos a un pulsador en la interfaz de usuario para enviar la instrucción de activar el bloque que genera los pulsos.
- En la pantalla táctil pondremos una entrada en la que introduciremos el nuevo valor de ancho de pulso, este valor se guardará en la palabra de marcas MW40 para después transferir este dato al byte 3 de la base de datos de envío SEND_DATA (DB110.DBW3), y de igual forma se envía a través de la red.

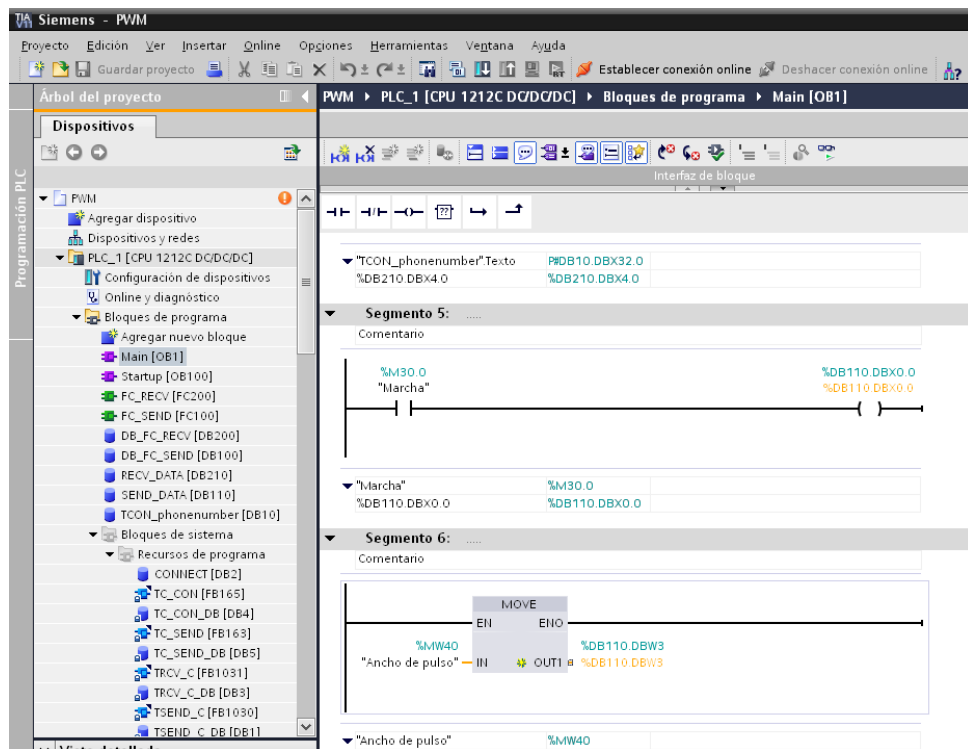


Figura 132: Programación de los datos a enviar desde PLC1

- Para enviar los datos anteriores necesitamos enviarlos mediante la instrucción T_SEND, por lo que en la entrada DATA de la instrucción colocamos el primer valor de la base de datos desde donde se va a enviar (P#DB110.DBx0.0), y la longitud de estos, en este caso 10BYTE.

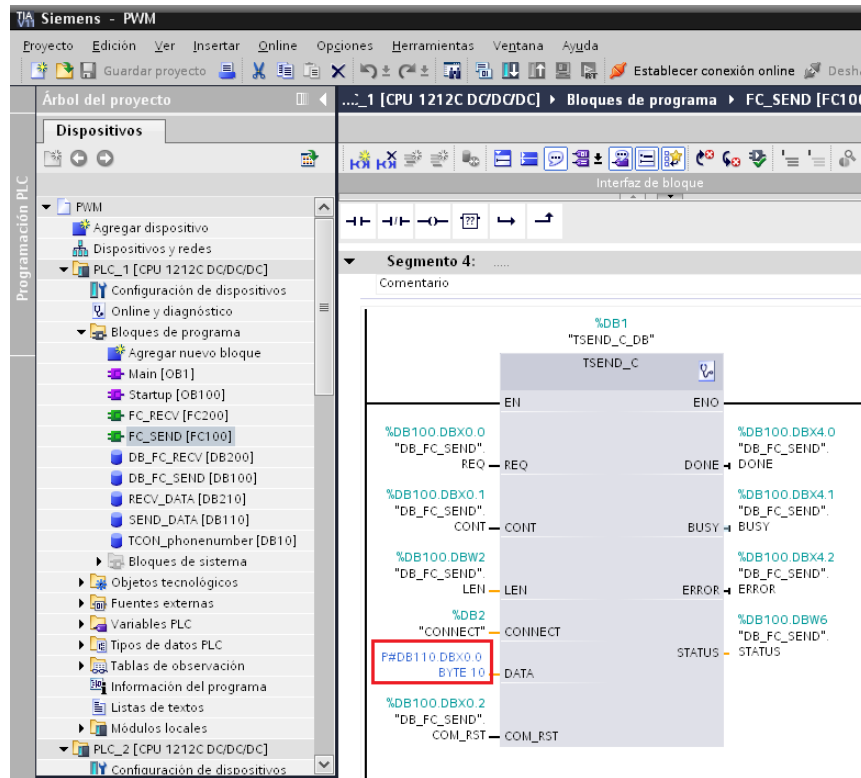


Figura 133: Configuración de la instrucción de envío de datos.

Paso 3: Creación HMI PLC1. Se crea una segunda interfaz de usuario, como se vió en los anteriores apartados en las figuras 65 y 66. En esta ocasión se conecta, a través de una red Ethernet, al PLC1 con el objetivo de manipular los datos que vamos a enviar a través de la red.

De igual forma, añadir pulsadores para activar y desactivar un bit que nos permitirá encender o apagar la señal que genera los pulsos.

También se añadirá una entrada para asignar el nuevo valor del ancho de pulso.

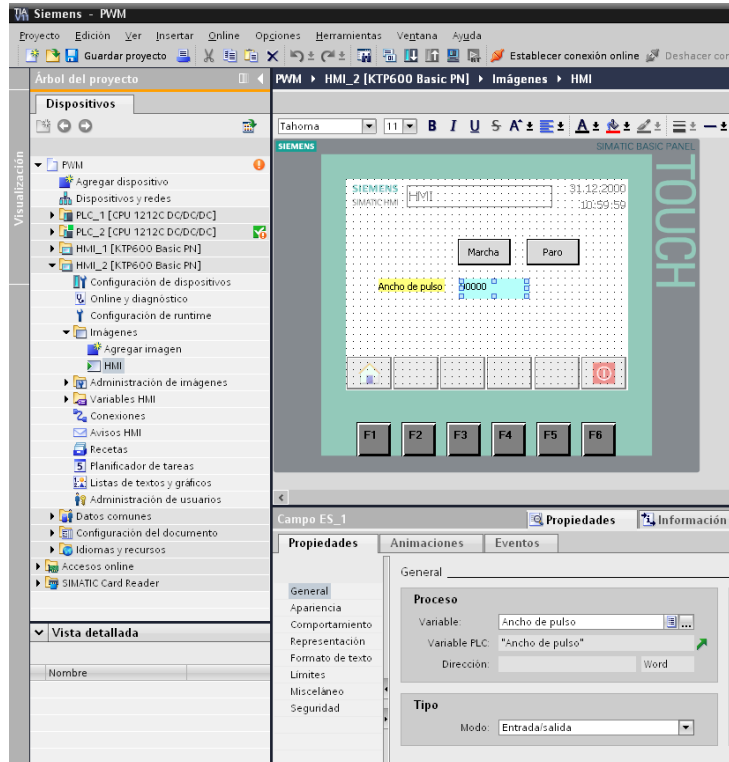


Figura 134: Configuración de la HMI2 asociada al PLC1

Paso 4: Configuración PLC2. Una vez enviado los valores desde el PLC2, aparecen reflejados en la base de datos RECV_DATA del PLC1 que se encarga de almacenar los datos a través de la comunicación, en el mismo orden en que han sido enviados, es decir que si envió el primer bit desde la base de datos SEND_DATA del PLC1 (DB110.DBx0.0) lo voy a recibir en el primer bit de la base de datos RECV_DATA (DB210.DBx0.0) del PLC2.

Con este bit activo el bit de marcas M100.0 que enciende la instrucción CTRL_PWM encargada de generar los pulsos por ancho de pulso.

En la variable DB210.DBW3 recibo el nuevo valor del ancho de pulso que transfiero a la variable QW1000 que es la dirección de la duración del impulso que se ha dado en la configuración hardware.

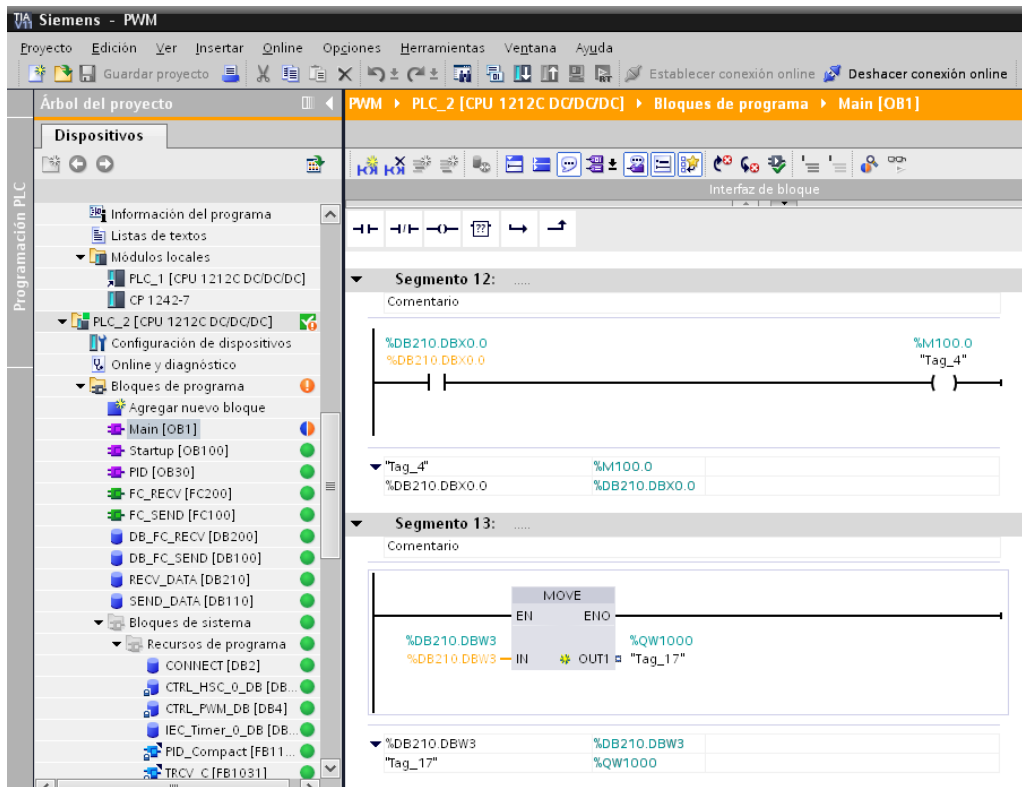


Figura 135: Configuración del PLC2 para recibir los datos desde PLC1

Para recibir estos datos en el bloque de función FC_RECV cambiamos en la instrucción TRCV_C los datos que queremos recibir. Colocamos el primer bit donde vamos a recibir seguido de la longitud que debe coincidir con los bytes que hemos enviado (P#DB210.DBX0.0 Byte 10)

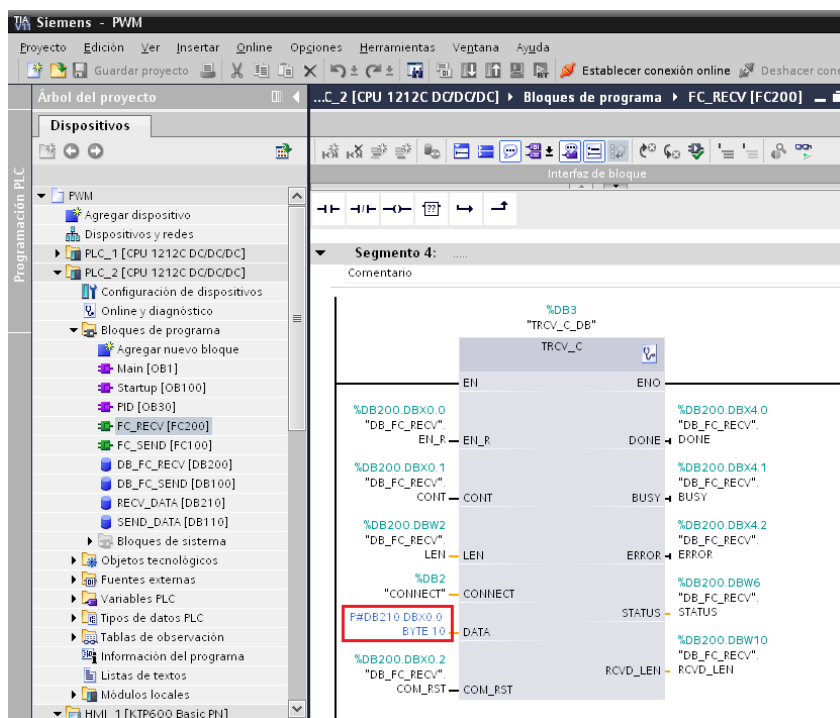


Figura 136: Configuración de la instrucción de recepción de dstos del PLC2

Paso 5: Creación de variable Fallo. Con esta variable lo que se pretende es simular un fallo en el sistema del PLC1 para aviarse después a través de la red Ethernet hasta la estación base. La estación recibirá el aviso de fallo y un mensaje de texto al usuario por medio del dispositivo GPRS.

Añadir un pulsador a la HMI conectada al PLC2, que activara el bit de fallo (M530.0).

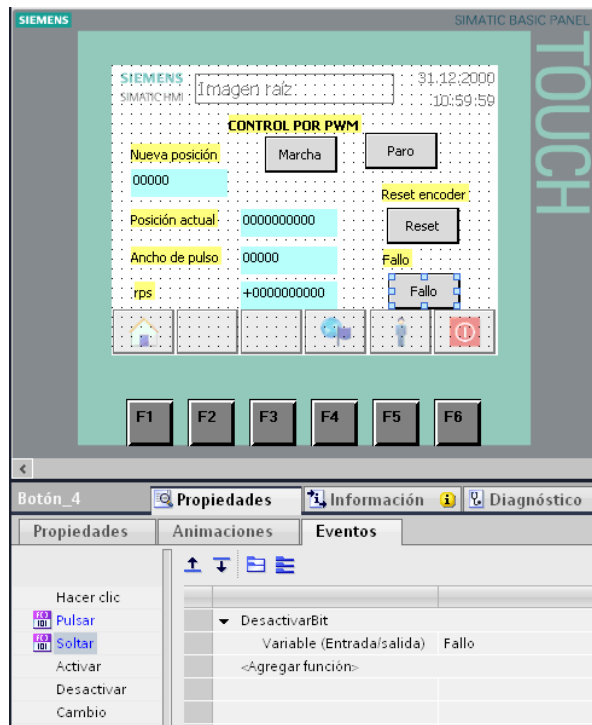


Figura 137: Modificación de la HMI_1 para agregar variable fallo

La variable fallo activará un bit en la base de datos que se SEND_DATA (DB110.DBX4.0) que será enviado a través de la red Ethernet.

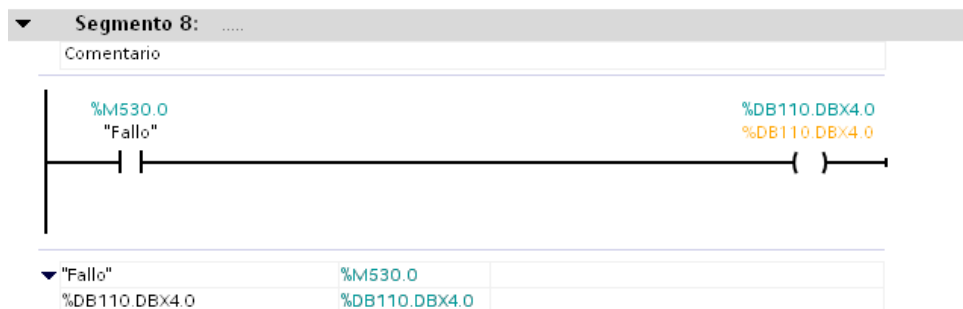


Figura 138: Programación del fallo en la base de datos de envío del PLC 2

Paso 6: Modificación de las instrucciones de comunicación GSM.

En el PLC1 se debe cambiar la configuración de las instrucciones para el envío de datos por red GSM:

La instrucción TC_CON se activará con la marcha del generador de pulsos (M30.0). Así nos aseguramos de que envíe los fallos siempre y cuando esté en funcionamiento el sistema.

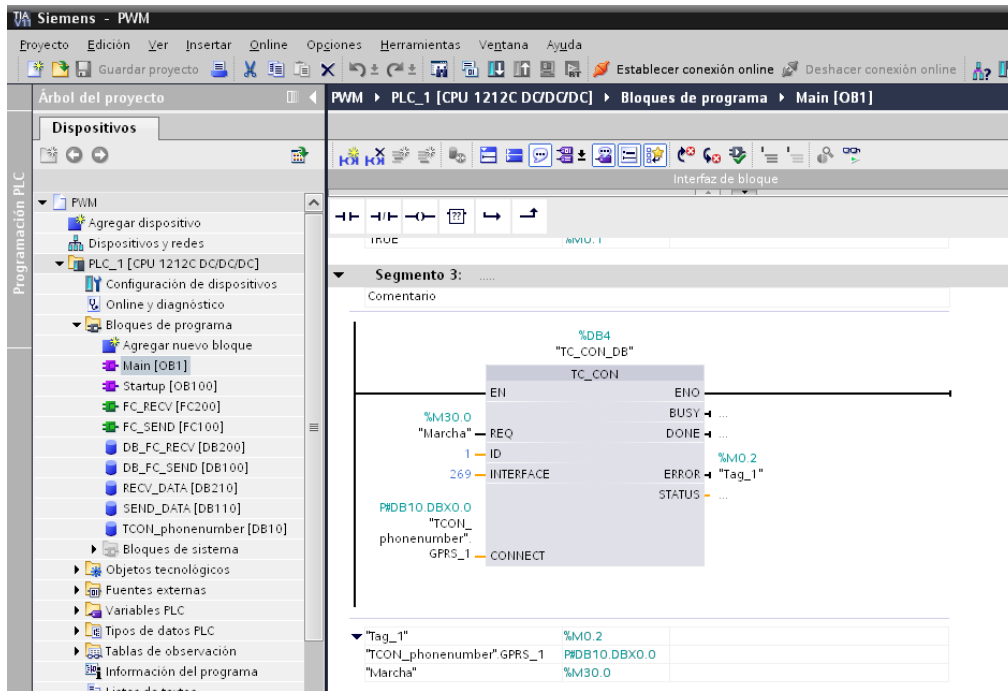


Figura 139: Modificación instrucción TC_CON

En la instrucción TC_SEND, que es la encargada de enviar el mensaje de texto, se activará a través del bit DB210.DBXD4.0 de la base de datos RECV_DATA, este bit es el que está asociado al envío del fallo de la red ethernet.

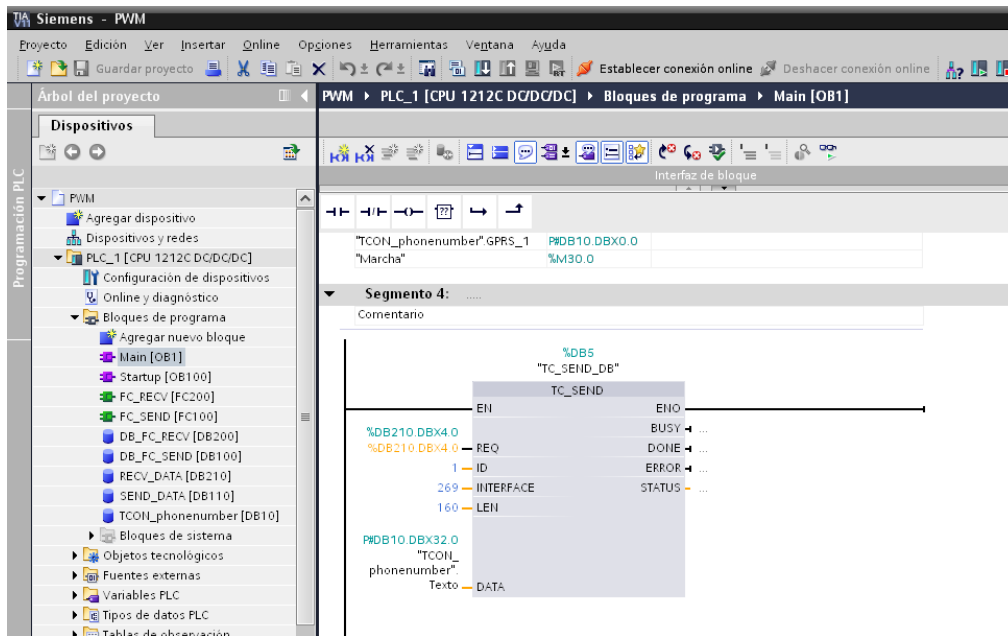


Figura 140: Modificación instrucción TC_SEND

Paso 7: Comprobación del resultado.

Si se cambia el valor del ancho de pulso en la pantalla del PLC1. Se observa como también cambia en la HMI asociada al PLC2.



Figura 141: Comprobación de envío de ancho de pulso

De esta forma al dar a marcha se pone en funcionamiento el motor a una frecuencia de 100Hz y con ancho de pulso de 50%.

Esta aplicación permite cambiar el ancho de pulso con el motor en marcha, en este caso se probó con ancho de pulso del 20% (velocidad lenta) y 60% (velocidad rápida).

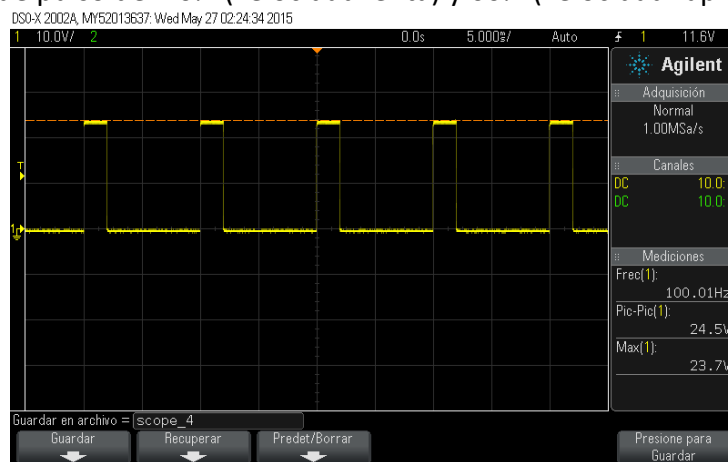


Figura 142: Señal PWM al 20%

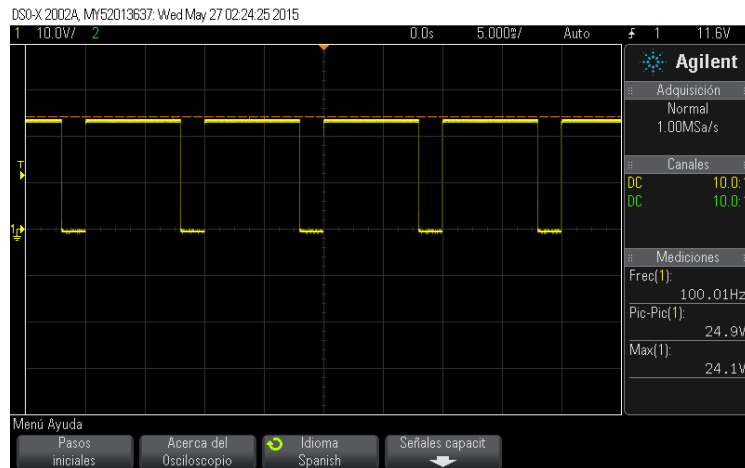


Figura 143: Señal PWM al 60%

De igual manera si pulsamos “Fallo” en la HMI_1 se observa como el teléfono móvil del usuario recibe el mensaje de texto que habíamos programado. Dando por sentado que la comunicación sí tiene lugar.



Figura 144: Pantalla Control por PWM



Figura 145: Comprobación de la recepción de mensajes de texto

6. OTRAS APLICACIONES

En este trabajo se intentó desarrollar otras tareas, que debido a falta de tiempo y presupuesto, que no llegaron a ser desarrollados en su totalidad pero que queda constancia en este trabajo para hacer de referencia en un futuro próximo.

En este apartado se explica las pruebas que se hicieron en el laboratorio mientras que en el apartado 5 (Líneas Futuras) se explica lo que se podría llegar a hacer.

Como resumen tenemos:

- Se quiso llegar a probar el generador de tren de impulsos para el control de velocidad de un servoaccionamiento que lleva habilitado una entrada para tal efecto.
- Se intentó crear una red modbus serie para enviar los parámetros de funcionamiento del servoaccionamiento al PC y añadir estos parámetros, a través de una red modbus TCP, a la supervisión y control de la HMI de la estación base.

6.1. Control del servoaccionamiento.

Se puede usar la aplicación del generador por tren de impulsos (PTO) del autómatas S7-1200 para controlar la velocidad y la posición, de un servomotor Digymax DS, a través de un servoaccionamiento que admita control de velocidad por tren de pulsos en frecuencia como es el caso del Servoaccionamiento Digitax que disponemos en el laboratorio.

Servoaccionamiento Digitax.- Se trata de un servoaccionamiento para control de motores AC brushless Dutymax (servomotores), el Digitax DB140 controla motores de hasta 1.4kW, también ofrece la posibilidad de seguir un tren de impulsos procedente de un generador haciendo muy versátil su uso.



Figura 146: Servoaccionamiento Digitax DB140

Este servoaccionamiento posee un teclado de control que nos permite configurar como debe trabajar el servoaccionamiento.

Su esquema de conexión de entradas tiene la siguiente estructura:

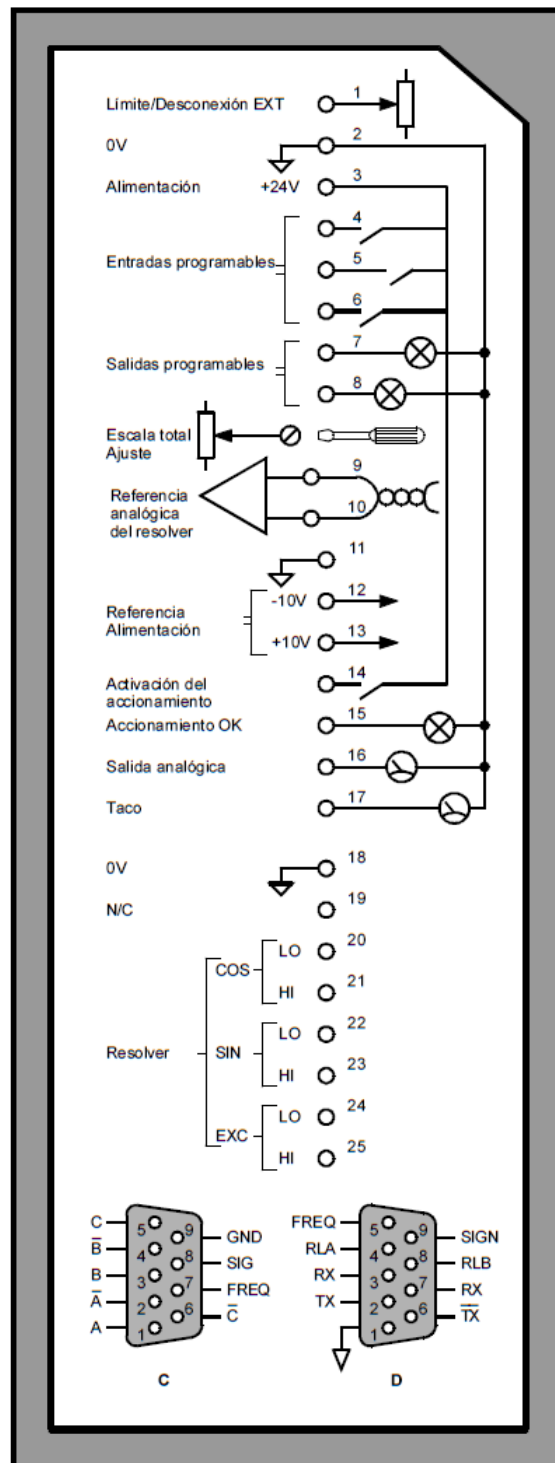


Figura 147: Estructura de entradas y salidas del servo Digitax DB140

Donde lo más destacable son las entradas del resolver de los motores Dutymax DS que van desde la entrada 20 a la 24 y las dos entradas serie una para comunicación modbus y la otra para entrada de referencia en frecuencia para un control de velocidad por interfaz de pulsos.

6.1.1. Control servomotor referencia analógica.

Una primera puesta en marcha del servoaccionamiento consistiría en controlar la velocidad de un servomotor Dutymax DS a través de una referencia analógica generada por un potenciómetro. Esta parte se llegó a probar en el laboratorio.

Paso 1: Conectar alimentación principal. Conectamos el servoaccionamiento Digitax a una red trifásica de 400V por medio de un magnetotérmico en las entradas L1, L2, L3. De igual forma la alimentación del servomotor Dutymax DS a los conectores U, V, W del servoaccionamiento preparadas para el control.

Patilla	Función	Tipo	Notas
U	Fase U	sal.	Salida al motor
V	Fase V	sal.	
W	Fase W	sal.	
Y	PE		
L1	Fase L1	ent.	Alimentación de CA
L2	Fase L2	ent.	
L3	Fase L3	ent.	

Tabla 6: Conectores de la alimentación principal del servo Digitax DB140

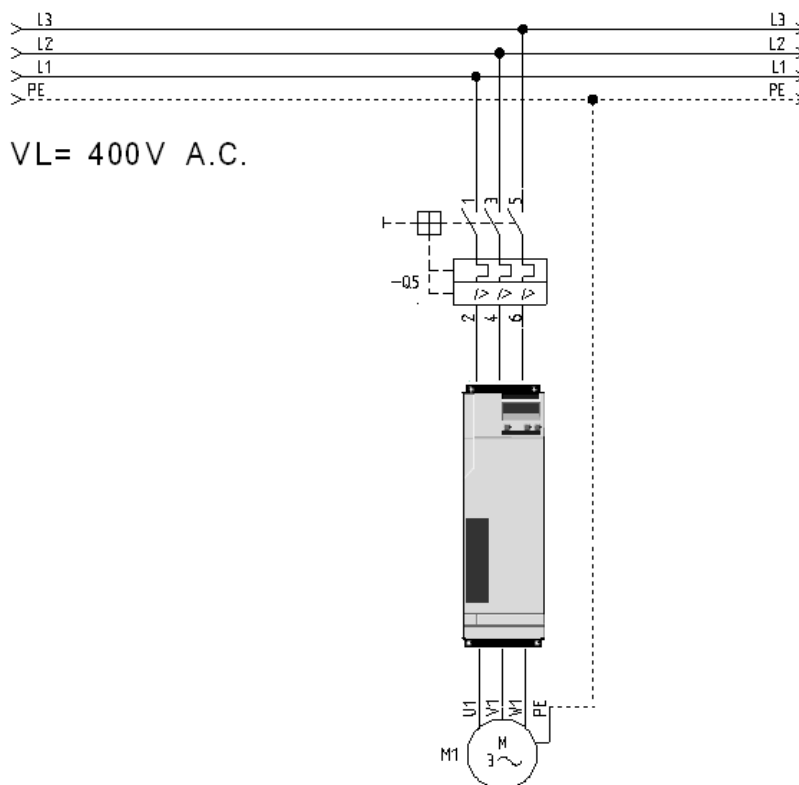
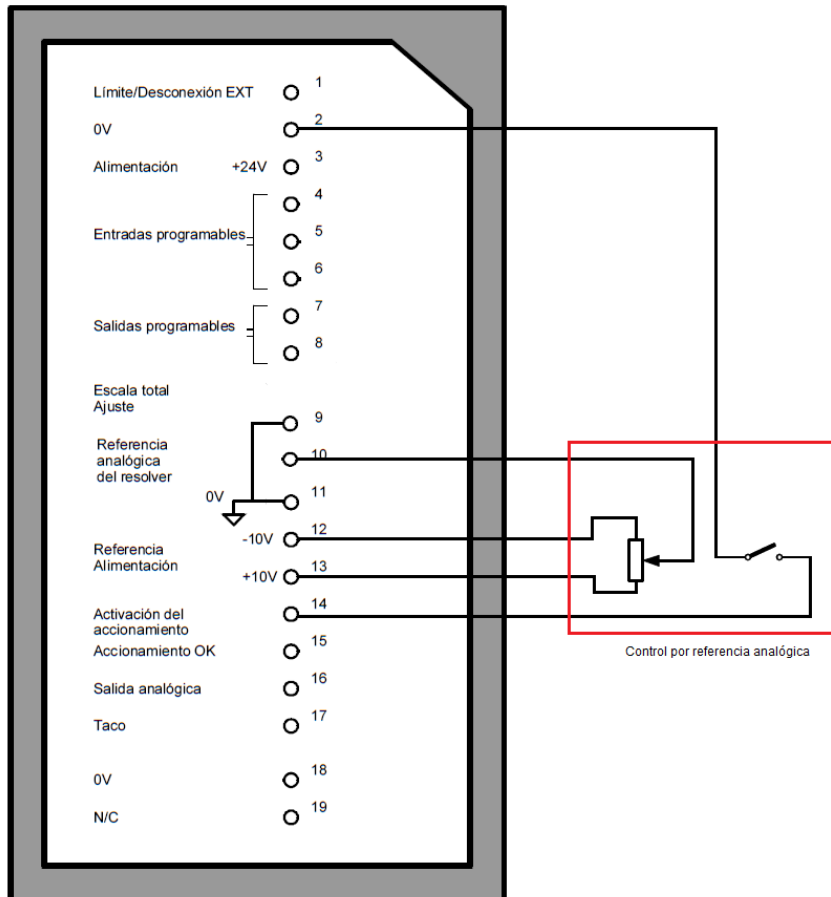


Figura 148: Conexión de la alimentación principal del servo Digitax DB140

Paso 2: Conectar entradas de control por referencia analógica. Se conectan un pulsador y un potenciómetro al servoaccionamiento de tal forma que lo activemos con el pulsador externo y controlemos la velocidad con un potenciómetro conectado a una referencia de $\pm 10V$.



Paso 3: Conectar el resolver del servomotor. Esta conexión nos permitirá enviar los parámetros al servomotor. Así como leer las revoluciones por segundo del motor.

La conexión en el servoaccionamiento sería el siguiente:

COLOR	CONECTOR	FUNCION	ENTRADA DIGITAX
Rojo / blanco	1	Excitación High	25
Negro / blanco	2	Excitación Low	24
Negro	3	Cos Low	20
Rojo	4	Cos High	21
Azul	5	Sin High	23
Amarillo	6	Sin Low	22
(Azul)	7	Thermistor	-
(Rojo)	8	Thermistor	-

Tabla 7: Conexión del resolver del servomotor al servo Digitax

Paso 4: Configurar el Digitax. El motor se controla aplicando una tensión de referencia de velocidad analógica con un rango máximo de ± 10 V en los terminales B9 y B10.

Esta tensión puede ser una señal de un solo cuadrante o una señal diferencial. La velocidad máxima se ajusta con el valor de Pr99. Tiene un ajuste de un $\pm 20\%$ alrededor de Pr99.

Para configurar el accionamiento para el control analógico de velocidad ajustamos los siguientes parámetros, en el teclado de control, de la siguiente manera:

- Ajuste el parámetro b6 en 0.
- Ajuste el parámetro b14 en 1.
- Ajuste el parámetro b17 en 0.

6.2. Supervisión servoaccionamiento a través de red modbus.

El objetivo es el de realizar una comunicación MODBUS serie entre un dispositivo de control de velocidad y un ordenador para poder controlar la velocidad o la posición de un motor. La interfaz de control y monitorización será una pantalla táctil conectada, vía Ethernet, a un PLC S7-1200 por lo que se deberá crear una red MODBUS TCP entre el PLC y el ordenador para el envío de datos desde el dispositivo.

Para la red MODBUS serie se utiliza un puerto RS485 por lo cual se necesitará una convertidor ya que el ordenador posee un puerto RS232.

Conversor RS 232 to RS 485.- Es una tarjeta que permite convertir un puerto de potencia RS232, que se encuentra en nuestro ordenador, a un puerto RS485 que será el puerto serie que dispongamos para la comunicación. Esta tarjeta nos proporciona un canal Half-dúplex RS485 equilibrada, de dos hilos, que funciona a partir de los datos del puerto RS232.



Figura 149: Conversor RS232 a RS485 de B&B electronics

Driver Altivar 31.

En este trabajo se realiza una comunicación MODBUS serie entre el driver Altivar 31 y un ordenador para después enviar los datos al PLC S7-1200 y poder supervisarlos desde una HMI.

Altivar 31 (ATV31) es una familia de variadores de velocidad de corriente alterna y de frecuencia ajustable que se utiliza para controlar motores asíncronos de tres fases. Algunos variadores ATV31 se encuentran disponibles con un potenciómetro de referencia, un botón

de ejecución y un botón de paro/restablecimiento y una amplia serie de instrucciones de programación que lo hacen muy intuitivo a la hora de realizar la comunicación.



Figura 150: Driver Altivar 31

Este dispositivo posee una peculiaridad, la entrada para la comunicación serie Modbus no es un puerto RS485 sino un RJ45. Por lo tanto hace falta identificar los hilos de la comunicación serie, dicha comunicación es half-duplex (o semiduplex), cuya transmisión diferencial permite conectar múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto.

RS485-MODBUS - HALF DUPLEX

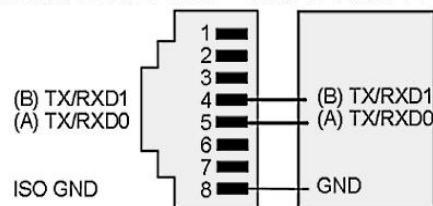


Figura 151: Identificación transmisión Half dúplex en RJ45

Llevamos estos dos hilos a nuestro puerto RS485 del convertidor RS232 to RS485.

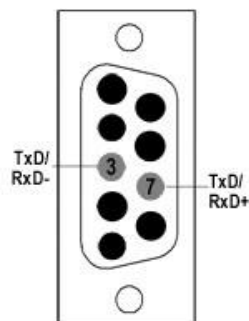


Figura 152: Conector RS485 Half Duplex

Configuración de la comunicación.- Después de conectar la red con la conexión serie RS232-RS4845 crear una interfaz de comunicación serie modbus de prueba.

Paso 1. Configurar los parámetros de enlace de serie, en el driver Altivar 31, que se puede acceder desde el menú de Comunicación COM en su panel de control.

Se debe tener en cuenta la dirección por defecto, la velocidad, y el formato de datos (bit de datos, paridad, bit de paro) por defecto tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Parameters	Possible values	Terminal display	Default value
Address <input type="text" value="Add"/>	1 to 247	001 to 247	1
Speed <input type="text" value="tbr"/>	4800 bps 9600 bps 19200 bps (1)	4.8 9.6 19.2	19200 bps
Format <input type="text" value="tFO"/>	8 data bits, odd parity, 1 stop bit 8 data bits, even parity, 1 stop bit (1) 8 data bits, no parity, 1 stop bit 8 data bits, no parity, 2 stop bits	8O1 8E1 8n1 8n2	8E1

Tabla 8: Parámetros de comunicación modbus del driver Altivar 31

Paso 2. Crear una red Modbus serie en el programa Labview.

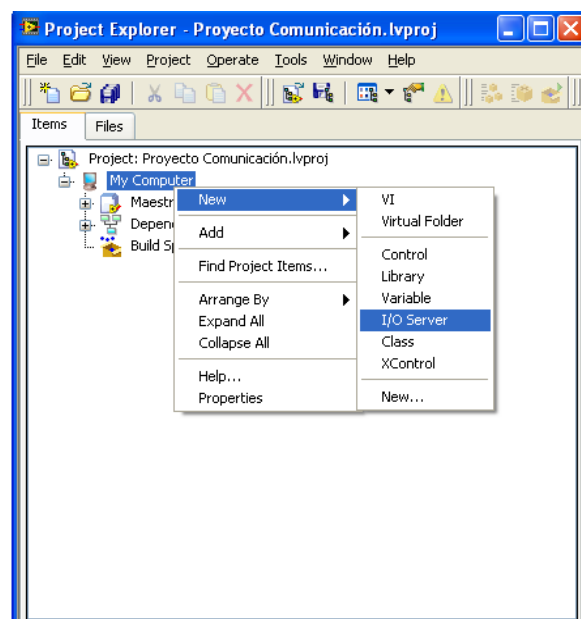


Figura 153: Insertar dispositivo I/O server en Labview

Se inserta la configuración de los parámetros de comunicación del variador.

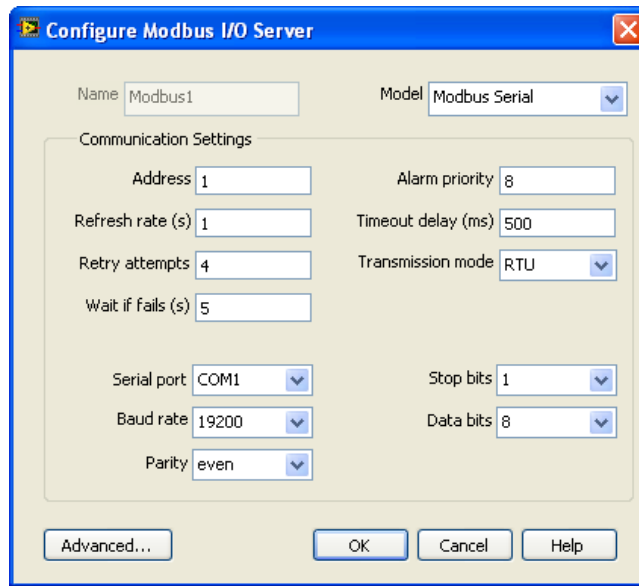


Figura 154: Configuración de los parámetros de comunicación modbus del driver

Paso 3: Crear variables para comunicar con el variador.

Primero hay que tener en cuenta la dirección modbus que se asigna a cada variable, en la comunicación, que posee el variador. Entre otras, las que más nos interesan son:

Nombre	Código	Dirección Modbus (dec)	Read/Write
Drivecom control Word	CMDD	8601	Write
Speed referente	LFRD	8602	Write
Drivecom status Word	ETAD	8603	Read
Output Speedy	RFRD	8604	Read

Tabla 9: Variables para probar la comunicación

A continuación se crean estas variables en nuestro árbol de proyecto.

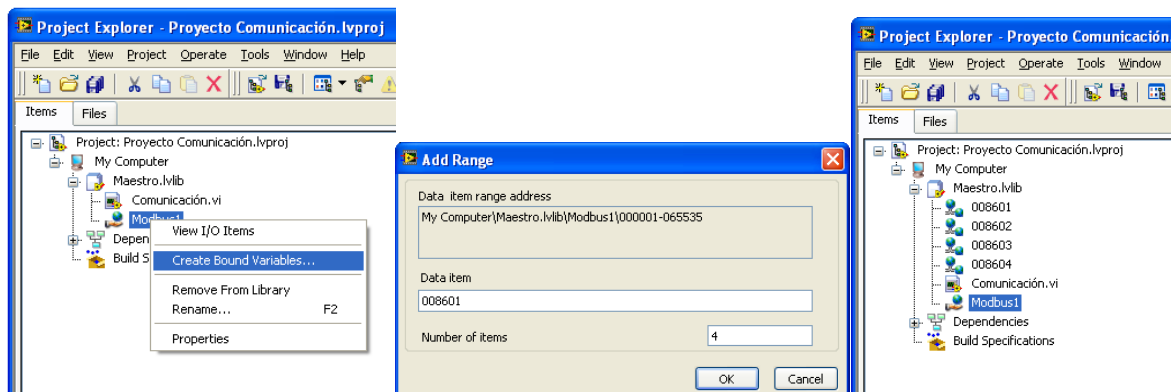


Figura 155: Creación de las variables de comunicación modbus en labview

Por último abrimos la aplicación “Distributed System Manager” para comprobar la comunicación y ver las variables que se están monitorizando.

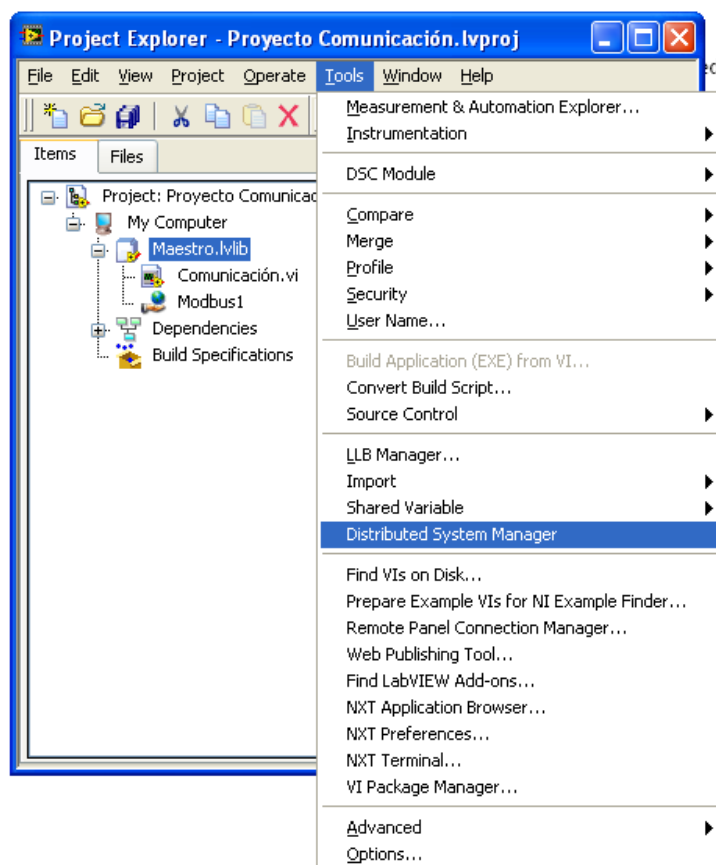


Figura 156: Distributed System Manager

Una vez comprobada la comunicación se procedería a realizar la red Modbus TCP/IP que no se contempla en este trabajo.

7. LINEAS FUTURAS

7.1. Control servoaccionamientos.

Propuesta: Con el programa de control de posición por interfaz de impulsos (PTO) creada en este trabajo se pide encontrar una solución para llevar esta señal al servoaccionamiento, ya sea a través de un convertidor o adaptador puesto que se realizó pruebas conectando directamente a la salida pulsada al servoaccionamiento y no dio el resultado que se esperaba.

Control servomotor por referencia en frecuencia.

Otra forma de controlar la velocidad del servomotor sería aplicando un señal de referencia de pulsos como la que hemos creado en este trabajo con el autómata S7-1200.

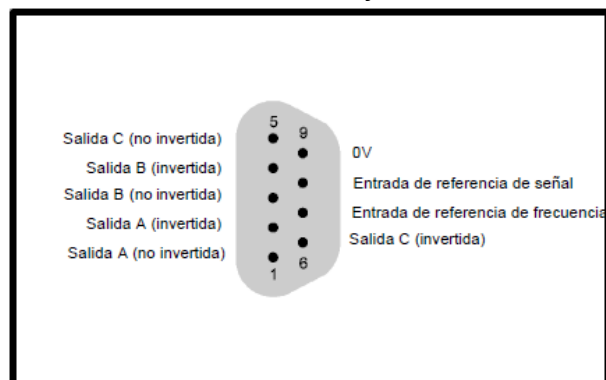


Figura 157: Conector serie C del servo Digitax

La velocidad y el sentido del motor se controlan mediante la aplicación de una referencia de impulsos al terminal C7 y una señal de dirección al terminal C8 del conector CON_C del servoaccionamiento. La velocidad del motor se controla directamente con la frecuencia de la señal de referencia de impulsos.

La configuración de este puerto serie es el siguiente:

Patilla	Función	Tipo	Descripción
C1	A	sal.	Canal A del codificador simulado, salida no invertida.
C2	\bar{A}	sal.	Canal A del codificador simulado, salida invertida
C3	B	sal.	Canal B del codificador simulado, salida no invertida
C4	\bar{B}	sal.	Canal B del codificador simulado, salida invertida
C5	C	sal.	Canal C del codificador simulado, salida no invertida
C6	\bar{C}	sal.	Canal C del codificador simulado, salida invertida
C7	Entrada de referencia de frecuencia	ent.	Cuando los parámetros b14 = 0 y b17 = 0, la frecuencia de la señal aplicada a esta entrada controla la velocidad del motor. El escalado es el siguiente: 409,6 kHz = 3000 rpm si Pr99 ≤ 3000 6000 rpm si Pr99 > 3000
C8	Entrada de referencia de señal	ent.	Se utiliza junto con el terminal C7 para indicar el sentido de rotación adecuado del motor (consulte el parámetro b15)
C9	0V		

Tabla 10: Configuración del puerto C del servo Digitax

Con una impedancia de entrada: 1.5KW

El funcionamiento fiable a 409,6 kHz se produce cuando la altura en escalón del tren de impulso de entrada de frecuencia es 15 V.

Realizar los siguientes ajustes para el control de referencia de frecuencia:

- Ajuste **b14** en 0.
- Ajuste **b15** en 0.
- Ajuste **b17** en 0.

Los impulsos que llegan al terminal C7 se multiplican por el factor de escalado ajustado en **Pr70** y se calculan mediante el buffer. La señal presente en el terminal C8 determina si el cálculo del buffer es ascendente (valor positivo) o descendente (valor negativo). Conforme cada impulso entra en el buffer, el accionamiento arranca inmediata y gradualmente el motor en el sentido adecuado e intenta mantener el valor neto a cero.

Este modo de funcionamiento permite controlar directamente el accionamiento mediante un controlador gradual. En este caso, las rampas deben controlarse mediante el controlador gradual. Las rampas de aceleración y deceleración del accionamiento deben estar desactivadas (parámetro **b7** ajustado en 0).

7.2. Supervisión servoaccionamiento a través de red modbus.

Propuesta: Supervisión del servoaccionamiento Digitax.

Como pudimos observar el servoaccionamiento Digitax posee una entrada serie RS485 para comunicación Modbus serie. Como propuesta se podría crear una red de comunicación entre el servo y el ordenador mediante **Modbus serie**, al igual que se hizo con el driver Altivar 31, para después enviar estos datos del servomotor al autómatas (velocidad, posición) a través de una conexión **Modbus/TCP** y poder supervisarlos desde una HMI.

Como alternativa a la comunicación Modbus serie, se podría crear un programa en labview que abriera el protocolo sin necesidad de utilizar el asistente.

Una posible configuración sería la siguiente:

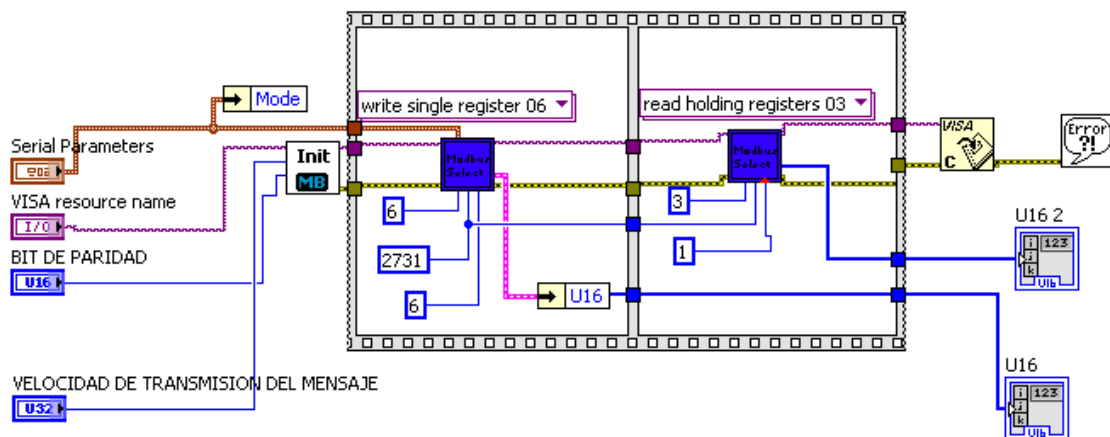


Figura 158: Posible configuración para abrir una comunicación modbus

Donde se ingresarían los parámetros del variador a un bloque que abre el protocolo modbus y haciendo uso de las funciones y registros en las que organiza modbus se podría obtener la comunicación.

Datos básicos de Modbus	
Discrete Inputs	por ejemplo entradas digitales
Coils (Outputs)	por ejemplo salidas digitales
Input Registers (Input Data)	por ejemplo entradas analógicas
Holding Registers (Output Data)	por ejemplo salidas analógicas

Tabla 11: Registros básicos en comunicación modbus

7.3. Creación de una estación de Telecontrol.

Se propone utilizar el módulo GPRS en modo "Telecontrol" esta función permite que la estación GPRS intercambie datos con un servidor de telecontrol. El servidor de telecontrol es un PC conectado a internet con la aplicación Telecontrol Server Basic.

Modos de comunicación.

El PC puede configurarse en los siguientes modos de comunicación:

- Modo de conexión "Permanente".- Este modo permite una conexión TCP permanente con el servidor de telecontrol incluso aunque no se transfieran datos continuamente.
- Modo de conexión "Temporal".- Sólo se establece una conexión con el servidor de telecontrol cuando se necesite. Una vez establecida la conexión TCP, el envío de datos se produce en cuanto las instrucciones de telecontrol son invocadas en el programa del PLC.

Requisitos hardware.

La estación de telecontrol consta de:

1. Ordenador principal.
2. Componentes software de Telecontrol Server Basic.
3. Conexión a internet mediante un router ADSL.
4. Win CC flexible, en cuyo caso el asistente para creación de HMI's de TIA portal

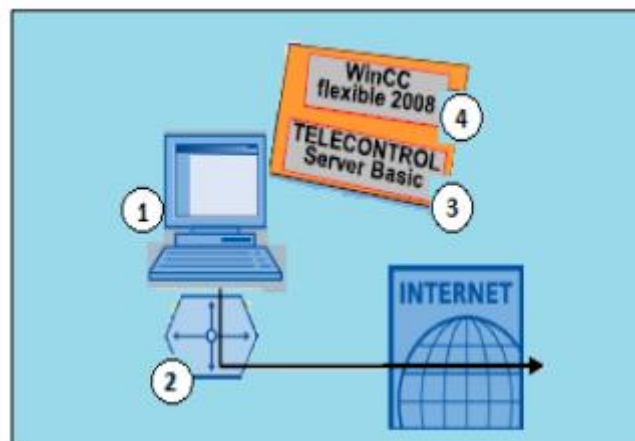


Figura 159: Partes de una comunicación de Telecontrol

Información necesaria.

- Dirección del servidor de Telecontrol.- Dirección IP o a su vez nombre del servidor de telecontrol, que puede resolverse mediante DNS y número de puerto.
- Dirección del servidor DNS.- Si no se introduce ninguna dirección DNS, se obtendrá la dirección del servidor DNS automáticamente del operador de red.

Servidor de telecontrol.

El software Telecontrol Server Basic (TCSB) permite establecer la conexión entre el PLC s7-1200 con una interfaz OPC a través del estándar de telefonía móvil GSM/GPRS. Esta técnica permite desarrollar diversas soluciones de telecontrol en distintos sectores y aplicaciones. El software TCSB se instala en un PC conectado a la red de telecontrol. El PC que está instalado el software TCSB se denomina "Servidor de telecontrol".

Principales componentes de TCSB.

- Telecontrol Manager.- Gestiona las conexiones con interlocutores. ES la central de comunicación de todos los componentes software del PC y del proceso. Controla los telegramas entre las direcciones origen y destino.
- Base de datos.- Almacena os datos del sistema. Los datos se pueden configurar tanto offline como online.
- Servidor OPC.- El servidor integrado en TCSB proporciona los datos de las estaciones conectadas vía GPRS a un cliente OPC conectado.
- Configuration and monitoring tool (CMT).- Es la interfaz de programación, configura el sistema y las conexiones con el sistema, vigila dicas conexiones.

8. PRESUPUESTO

8.1. Gastos materiales.

DESCRIPCIÓN	Serie	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Dispositivos simatic				
Autómata simatic	S7-1212C DC/DC/DC	2	284,96	569,92
Pantalla táctil simatic	KTP 600 PN	2	741,00	1482,00
Switch simatic	CSM1227	2	112,46	224,92
Fuente de alimentación simatic	PM1207	2	71,28	142,56
Módulo GPRS simatic	CP1242-7	1	462,91	462,91
Dispositivos de microchip				
Tarjeta PICDEM Mecathronic	DM163029	1	120,00	120,00
Interfaz MPLAB + software	ICD3.	1	220,00	220,00
Dispositivos de potencia				
Interruptor magnetotérmico	IC60N 10A 3P SCHNEIDER	1	26,72	26,72
Driver	atv31h075n4	1	169,00	169,00
Servoaccionamiento Digitax	DB140	1	2610,40	2610,40
Servomotor Dutymax DS	95DSC301H	1	654,43	654,43
Elementos electrónicos				
Convertor RS232 to RS485		1	63,59	63,59
Circuito regulador de tensión	LM317	1	1,43	1,43
Circuito amplificador	LM741	1	0,63	0,63
Resistencias		8	0,15	1,20
Cables	1m x 2mm	1	2,30	2,30
Protoboard	201x64x18,2 mm	1	23,83	23,83
Equipos de medida				
Osciloscopio agilent	DSOX 2002A	1	12010,00	12010,00
Fuente de tensión continua		1	70,00	70,00
Polímetro		1	24,50	24,50
Software				
TIA portal	V11	1	487,80	487,80
Labview	V10	1	1551,00	1551,00
TOTAL				21.159,14 €

8.2. Gastos mano de obra.

Puesto	Trabajadores	Horas	Salario	Importe
Ingeniero técnico especialidad Electricidad y Electrónica	1	200	20	4.000,00 €

8.3. Presupuesto total.

Importe de gastos de material	21159,14
Importe de gastos de mano de obra	4000
Importe total antes de impuestos	25159,14
Importe total con impuestos (21%IVA)	30.190,97 €

El coste total del proyecto asciende a la cantidad de TREINTA MIL CIENTO NOVENTA euros y NOVENTA Y SIETE céntimos de euro.

9. ANEXOS

Anexo I. Tipo de datos que soporta el S7-1200

Tipo de datos	Tamaño (bits)	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Bool	1	0 a 1	TRUE, FALSE, 0, 1
Byte	8	16#00 a 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 a 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 a 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 a 16#FF	'A', 't', '@'
Sint	8	128 a 127	123, -123
Int	16	32.768 a 32,767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 a 255	123
UInt	16	0 a 65.535	123
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1,18 x 10 ⁻³⁸ a +/-3,40 x 10 ³⁸	123,456, -3,4, -1,2E+12, 3,4E-3
LReal	64	+/-2,23 x 10 ⁻³⁰⁸ a +/-1,79 x 10 ³⁰⁸	12345.123456789 -1,2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms to T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms to +2,147,483,647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 a 254 caracteres en tamaño de byte	'ABC'
DTL ¹	12 bytes	Mínima: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Máxima: DTL#2554-12-31-23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250

Anexo II. Parámetros de los contadores rápidos del S7-1200.

Modos y asignación de entradas de los contadores.

Descripción		Asignación de entradas predeterminada			Función	
HSC	HSC1	Integrado o Signal Board o supervisión PTO 0 ¹	I0.0 I4.0 PTO 0 Impulso	I0.1 I4.1 PTO 0 Sentido	I0.3 I4.3 -	
	HSC2	Integrado o Signal Board o supervisión PTO 1 ¹	I0.2 I4.2 PTO 1 Impulso	I0.3 I4.3 PTO 1 Sentido	I0.1 I4.1 -	
	HSC3 ²	Integrado	I0.4	I0.5	I0.7	
	HSC4 ³	Integrado	I0.6	I0.7	I0.5	
	HSC5 ⁴	Integrado o Signal Board	I1.0 I4.0	I1.1 I4.1	I1.2 I4.3	
	HSC6 ⁴	Integrado o Signal Board	I1.3 I4.2	I1.4 I4.3	I1.5 I4.1	
Modo	Contador de fase simple con control interno del sentido de contaje		Reloj	-	- Reset	Contaje o frecuencia Contaje
	Contador de fase simple con control externo del sentido de contaje		Reloj	Sentido	- Reset	Contaje o frecuencia Contaje
	Contador de dos fases con 2 entradas de reloj		Reloj adelante	Reloj atrás	- Reset	Contaje o frecuencia Contaje
	Contador en cuadratura (fases A/B)		Fase A	Fase B	- Fase Z	Contaje o frecuencia Contaje
	Supervisión de trenes de impulsos (PTO) ¹		Reloj	Sentido	-	Contaje

Acceso al valor actual de los HSC.

Contador rápido	Tipo de datos	Dirección predeterminada
HSC1	DInt	ID1000
HSC2	DInt	ID1004
HSC3	DInt	ID1008
HSC4	DInt	ID1012
HSC5	DInt	ID1016
HSC6	DInt	ID1020

Parámetros del contador.

Parámetro	Tipo de datos	Descripción
HSC	HW_HSC	Identificador del HSC
DIR	BOOL	1 = solicitar nuevo sentido de contaje
CV	BOOL	1 = solicitar activación del nuevo valor del contador
RV	BOOL	1 = solicitar activación del nuevo valor de referencia
PERIOD	BOOL	1 = solicitar activación del nuevo periodo (sólo para el modo de medición de frecuencia)
NEW_DIR	INT	Nuevo sentido: 1= hacia delante, -1= hacia atrás
NEW_CV	DINT	Nuevo valor del contador
NEW_RV	DINT	Nuevo valor de referencia
NEW_PERIOD	INT	Nuevo periodo en segundos: 0,01, 0,1 ó 1 (sólo para el modo de medición de frecuencia)
BUSY	BOOL	Función ocupada
STATUS	WORD	Código de condición de ejecución

Anexo III. Asignación de salidas de los generadores de impulso.

Descripción	Asignación de salidas predeterminada	Impulso	Sentido
PTO 1	Integrada en la CPU	Q0.0	Q0.1
	Signal Board	Q4.0	Q4.1
PWM 1	Integrada en la CPU	Q0.0	--
	Signal Board	Q4.0	--
PTO 2	Integrada en la CPU	Q0.2	Q0.3
	Signal Board	Q4.2	Q4.3
PWM 2	Integrada en la CPU	Q0.2	--
	Signal Board	Q4.2	--

Anexo IV. Parámetros de la instrucción MC_POWER

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Valor por defecto	Descripción	
Axis	INPUT	TO_Axis_1	-	Objeto tecnológico del eje	
Enable	INPUT	BOOL	FALSE	TRUE	Motion Control intenta habilitar el eje.
				FALSE	Todas las peticiones en curso se cancelan conforme al "StopMode" y el eje se para.
StopMode	INPUT	INT	0	0	Parada de emergencia Si existe una demanda de bloqueo del eje, éste frena con la deceleración de parada de emergencia configurada. Cuando el eje se para, se bloquea.
				1	Desconexión inmediata Si existe una demanda de bloqueo del eje, ésta se bloquea sin deceleración. La salida de impulsos se detiene inmediatamente.
				2	Parada de emergencia con limitación de tirones Si existe una demanda de bloqueo del eje, éste frena con la deceleración de parada de emergencia configurada. Si la limitación de tirones está activada, se tiene en cuenta el tirón configurado. Cuando el eje se para, se bloquea.
Status	OUTPUT	BOOL	FALSE	Estado de la habilitación del eje	
				FALSE	El eje está bloqueado El eje no ejecuta ninguna petición de Motion Control y no acepta nuevas peticiones (excepción: petición MC_Reset). El eje no está referenciado. Al bloquear, el estado cambia a FALSE en cuanto el eje se para.
				TRUE	El eje está habilitado El eje está habilitado y listo para ejecutar peticiones de Motion Control. Al habilitar el eje, el estado cambia a TRUE en cuanto se produce la señal "Accionamiento listo". Si no se ha configurado la señal del accionamiento "Accionamiento listo" en la configuración del eje, el estado cambia inmediatamente a TRUE.
Busy	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE	MC-Power está activo
Error	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE	En la instrucción de Motion Control "MC_Power" o el objeto tecnológico correspondiente se ha producido un error. La causa del error se puede consultar en los parámetros "ErrorID" y "ErrorInfo".
ErrorID	OUTPUT	WORD	16#0000	Identificador de error (Página 123) del parámetro "Error"	
ErrorInfo	OUTPUT	WORD	16#0000	Identificador de información de error (Página 123) del parámetro "ErrorID"	

Anexo V. Parámetros de la instrucción MC_Move Relative

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Valor por defecto	Descripción
Axis	INPUT	TO_Axis_1	-	Objeto tecnológico del eje
Execute	INPUT	BOOL	FALSE	Inicio de la petición con flanco ascendente
Distance	INPUT	REAL	0.0	Trayecto de posicionamiento Límites: $-1.0e^{12} \leq \text{Distance} \leq 1.0e^{12}$
Velocity	INPUT	REAL	10.0	Velocidad del eje No siempre se alcanza esta velocidad, dependiendo de la aceleración y deceleración configuradas y del trayecto fijado. Límites: Velocidad de arranque/parada \leq Velocity \leq velocidad máxima
Done	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE Posición de destino alcanzada
Busy	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE Petición en proceso
CommandAborted	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE La petición ha sido cancelada por otra durante su procesamiento.
Error	OUTPUT	BOOL	FALSE	TRUE Ha ocurrido un error al ejecutar la petición. La causa del error se puede consultar en los parámetros "ErrorID" y "ErrorInfo".
ErrorID	OUTPUT	WORD	16#0000	Identificador de error (Página 123) del parámetro "Error"
ErrorInfo	OUTPUT	WORD	16#0000	Identificador de información de error (Página 123) del parámetro "ErrorID"

Anexo VI. Parámetros de la instrucción TC_CON.

Parameter	Declaration	Data type	Possible values	Description
REQ	INPUT	BOOL	0, 1	The instruction is started and the status codes initialized on a rising edge. Updating of the DONE, ERROR and STATUS status codes when there is a positive edge.
ID	INPUT	CONN_OUC	1...07FF _h	Reference to the relevant connection. The ID is assigned. The value of ID is also required by the system data type (SDT) of the CONNECT parameter.
InterfaceID	INPUT	HW_ANY		Reference to the interface of the local CP 1242-7 (see STEP 7 > CP configuration > Telecontrol interface > "Hardware identifier")
CONNECT	INOUT	VARIANT	See also "TCON_...: SDTs for telecontrol connection establishment"	Reference to a data block for connection establishment. The SDTs of the type TCON_ip_rfc, TCON_IP_V4, TCON_phone or TCON_WDC specify the structure of the data block suitable for the relevant connection. In the SDTs, note the parameter "ActiveEstablished" (active / passive connection establishment).
ENO	OUTPUT	BOOL	0: Error 1: Error-free	Enable output If there is a runtime error with the instruction, ENO = 0 is set.
BUSY	OUTPUT	BOOL	0: Execution of the instruction not started, completed or aborted 1: The instruction is executing	Display of the processing status of the instruction
DONE	OUTPUT	BOOL	0: - 1: The instruction executed successfully	This parameter indicates whether or not the job was completed without errors. For the meaning in conjunction with the parameters ERROR and STATUS, refer to Codes of the instruction.
ERROR	OUTPUT	BOOL	0: - 1: Error	Error code For the meaning in conjunction with the parameters DONE and STATUS, refer to Codes of the instruction.
STATUS	OUTPUT	WORD		Status code For the meaning in conjunction with the parameters DONE and ERROR, refer to Codes of the instruction.

Anexo VII. Estructura de la base de datos CONNECT.

Byte	Parameter	Data type	Value	Description
0 and 1	BLOCK_LENGTH	UINT	64	Length: 64 bytes (fixed)
2 and 3	ID	CONN_OUC	1	Reference to this connection Range of values: 0 to 4095 Note You must specify the value of this parameter at the "ID" input of the TSEND_C and TRCV_C instructions.
4	CONNECTION_TYPE	USINT	18	Connection type 17: TCP 18: ISO-on-TCP 19: UDP Note In this example, communication is over an ISO-on-TCP connection.
5	ACTIVE_EST	BOOL	TRUE	ID for the type of connection setup. The following holds for ISO-on-TCP and TCP: <ul style="list-style-type: none"> FALSE: passive connection setup TRUE: active connection setup FALSE is always valid for UDP, because data can be sent or received by means of the local ID.

Byte	Parameter	Data type	Value	Description
6	LOCAL_DEVICE_ID	USINT	1	ID for the local PN/IE-interface 1: PN/IE interface of the S7-1200 CPU Note Additional information about the LOCAL_DEVICE_ID parameter is available in Entry ID: 51339682
7	LOCAL_TSAP_ID_LEN	USINT	5	Length of the LOCAL_TSAP_ID parameter used in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 2 to 16 if connection type = 18 (ISO-on-TCP) 0 to 2 if connection type = 17 (TCP) 2 if connection type = 19 (UDP)
8	REM_SUBNET_ID_LEN	USINT	0	Parameter is not used.
9	REM_STADDR_LEN	USINT	4	Length of the address of the partner end point in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 4: Valid IP address in the REM_STADDR parameter (only ISO-on-TCP and TCP) 0: Unspecified, which means that the REM_STADDR parameter is irrelevant
10	REM_TSAP_ID_LEN	USINT	5	Length of the REM_TSAP_ID parameter used in bytes: <ul style="list-style-type: none"> 2 to 16 if connection type = 18 (ISO-on-TCP) 0 to 2 if connection type = 17 (TCP) 2 if connection type = 19 (UDP)
11	NEXT_STADDR_LEN	USINT	0	Parameter is not used.

Byte	Parameter	Data type	Value	Description
12 to 27	LOCAL_TSAP_ID	ARRAY [1..16] of BYTE	B#16#49 B#16#53 B#16#4F B#16#2D B#16#31 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0	Local address component of the connection
28 to 33	REM_SUBNET_ID	ARRAY [1..6] of USINT	-	Parameter is not used.
34 to 39	REM_STADDR	ARRAY [1..6] of USINT	REM_STADDR[1] = 172 REM_STADDR[2] = 16 REM_STADDR[3] = 43 REM_STADDR[4] = 30 REM_STADDR[5] = irrelevant REM_STADDR[6] = irrelevant	Only ISO-on-TCP and TCP IP- address of the partner end point, 172.16.43.30, for example
40 to 55	REM_TSAP_ID	ARRAY [1..16] of BYTE	B#16#49 B#16#53 B#16#4F B#16#2D B#16#31 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0 B#16#0	Partner address component of the connection
56 to 61	NEXT_STADDR	ARRAY [1..6] of BYTE	-	Parameter is not used.
62 to 63	SPARE	WORD	W#16#0000	Reserved

10. BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas

La bibliografía necesaria para este trabajo han sido varios manuales sobre la programación de dispositivos simatic en TIA portal:

- TIA portal S7 1200 Getting Started. Manual con ejemplos básicos de programación
- S7 1200 Motion Control. Manual que explica las instrucciones de control de movimiento del autómeta.
- S7-1200 Easy Book. Contiene la información técnica de la CPU además de las importantes instrucciones de programación para poner en funcionamiento el PLC.

Enlaces web:

[1] <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/45605894>

[2] <http://www.ia.net.ve/automatizacion.htm>

[3] http://www.automation.siemens.com/simatic/portal/html_00/techdoku.htm

[4] <http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/38391227>