



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**RETROFITTING SISTEMA MANIPULADOR ELECTRO-NEUMATICO
SERVOCONTROLADO CLASIFICADOR DE PIEZAS POR PESO
MEDIANTE PLC S7- 1500**

Autor: D. Mario Blázquez Gutiérrez

Tutor: D. Alfonso Valentín Poncela Méndez

Valladolid, Julio, 2017



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**RETROFITTING SISTEMA MANIPULADOR ELECTRO-NEUMATICO
SERVOCONTROLADO CLASIFICADOR DE PIEZAS POR PESO
MEDIANTE PLC S7- 1500**

Autor: D. Mario Blázquez Gutiérrez

Tutor: D. Alfonso Valentín Poncela Méndez

Valladolid, Julio, 2017

RESUMEN

En el presente proyecto, se tratara la rehabilitación y sustitución de los sistemas eléctricos, electrónicos y control del sistema para el control de la calidad en la separación de piezas en función del peso situada en el laboratorio del departamento de Ingeniería de sistemas y automática de la EII UVa de la sede Paseo del Cauce.

Entre las mejoras se plantea la sustitución del cuadro eléctrico, se remplazará el autómeta de la serie S5 de SIEMENS por uno de última generación, como es el S7-1512c del mismo fabricante, se sustituirá el variador y motor empleados hasta la fecha por un variador S110 y un motor Simotic 3 de la casa SIEMENS, se actualizarán los sistemas auxiliares necesarios para la puesta en marcha del sistema en cuestión, y por último, se reprogramará toda la maniobra manual y automática.

ABSTRACT

In the present project, we will be dealing with the modernization and replacement of the control and control systems of the model for the quality control in the separation of pieces according to the weight located in the laboratory 150L of the headquarters Paseo del Cauce.

Among the improvements is the replacement of the electrical panel, the replacement of the S5 series automation by SIEMENS with a new generation, such as S7-1512c by the same manufacturer, the inverter and motor used to date will be replaced by an inverter S110 and a Simotic 3 engine from SIEMENS, and finally, the updating of the auxiliary systems necessary for the commissioning of the system in question.

KEYWORDS

PLC	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable).
PN	Profinet.
PB	Profibus.
HMI	Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina).
HW	Hardware
E/S	Entradas / Salidas

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento al Profesor Dr. Ingeniero Industrial D. Alfonso Poncela Méndez, director del presente trabajo fin de master, por la gran aportación de conocimientos y oportunidades de aplicación de los mismos durante el periodo de realización del proyecto.

Así mismo, dicho agradecimiento se debe hacer extensivo al profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, D. Jesús Aguado, por su ayuda en la puesta en marcha de la guía.

Finalmente, pero no menos importante, desearía agradecer el ánimo y calor que a lo largo de mucho tiempo he encontrado en Sandra.

Para mis padres y mi hermano, me gustaría que sirviera este proyecto como agradecimiento a una gran cantidad de años de ayuda, cariño y comprensión que me han dedicado, no teniendo palabras para expresar lo importantes que han sido su apoyo y sus consejos para mí.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Descripción del sistema actual	1
1.2.	Hardware original	1
1.3.	Elementos adicionales	4
CAPITULO 2	OBJETIVO DEL PROYECTO	13
CAPITULO 3	SISTEMA PROPUESTO	15
3.1.	Motivaciones del retrofitting	15
3.2.	Hardware seleccionado	17
3.2.1.	Servomotor Simotics S-1FK7	17
3.2.2.	Variador Sinamics S110	18
3.2.3.	Autómata S7-1512c	20
3.2.4.	Pequeño material	21
3.3.	Esquemas eléctricos	21
3.4.	Armario de control	23
3.5.	Configuración del variador	36
3.5.1.	Parametrización del variador S110	36
3.5.2.	Comunicación de sinamics y simatic S7-1500	50
3.5	Programación del sistema	57
3.6	Manual de puesta en marcha de sistema (del técnico de Mto.)	63
3.7	Guía de usuario (del Alumno)	64
CAPITULO 4	ESTUDIO ECONÓMICO	66
7.2.	Costes directos	66
7.2.1.	Cálculo de las horas efectivas de trabajo	66
7.2.3.	Coste de personal	67
7.2.4.	Costes de materiales directos	67
7.2.2.	Materiales de oficina	68
7.2.5.	Total de los costes directos	68
7.3.	Costes indirectos	69
7.4.	Coste total del proyecto	69
CAPITULO 5	CONCLUSIONES	71
5.1.	Conclusiones del Proyecto	71
CAPITULO 6	LÍNEAS FUTURAS	73
CAPITULO 7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO I		77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consola de programación y HMI.	2
Figura 2: Vista de PLC original.	3
Figura 3: Conmutador y protector.	4
Figura 4: Compresor de aire.	5
Figura 5: Unidad de regulación y control de aire.	6
Figura 6: Electroválvulas para los accionamientos.	7
Figura 7: Electroválvulas para los accionamientos.	7
Figura 8: Botonera.	8
Figura 9: Detector fotoeléctrico.	9
Figura 10: Apertura y cierre de Pinza.	9
Figura 11: Giro de derecha e izquierda.	10
Figura 12: Bajada y subida de actuador.	10
Figura 13: Salida / recogida de cilindro.	10
Figura 14: Detector inductivo de presencia y cilindro de alimentación.	11
Figura 15: Iz CPU s5 103, dcha CPU S7 1512C.	16
<i>Figura 16: Panel de montaje.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 17: Panel con canaleta porta cables.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 18: Montaje del variador en placa.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 19: Montaje de PLC s7-1512.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 20: montaje de fuente de alimentación auxiliar.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 21: Montaje de carril DIN.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 22: Montaje equipos de protección y mando.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 23: Montaje de relés.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 24: Montaje de bornero.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 25: Seccionador general.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 26: Conexionado de cable profinet.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 27: Cableado interruptor general.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 28: Cableado elementos de protección.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 29: Iz. PLC, dcha. auxiliar E/S digitales.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 30: Barras de 0V y 24V.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 31: Bornes de entrada.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 32: Cableado de Relés.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 33: Bornes de salida.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 34: Panel taladrado.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 35: Parte frontal de la puerta.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 36: Parte posterior de la puerta.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 37: Cableado de la puerta.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 38: Vista exterior de cuadro colgado.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 39: vista interior del cuadro finalizado y colgado.</i>	<i>35</i>
Figura 40: Esquema de comunicación.	36
Figura 41: Crear nuevo proyecto en Starter Engineering tool.	37
Figura 42: Configuración de la interfaz PG/PC.	37
Figura 43: Establecer nodos accesibles.	38
Figura 44: Asignar IP y Mascara.	38
Figura 45: Asignar IP en Starter.	39
Figura 46: Selección nodos accesible.	39

Figura 47: Establecer parámetros de fábrica.....	40
Figura 48: Cargar de CPU.....	40
Figura 49: Configuración del dispositivo.....	41
Figura 50: Configuración del posicionamiento y Control de la velocidad.....	41
Figura 51: Selección del módulo de potencia.....	42
Figura 52: Selección del motor.....	42
Figura 53: Selección de la retención mediante freno.....	43
Figura 54: Selección de encoder.....	43
Figura 55: Selección sistema de medición.....	44
Figura 56: Figar la relación de engranajes.....	44
Figura 57: Selección de telegrama.....	45
Figura 58: Finalización de configuración.....	45
Figura 59: Selección de objeto y telegrama.....	46
Figura 60: Menú Precontrol.....	46
Figura 61: Descarga de la configuración.....	47
Figura 62: Cesión del control.....	47
Figura 63: Optimización del control de velocidad.....	48
Figura 64: Rampas de aceleración y deceleración.....	48
Figura 65: Panel de control.....	49
Figura 66: Ajuste manual del lazo de control.....	49
Figura 67: Ajuste de la velocidad.....	50
Figura 68: Ajuste del referenciado.....	50
Figura 69: Mapa de comunicaciones.....	51
Figura 70: Nuevo proyecto en TIA Portal.....	51
Figura 71: Asignación de IP y mascara.....	52
Figura 72: colocar y asignar equipo S110.....	52
Figura 73: Insertar dispositivo.....	53
Figura 74: Selección de telegramas.....	53
Figura 75: Ajuste del tiempo de ciclo.....	54
Figura 76: Insertar bloque de función de librería.....	55
Figura 77: Selección de telegramas.....	55
<i>Figura 78: Ajuste de la comunicación de la Interface de FB.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 79: Obtención del valor correcto de HW_id.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 80: Cargar la configuración al PLC.....</i>	<i>57</i>
Figura 81: Segmento Apertura/ cierre pinza.....	58
Figura 82: PC Segmento Apertura/ cierre alimentador.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Señales de control de actuadores neumáticos. 58
Tabla 2: Señales de entrada analógicas. 60
Tabla 3: Señales de entrada digitales. 61
Tabla 4: Señales de salidas digitales. 62

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Para este proyecto se han desarrollado dos modos de funcionamiento que serán modo automático y manual.

Para el modo automático la maniobra está pensada de tal modo que se recojan piezas de la parte de alimentación, se lleven al puesto de pesada para realizar un pesado, y en función de la lectura del acondicionador, clasificarlas depositándolas en una cota u otra de la bandeja.

Comenzando por la alimentación de la pieza, se puede detectar a partir del sensor colocado a tal fin si hay o no presencia de pieza en el alimentador. En caso negativo, se debe realizar una operación de alimentación de pieza. Una vez detectada la pieza, se deberá dar la orden oportuna al módulo de control de ejes para que desplace la mesa hasta la cota del alimentador, y una vez alcanzada ésta, capturar la pieza cerrando la pinza.

Posteriormente, se desplazará la pieza hasta la cota correspondiente a la báscula, donde se depositará. Es aconsejable incluir un temporizador a efecto de dejar que la lectura realizada del peso de la pieza se estabilice. Una vez realizada dicha lectura, se recogerá la pieza y se enviará a la cota correspondiente a su peso, depositándola sobre la bandeja.

Este ciclo aquí descrito se debe repetir tantas veces como piezas haya en la bandeja alimentadora.

Se debe remarcar que el ciclo no se encuentra optimizado en cuanto a la rapidez del mismo y solapamiento de las operaciones. Esto es así por el eminente carácter didáctico que se pretende conferir al sistema. En el caso industrializar el sistema, se deberá llevar a cabo un estudio de tiempos, para detectar los tiempos muertos existentes con vistas a su minimización.

En el caso del modo manual, mediante los pulsadores que se encuentran en el frontal del armario se permitirán cualquier movimiento del manipulador.

1.2. HARDWARE ORIGINAL

A continuación, se realizará un estudio de las instalaciones con las que se contaba antes de la rehabilitación del sistema en cuestión. Se analizarán los componentes que forman y constituyen este sistema.

La consola de programación estaba constituida por un PC 486 conectado a un autómatas programable PLC S5 AG103U de la marca Siemens. La comunicación entre ambos equipos se llevaba a cabo a través del puerto serie (*Figura 1*).

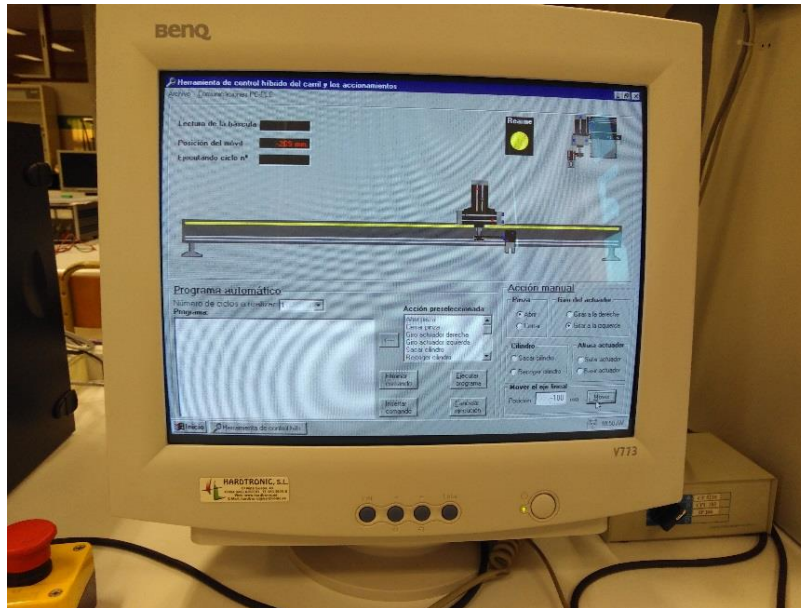


Figura 1: Consola de programación y HMI.

El PC fue equipado con un software "Step 5", a través del cual se realizaba la programación del PLC S5 AG103U, y licencia HW conectada al puerto paralelo del PC.

Se contaba con un autómata programable SIEMENS SIMATIC S5, CPU103, que a través de los circuitos eléctricos intermedios de acondicionamiento de señal, controlaba todo el conjunto. Dicho PLC estaba provisto de dos fuentes de alimentación 220Vca/24Vdc, de 10 y 2 A respectivamente. También incluía un módulo de posicionamiento IP266, que recibía la señal del encoder incremental del servomotor, y en función de su valor y del programa de control genera la señal de consigna hacia el variador. El control del manipulador electro-neumático se llevaba a cabo atacando a las electroválvulas a través de los correspondientes módulos digitales de salida de 24 Vdc 0.5 A y relés auxiliares de protección, obteniéndose la señal de los detectores de posición mediante módulos de entrada digital 24 Vdc. La lectura de la señal procedía del puesto de pesada que se llevaba a cabo a través de un módulo de entrada Analógico configurable.

Si listamos lo expuesto anteriorme, el PLC utilizado para el control de los elementos constituyentes del sistema estaba compuesto por los siguientes equipos (*Figura 2*):

- Fuente de alimentación (PSU) de 10 A para E/S.
- Fuente de alimentación de 2 A para la electrónica de potencia.
- CPU modelo 103.
- Módulo de control de ejes IP266.
- Módulo de comunicaciones serie CP521SI, conectado al PC a través de su puerto serie.

- Diversos módulos de E/S analógicas.
 - 2 módulos de entrada 4x4...20mA 6ES5 464-8MA11.
 - 1 módulo de salida 2x±10 Vdc 6ES5 470-8MA11.

- Diversos módulos de E/S digitales.
 - 4 módulos de entrada 8x24 Vdc 6ES5 431-8MA11.
 - 3 módulos de salida 6ES5451-8MA11.

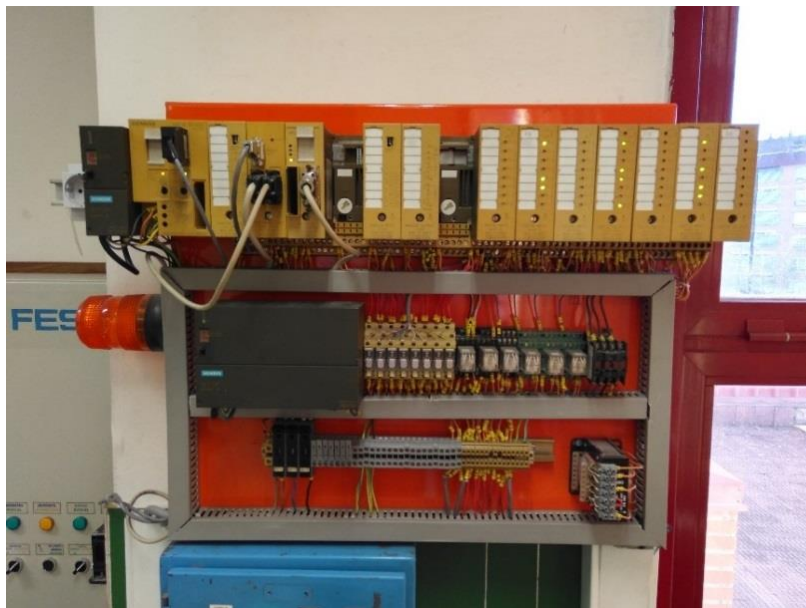


Figura 2: Vista de PLC original.

Para el sistema de comunicación entre el PLC y PC, existían multitud de conexiones a través del puerto serie de este último, para poder dar soporte a todas las conexiones y así solucionar este problema se colocó un conmutador (*Figura 3 izquierda*) a la entrada del PC, permitiendo así seleccionar en todo momento, de forma manual, cualquiera de los dispositivos que se encontraban conectados con el PC.

Entre el conmutador y el PC contábamos con una protección contra corrientes elevadas, debido a la posible descarga de picos de intensidad por parte de la CPU del PLC a través de su puerto de programación (*Figura 3 derecha*).

Este sistema era válido en los años 90 pero hoy en día con la irrupción de los nuevos sistemas de comunicación por vía Profinet este sistema queda completamente descatalogado y siendo necesario su sustitución inmediata por un sistema más robusto como el que se propondrá en capítulos posteriores.



Figura 3: Conmutador y protector.

Un cable serie conectaba el módulo CP521 SI del autómata programable con el PC compatible, en el cual se encontraba las herramientas SCADA listas para realizar un control y supervisión del proceso.

Las tareas de comunicaciones con el SCADA del PC se realizaba a través del módulo de comunicaciones serie CP521 SI, pues el autómata no permitía realizarlas a través de su puerto de programación al ser el protocolo que éste implementa (AS511) cerrado.

Para el control de posición de la mesa se realizaba a través del servomotor, conectado a un variador SIEMENS SINUMERIK, compuesto por una fuente de alimentación de 380Vca/500Vdc y un módulo de avance. El módulo de avance recibía la señal del tacómetro calado en el eje del servomotor 1FT5, y adaptaba su salida en función de una consigna de entrada en el rango $\pm 10V$.

Por último, para el accionamiento de la guía se tenía un servomotor brushless 1FT5 de CA trifásico SIEMENS; este motor estaba dotado de un tacómetro acoplado al variador y de un encoder HEIDENHAIN ROD 320.000 al módulo de avance que proporcionaba 2500 pulsos por revolución.

1.3. ELEMENTOS ADICIONALES

Como sistemas adicionales al sistema, se dotó al equipo con una guía lineal BOSCH, cuya mesa se encontraba ligada a una correa dentada. El movimiento de esta correa se realizaba a través de dos poleas, una en cada extremo de la guía de 2.5m, que se encontraba calada directamente, sin ningún tipo de reductor, al eje de un servomotor.

Si hablamos del sistema neumático, se trata de una cadena de tratamiento de aire estándar: filtro antihumedad, filtro micropartículas, manorreductor, engrasador y electroválvula de arranque progresivo y prácticamente reaprovecharle al completo en la reconversión del sistema.

Estaba formado por un compresor, (*Figura 4*) y una unidad de acondicionamiento y control de aire (*Figura 5*)

Compresor es el encargado de generar el aire comprimido mediante el aumento de la presión a la de trabajo. El compresor empleado para el presente trabajo cuenta con regulador automático de presión.



Figura 4: Compresor de aire.

Todo aire comprimido debe llegar en unas condiciones apropiadas en la zona de trabajo (Actuadores, válvulas, etc.), para esta tarea se dotó al sistema neumático con una unidad de acondicionamiento y control de aire (*Figura 5*) en la que se pueden distinguir los siguientes componentes:

- **Filtro antihumedad**, encargada del acondicionamiento del aire retirando posibles partículas e impurezas de aire.
- **Filtro antipartículas**, empleado para asegurar la presión deseada y que esta no exceda ese valor.
- **Regulador**, se encarga de realizar el control o regulación del paso de aire comprimido.

- **Engrasador**, todo aire comprimido cuenta con un porcentaje de aceite que será suministrado por esta unidad.
- **Electroválvula de arranque progresivo**, destinado a que la entrada al sistema de aire comprimido se realiza de forma progresiva y segura.

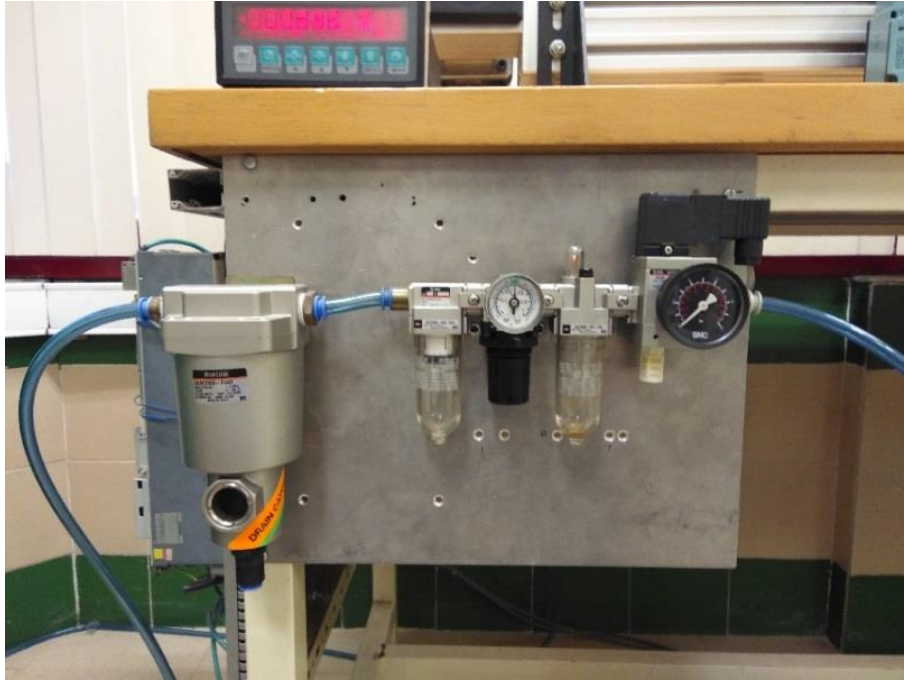


Figura 5: Unidad de regulación y control de aire.

El sistema neumático contaba con dos zonas principales de trabajo las cuales se mantendrán después de la intervención.

La primera montada sobre la mesa de la guía lineal (*Figura 6*), donde se halla:

- Manipulador electro-neumático, dotado de cuatro grados de libertad (giro, ejes Y y Z, y apertura y cierre de pinza).
- Todos los cilindros (SMC) presentan finales de carrera magnéticos con señalización.
- Placa de electroválvulas SMC de 5 vías, 2 posiciones y bobinas de 24 Vdc.
- Bornero para la conexión de todas las E/S dedicadas al Manipulador.

Todos los grados de libertad con que cuenta el manipulador son controlados mediante maniobra todo-nada.

Cada uno de los cilindros comandaba una de las acciones que realizara el manipulador, a saber, un pinza neumática de apertura 0-180 grados es un producto

de catálogo al que se le ha puesto un útil de captura, un cilindro de giro de 0-90 grados, un actuador de bajada / subida y por último, un cilindro de salida / entrada. Más adelante se definirán cada uno de estos actuadores.

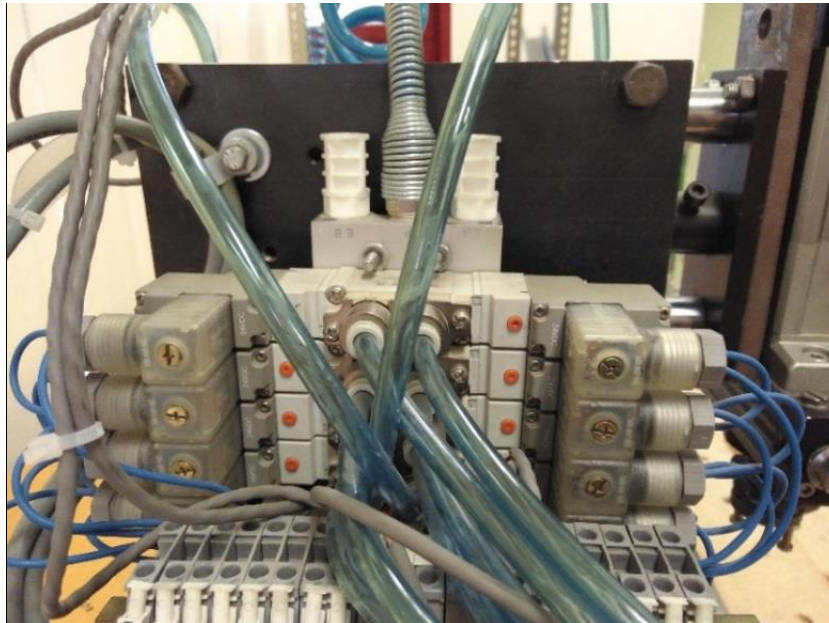


Figura 6: Electroválvulas para los accionamientos.

La segunda zona de trabajo situada en la alimentación de piezas al sistema, donde se encuentra una electroválvula 5/2 con pilotaje neumático y retorno de muelle, encargada de la apertura de la trampilla que permite el paso de las piezas a la zona de recogida (*Figura 7*).

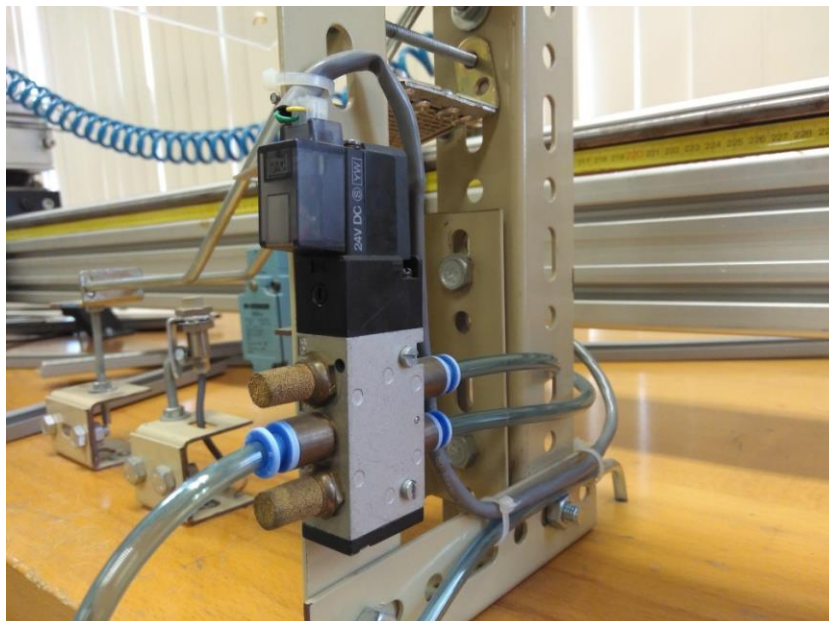


Figura 7: Electroválvulas para los accionamientos.

Para el control del sistema se contaba con un conjunto de entradas y salidas digitales, las cuales pueden ser divididas en dos secciones:

- **Botonera**, (*Figura 8*) Se colocó en la parte inferior del de la placa de montaje del autómeta, con el objetivo de realizar sencillas tareas de posicionamiento en modo manual. Estaba constituido por un conjunto de pulsadores, conmutadores (entradas) y de lámparas (salidas). Cada botón y lámpara contaba con una etiqueta de la entrada o salida, respectivamente, a la cual estaba conectada en el PLC. También se tenía en la botonera una seta de emergencia, contacto NC, conectado en serie con el resto de las setas de emergencia colocadas en el sistema, y con los detectores fotoeléctricos (*Figura 9*) situados como barrera de emergencia.



Figura 8: Botonera.

Los detectores fotoeléctricos (*Figura 9*) están situados en el pasillo situado delante de la guía impidiendo posibles accidentes o atrapamientos del usuario.



Figura 9: Detector fotoeléctrico.

- **Sistema neumático**, conjunto de entradas y salidas digitales destinadas a la comunicación con la parte neumática. Este sistema se conservará después de la rehabilitación, siendo únicamente necesario cambiar las entradas y salidas que recibe del PLC.

En primer lugar, se tenía una salida correspondiente a la activación de la válvula de arranque progresivo, cuya misión consistía en que la entrada de aire no produzca variaciones bruscas de presión. Si no se activa esta salida, la válvula permanecerá cerrada, y cualquier operación que se realice sobre las salidas de los actuadores no tendrá su reflejo en movimiento del sistema.

En segundo lugar, se contaba con las salidas digitales correspondientes a cada una de las electroválvulas que producen movimiento de las partes móviles mecánicas, y con las entradas digitales que indican la posición de cada una. Hay cuatro cilindros, con ocho posibles movimientos (correspondientes a ocho salidas y ocho entradas en el PLC).

- o Apertura y cierre de las pinzas (*Figura 10*).

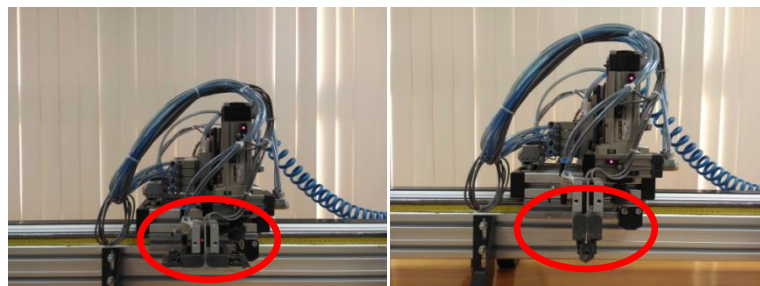


Figura 10: Apertura y cierre de Pinza.

- Giro a la derecha y a la izquierda del actuador (*Figura 11*).

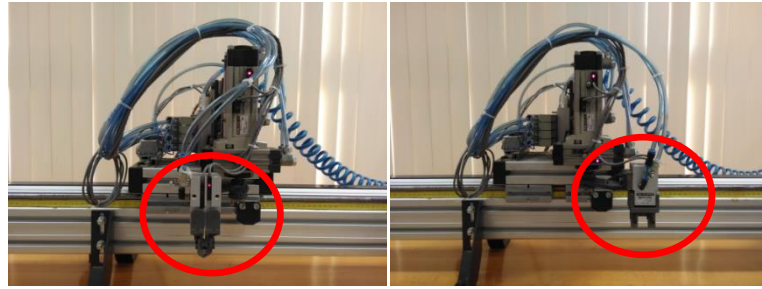


Figura 11: Giro de derecha e izquierda.

- Subir y bajar el actuador de giro (*Figura 12*).

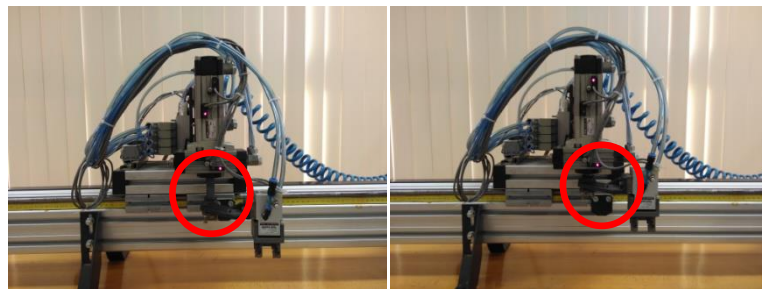


Figura 12: Bajada y subida de actuador.

- Salida y recogida del cilindro soporte de las pinzas.



Figura 13: Salida / recogida de cilindro.

En tercer lugar, contábamos y seguirá siendo así con un detector inductivo de presencia de piezas (*Figura 14 izquierda*) en el alimentador, que está cableado a una de las entradas del PLC.

También se tenía una salida correspondiente al movimiento del cilindro de alimentación de piezas, la activación de dicha salida supone la bajada del cilindro, mientras que su no activación significará que éste permanecerá extendido, bloqueando el paso de piezas a la zona de recogida (*Figura 14 derecha*).

Para realizar esta tarea se disponía de un cilindro de doble efecto y retorno de muelle SMC con su correspondiente electroválvula 5 vías, 2 posiciones y bobina de 24 Vdc en la parte de alimentación, para permitir la presentación de una sola pieza en cada instante. Así mismo, se contaba en el puesto de alimentación con un detector inductivo OMRON 3 hilos, 24 Vdc de presencia de piezas.

- Cilindro de alimentación y detector inductivo de presencia de pieza.

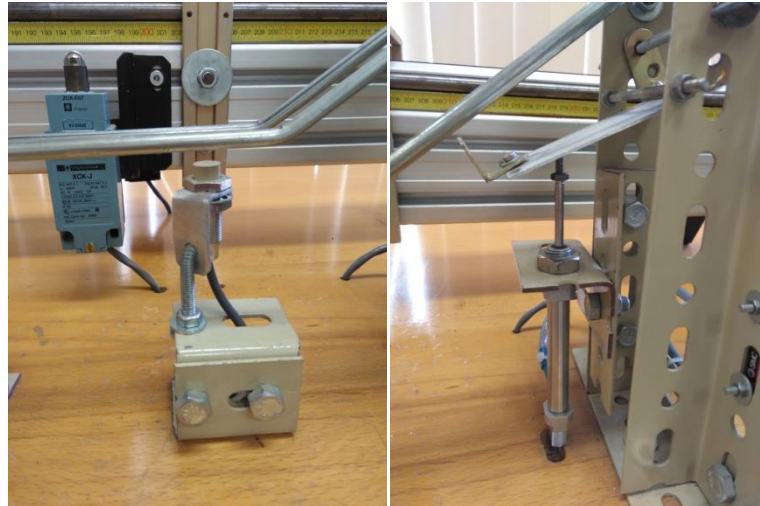


Figura 14: Detector inductivo de presencia y cilindro de alimentación.

Por último, para llevar a cabo la clasificación de las piezas según su peso, se colocó un plato de esquinas compensadas, dotado de una célula de carga de pesada máxima 7.2 Kg, y fue conectado a un acondicionador de señal Hottinger Baldwin Messtechnik, que proporciona una salida analógica 0-10V, con precisión de ± 2 g. Para evitar posibles golpes, se protegió mediante un carenado de metacrilato y topes para limitar la carrera y proteger la célula de carga.

CAPITULO 2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el retrofitting (reacondicionamiento) programación y puesta en marcha de un sistema de Control Automático cuya función es la de recoger piezas provenientes de una cadena de producción, clasificarlas en función de su peso y distribuir las hacia el punto de utilización en función de su peso.

Entre los objetivos del proyecto está la realización de esquemas eléctricos, fabricación del armario de control, conexión de elementos de campo, la programación del sistema y la posterior puesta en marcha.

Una vez verificado su correcto funcionamiento el equipo será destinado a la realización de prácticas para alumnos de las Asignaturas:

- Automatización Industrial, de la titulación de grado en Electrónica Industrial y Automática.
- Fundamentos de automática, de la titulación de grado en Electrónica Industrial y Automática.
- Modelado y Simulación I, de la titulación de grado en Electrónica Industrial y Automática.
- Automatización Industrial, de la titulación de grado en Organización Industrial.
- Tecnología de Control del master en Ingeniería Industrial.
- Componentes de Sistemas de control del master en Electrónica industrial y Automática.
- Programación de Autómatas y SCADAS del máster en informática industrial.

CAPITULO 3 SISTEMA PROPUESTO

3.1. MOTIVACIONES DEL RETROFITTING

A pesar de que el sistema funcionaba a la perfección, se decide su remodelación debido a que ya carecía de interés programar en Step 5 MS-DOS. El sistema era usado únicamente como un demostrador de una planta industrial (PLC, sensores, actuadores, intérprete hombre máquina). Además, el HMI estaba programado a medias en Visual Basic.

1. STEP5 era una aplicación que se ejecuta bajo entorno MS-DOS, para la programación de los autómatas SIMATIC S5 de SIEMENS. El programa convertía un PC en una estación de programación. Debido a los avances en los sistemas operativos y de los programas en los últimos 20 años, tanto el sistema MS-DOS como el programa STEP5 han quedado anticuados y desfasados, haciendo prácticamente imposible la utilización y trabajo con esta más allá del equipo instalado en el propio laboratorio. Por este motivo se propone la sustitución del programa STEP5 por la última versión de entorno de programación TIA Portal del fabricante Siemens. El empleo de TIA Portal v14 nos obliga a la sustitución del sistema MS-DOS, anticuado y desfasado, por sistemas operativos como Windows 7, Windows 8.1 o Windows 10, sistemas operativos habituales en la mayoría de los hogares permitiendo ser empleado este programa más allá de las puertas del laboratorio.
2. El programa STEP5 presenta los avances correspondientes a su época, siendo limitados los recursos de programación que nos ofrece. Con la sustitución de este por el TIA Portal conseguiremos un mayor número de recursos a la hora de programar además su entorno gráfico es mucho más intuitivo y sencillo que el que tenía el programa STEP5 permitiendo reducir el tiempo de programación y facilitando la tarea del programador, además de un ahorro económico en horas de programación.
3. Para gestionar la multitud de conexiones, se colocó un conmutador a la entrada del PC (*Figura 3*), permitiendo así seleccionar en todo momento cualquiera de los dispositivos que se encontraban conectados con el PC. Este mecanismo era poco práctico ya que no permitía varias comunicaciones simultáneas sino que a través del selector indicábamos el dispositivo que accedía al PC. Se propone la sustitución de este sistema anticuado por un sistema dotado de comunicaciones integradas como lo es el PLC 1512c y el variador S110 ambos conectados vía Profinet sin necesidad de elementos adicionales. De esta forma, se creará una red donde podremos acceder a cada uno de estos equipos desde cualquier punto de red de la escuela siendo posible trabajar desde cualquier

ordenador que tenga instalado el programa correspondiente e incluso comunicar con varios dispositivos de forma simultánea.

4. El PLC utilizado para el control de los elementos constituyentes del sistema estaba compuesto por un gran número de módulos como una fuentes de alimentación (PSU) de 10 A, una CPU modelo 103, un módulo de control IP262, y diversos módulos de E/S digitales (*Figura 15*), este amasijo de módulos se traduce en un consumo de espacio excesivo que se quedaría solucionado con el empleo de la CPU 1512c compacta (entradas y salidas integradas sin necesidad de módulos adicionales). El empleo de esta CPU no solo se traducirá en un mejor sistema de programación sino también en un ahorro de espacio como se puede ver a continuación.

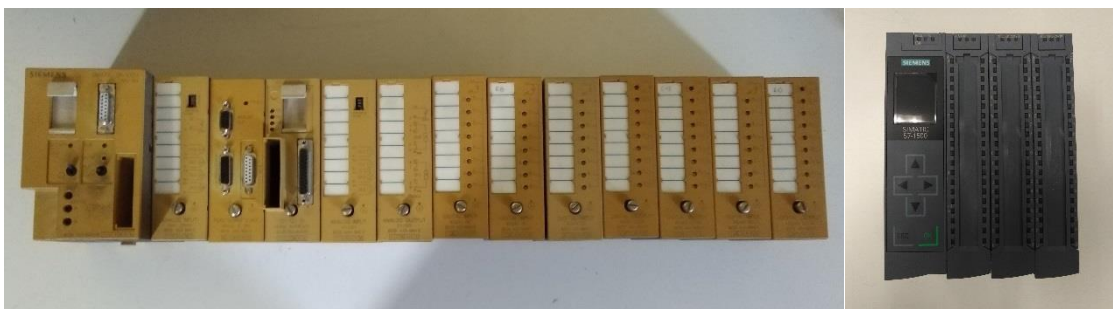


Figura 15: Iz CPU s5 103, dcha CPU S7 1512C.

5. Debido al paso del tiempo componentes como relés o bornes han sufrido un deterioro lógico e incluso en algunos casos se ha producido la rotura de alguno de estos componentes. Por lo que se propone la sustitución por otros que se adapten a la nueva configuración eléctrica.
6. La ausencia de una envolvente que impida de contactos directos a los usuarios de las partes sometidas a tensión supone un grave riesgo. Para solucionar este problema fundamental en cualquier instalación eléctrica se propone la colocación de un cuadro de 800x600 donde sea posible introducir todos componentes como PLC, variador, módulo de control, relés, bornes, fuentes de alimentación, etc., así, no solo se acabará con este problema sino que además conseguiremos una protección adicional para los equipos y por lo tanto, una mayor durabilidad en el tiempo.
7. Debido a las limitaciones de espacio impuestas por el nuevo cuadro propuesto, de nuevo será fundamental tener en cuenta el espacio que ocupara cada uno de los equipos que albergara en su interior. Por lo que de nuevo se propone una distribución tanto de placa de montaje como de panel frontal que nos permita solucionar este problema (Ver ANEXO I).

Como se puede observar son sobrados los motivos que aportados que justifican la sustitución y reacondicionamiento de las instalaciones. Debido a la inmediata necesidad de actuar sobre el sistema se establecen unas prioridades de actuación.

1. Retirada de todas las instalaciones eléctricas actuales como “cuadro”, motor, variador, módulo de control y otros equipos auxiliares.
2. Planteamiento del hardware seleccionado (*Apartado 3.1*).
3. Diseño de esquemas eléctricos (*Apartado 3.2*).
4. Montaje del armario eléctrico (*Apartado 3.3*).
5. Parametrización y puesta en marcha del variador S110 y módulo de control CU305 (*Apartado 3.4*).
6. Programación del sistema (*Apartado 3.5*).
7. Puesta en marcha de las instalaciones (*Apartado 3.6*).

3.2. HARDWARE SELECCIONADO

Para el retrofitting del sistema manipulador electroneumatico servocontrolado para la clasificación de piezas en función de su peso se ha propuesto el empleo del siguiente Hardware.

3.2.1. Servomotor Simotics S-1FK7

Para el control de la mesa se ha seleccionado un servomotor SIMOTICS S-1FK7 debido a las características y prestaciones que se citan a continuación.

Los motores compactos SIMOTICS S-1FK7 ofrecen una alta potencia en dimensiones extremadamente compactas y son, por lo tanto, la solución ideal para numerosas aplicaciones donde se precisa un espacio reducido, siendo ideal para el sistema para la clasificación de pesas propuesto. Debido a su corta longitud total, se instala en espacios reducidos.

En cuanto a sus prestaciones técnicas, se trata de un motor de 600V síncrono con una potencia de 0.59 Kw y 2000 rpm. También es destacable el movimiento de los ejes de control, excepcionalmente dinámicos gracias a su alta capacidad de sobrecarga, no siendo necesario así el empleo de una reductora de acoplamiento entre el motor y la guía BOSCH, haciendo falta únicamente una nueva brida de acoplamiento servomotor guía, dado que los anclajes con distintos.

Con estas prestaciones el servomotor SIMOTICS S-1FK7 resulta idóneo para la aplicación en la que se pretende utilizar.

3.2.2. Variador Sinamics S110

El variador seleccionado para el accionamiento del servomotor ha sido el modelo SINAMICS S110, se trata de un "servoaccionamiento simple" de la gama de accionamientos SINAMICS AC Drive. Como sistema de accionamiento modular para ejes aislados en el tipo de regulación "servo". Este equipo se encarga de resolver principalmente tareas de posicionamiento sencillas en una amplia gama de aplicaciones industriales.

Mediante el variado SINAMICS S110 es posible accionar motores síncronos o asíncronos.

Es precisa la combinación de una etapa de potencia (Power Module) y una Control Unit (CU) para conseguir el accionamiento.

- **Power Module PM240-2**, el equipo seleccionado es del tipo Blocksize, el cual está formado por los siguientes componentes:
 - Rectificador de diodos del lado de red
 - Condensadores electrolíticos del circuito intermedio con circuito de precarga
 - Ondulador de salida.
 - Chopper de freno para resistencia de freno (externa)
 - Alimentación de 24 V DC/1 A
 - Etapa de mando, captaciones de valores reales
 - Ventiladores para refrigerar los semiconductores de potencia

Los Power Modules Blocksize están dimensionados para el funcionamiento a una temperatura ambiente de 40 °C, a altitudes de instalación hasta los 1000 m sobre el nivel del mar y a la frecuencia de pulsación indicada en cada caso. Cuanto más elevada es la altitud de instalación sobre el nivel del mar, más descende la presión atmosférica y, por lo tanto, la densidad del aire. En este caso, la misma cantidad de aire tiene menor efecto refrigerante y el aire entre dos conductores eléctricos solo permite aislar una tensión más pequeña.

- **Control Unit CU305**, es donde se realizan las funciones de regulación y control de un accionamiento. Para realizar estas funciones el equipo cuenta con una suma de señales que nos permite la comunicación con los periféricos exteriores. Las señales con las que cuenta la Control Unit CU305 son:
 - Cuatro entradas/salidas digitales.
 - Cinco entradas digitales con aislamiento galvánico.
 - Tres entradas digitales de seguridad (F-DI).
 - Una entrada analógica.
 - Una salida digital de seguridad (F-DO).
 - Una interfaz DRIVE-CLiQ.
 - Dos interfaz PROFINET.
 - Una interfaz serie (RS232).
 - Un Power Module Interface (PM-IF).
 - Una interfaz de encóder (HTL/TTL/SSI).
 - Una entrada para sensor de temperatura del motor.
 - Una alimentación de electrónica de control 24 V.
 - Dos hembrillas de medida.
 - Dos interfaces para BOP.

En cuanto a las señalizaciones, en la parte frontal de la carcasa de la CU305 hay cuatro LED que informan del estado sobre las interfaces PROFINET.

RDY	Ready
COM	Option Board
OUT>5V	Alimentación del encóder > 5 V (TTL/HTL)
MOD	Modo de operación (reservado)

Durante el arranque de la Control Unit, cada LED está activado o desactivado (según la fase por la que pasa el sistema). Si están activados, el color de los LED muestra el estado de la fase de arranque correspondiente (ver apartado: "Indicadores LED durante el arranque"). En caso de fallo, finaliza el arranque en la fase correspondiente. Los LED activados mantienen el color mostrado en ese momento, de modo que el fallo puede determinarse por medio de la combinación de LED encendidos y apagados. Si la CU305 ha arrancado correctamente, se apagan todos los LED brevemente. El sistema está listo para el servicio cuando el LED "RDY" permanece encendido en color verde. Durante el servicio, el software cargado controla todos los LED (ver apartado: "Indicadores LED" durante el servicio).

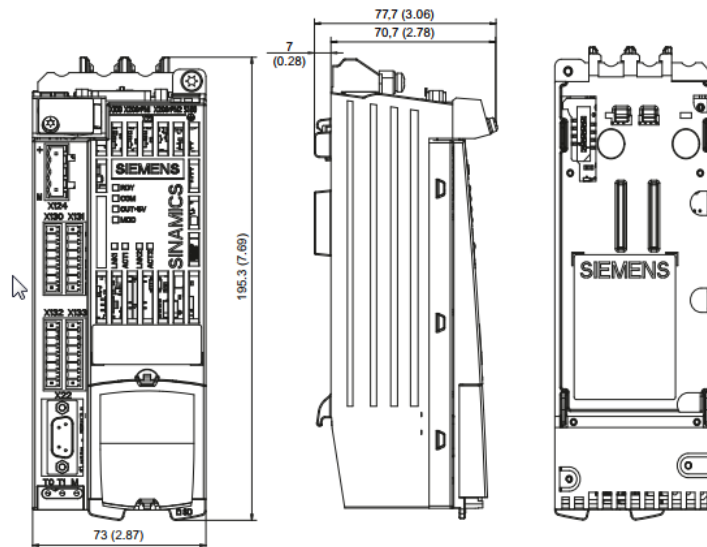


Figura 16: Control unit CU305.

Para la puesta en marcha del variador es preciso recurrir a la herramienta STARTER la cual permite la parametrización y accionamiento de forma sencilla y confortable.

3.2.3. Autómata S7-1512c

Para el sistema desarrollado se ha optado por un autómata programable Siemens S7-1512c. El PLC utilizado está compuesto por los siguientes equipos:

- CPU S7-1512C-1PN con 250 kB memoria de trabajo.
- Dos periféricos digitales integrados E/S con 32 entradas digitales rápidas para señales hasta máx. 100 kHz y con 32 salidas digitales, de las cuales 8 salidas pueden utilizarse como salidas rápidas para funciones tecnológicas.

Las entradas se pueden utilizar como entradas estándar y como entradas para funciones tecnológicas. La tensión nominal de entrada es 24 V DC.

Las salidas se pueden utilizar como salidas estándar y como salidas para funciones tecnológicas. La tensión nominal de salida 24 V DC y la intensidad nominal de salida es de 0,5 A por canal.

- Un periférico analógico integrado E/S con 5 entradas analógicas y 2 salidas analógicas. La tensión se ajusta para cada canal dependiendo de la medición a realiza.
- Una interfaz PROFINET integrado con switch de 2 puertos.
- Perfil soporte de 480 mm.
- Fuente de alimentación PM1507, 24V/8A.
- SIMATIC Memory Card 24Mb.
- Cable RJ45.
- Fuente de alimentación auxiliar de 10 A para la electrónica de potencia.

Los equipos descritos anteriormente serán sustituidos por los que presentaba la maqueta original.

3.2.4. Pequeño material

Existe una gran parte del sistema original que no presenta la necesidad de ser modificado o sustituido ya que se encuentra en buenas condiciones y se adapta a la perfección a los nuevos equipos propuestos que se emplearan para el desarrollo del nuevo sistema.

Los materiales que serán reaprovechados serán electroválvulas, finales de carrera, sensores, fotocélulas, actuadores y de más elementos de campo. Estos componentes se encuentran descritos en el apartado 1.3 de este proyecto.

La no sustitución o reemplazo de estos materiales supondrá un ahorro económico en componentes, así como una reducción en el tiempo de ejecución del reacondicionamiento del sistema.

3.3. ESQUEMAS ELÉCTRICOS

En el presenta apartado se describirán los esquemas eléctricos desarrollados que se refieren al funcionamiento del sistema.

Se comenzara con la distribución de los componentes que irán situados en el interior del armario. Para la protección de los equipos aguas abajo se montaran elementos de protección tales como un seccionador general seguido de un interruptor diferencial de 30 mA del que colgara un interruptor automático monofásico de 16A, encargado de la protección del PLC, las fuentes de alimentación PS1 y PS2, la báscula y los elementos que pudieran ser conectados en la toma de corriente monofásica situada en el armario, por ejemplo un PC, y también, se contara con un interruptor automático trifásico de 32A del que colgara aguas abajo el compresor de aire situado junto al armario y un guardamotor el cual su vez se encargará de la protección del variador. *(Hoja 20 Anexo I Planos)*.

La fuente de alimentación PS1 se encargara de poner en tensión PLC (-K1). Según el reglamento de baja tensión las maniobras deberán ser realizadas a una tensión no superior 24V por lo que será necesario contar con dos juegos de bornas unidas que se encuentren a la misma tensión, el primero de estos juegos de 0V, donde se llevara el M de las dos fuentes de alimentación creando así un 0 común, y el segundo a 24V, siendo alimentada mediante la fuente de alimentación PS2, este último se encargara de suministrar tensión a pulsadores, lámparas y los elementos de campo *(Hoja 21 Anexo I Planos)*.

Las electroválvulas que controlan el manipulador electro-neumatico y el alimentador de piezas irán conectados a las salidas del PLC comprendidas entre Q4.0 y la Q5.0. Para mayor protección de estos elementos se colocaran relés de protección (K3÷K11) cuya bobina será alimentada con la señal de salida del PLC y a su contacto NA se unirán las electroválvulas bajo una tensión de 24 V DC haciéndolo pasar por el bornero de salidas (-X1) *(Hoja 30-31 Anexo I Planos)*.

En cuanto a la distribución de la parte exterior del armario tendremos un seccionar general en la parte baja del lateral izquierdo, como ya se ha dicho antes, será la primera protección entre la toma de corriente y los elementos del cuadro *(Hoja 20 Anexo I Planos)*. En el frontal del armario se tiene un conjunto de pulsadores y lámparas, los pulsadores se conectaran a las entradas comprendidas entre I11.1 y la I12.4 de PLC haciendo pasar estas señales por el bornero de entradas (-X3) situado en la parte inferior derecha del armario *(Hoja 42 Anexo I Planos)*. En cuanto a las lámparas se conectaran a las salidas digitales comprendidas entre Q5.1 y la I6.5 de del PLC haciendo pasar las señales por el bornero de salidas (-X1) situado en la parte inferior izquierda del armario *(Hoja 32 Anexo I Planos)*

Por último, los elementos de campo con los que contara el sistema serán:

Servomotor, se encuentra calado a uno de los extremos de la guía BOSCH y conectado mediante una manguera de potencia trifásica al variador Sinamics S110 y un cable de señal PN a uno de los puerto del Profinet de variador.

Electroválvulas, serán las encargadas de realizar el control del manipulador, la alimentación de piezas y el paso del aire al sistema a través de las correspondientes salidas digitales del PLC a 24V DC y relés auxiliares de protección. Estas se conectarán al bornero de salidas (-X1) (*Hoja 31 Anexo I Planos*).

Finales de carrera actuadores, Están situados en la mesa del manipulador y se encargaran de obtención de la señal de posición y transmitirla al PLC mediante módulos de entrada digital 24V DC. Se conectarán al bornero de entradas (-X3) (*Hoja 42 Anexo I Planos*).

Finales de carrera mesa, se cuenta con cinco finales de carrera, dos de ellos de seguridad a los extremos de la guía conectados en serie al bornero de entradas (-X3) (*Hoja 43 Anexo I Planos*). Se cuenta adicionalmente con otros tres finales de carrera que marcan posiciones fijas en la guía (extremo izquierdo, centro y extremo derecho) y que se conectarán de igual forma al bornero de entradas en la entrada correspondiente (*Hoja 44 Anexo I Planos*).

Fotocélulas, se cuenta con dos fotocélulas, una en el frontal de la maqueta y otra de forma transversal al pasillo. La primera de estas cuenta con cinco puntos de conexión, dos de estos puntos serán para la alimentación conectando directamente uno de los extremos a las bornas de 24V y el otro a las bornas de 0V, los otros tres puntos de conexión corresponden a el común y el contacto NA y NC de la fotocélula, para nuestro sistema se conectara el común a las bornas de 24V y al contacto NC a la carta del PLC haciéndolo pasar por el bornero (-X3).

Setas de emergencia, Se cuenta con tres setas de emergencia, una en el armario, otra sobre una de las mesas del laboratorio y una tercera situada bajo el alimentador de piezas estas se conectarán a las bornes de entrada (-X3) en uno de sus extremos y el otro a las bornas de alimentación a 24V.

Báscula, como ya se ha dicho anteriormente, la alimentación irá conectada a una tensión de 230V al interruptor automático de 16A y la señal se conectara a la entrada analógica IW0 mediante un cable apantallado impidiendo así que se produzca ruido eléctrico.

3.4. ARMARIO DE CONTROL

Para el presente proyecto contamos con una placa de montaje (*Figura 16*) de dimensiones 800mm x 600mm que se alojará sobre el armario de control. Sobre ésta se procederá al montaje de los componentes necesarios para nuestro cuadro

eléctrico, por lo que será necesario una correcta distribución de los elementos (*Hoja 9 Anexo I Planos*).



Figura 16: Panel de montaje.

Se comienza el montaje con el posicionamiento y colocación de las canaletas porta cables que se destinarán al guiado del cableado por el lugar deseado y por supuesto como sistema de seguridad, mediante este elemento se impedirá el posible contacto directo de los conductores con el usuario (*Figura 17*).



Figura 17: Panel con canaleta porta cables.

Se continúa con el montaje del variador (*Figura 18*) en la parte inferior derecha, en una posición cercana a la base del cuadro ya que esta se encuentra abierta al exterior, de esta forma la ventilación y la disipación de calor será mejor y más rápida.



Figura 18: Montaje del variador en placa.

Se procede acto seguido a la colocación del bastidor de SIEMENS (*Figura 19*), sobre este se posicionara la fuente de alimentación PM 1507 y la CPU 1512C, también de la compañía SIEMENS. Esta CPU será el corazón del sistema permitiendo comandar las entradas y salidas de la maqueta.



Figura 19: Montaje de PLC s7-1512.

Una vez se han montado los elementos principales del cuadro, se procede a la colocación de los elementos auxiliares del cuadro entre los que se encuentra la fuente

de alimentación (*Figura 20*) que alimentara todos los elementos del cuadro (a excepción de la CPU) como pueden ser lámparas, relés, pulsadores, selectores, etc.



Figura 20: montaje de fuente de alimentación auxiliar.

El siguiente paso en la distribución de los elementos auxiliares será el posicionamiento y colocación del carril DIN sobre el que se colocará elementos como equipos de protección, relés o bornes (*Figura 21*).



Figura 21: Montaje de carril DIN.

Se posicionan y anclan al carril DIN los siguientes equipos de protección (*Figura 22*), si se comienza de izquierda a derecha tenemos, en primer lugar interruptor diferencial de 30 mA seguido de dos interruptores automáticos, el primero monofásico de 16 A y el segundo trifásico de 32A, y para cerrar tenemos un guardamotor.



Figura 22: Montaje equipos de protección y mando.

Dado que los relés se conectarán con las salidas de la CPU, se posicionarán en el carril DIN que se encuentra en la parte inferior de la CPU (*Figura 23*).



Figura 23: Montaje de relés.

Por último, se coloca en la parte inferior del cuadro los bornes. En color marrón tendremos los bornes de salidas y en color azul las bornes de entrada (*Figura 24*).



Figura 24: Montaje de bornero.

En este punto, se tienen montados los componentes necesarios para el posterior cableado. Ahora se procede a colocar el seccionador general en el lateral del cuadro (*Figura 25*). Este se colocará en la parte inferior donde sea accesible a cualquier usuario. El seccionador general actuará como llave de corte, permitiendo o interrumpiendo el paso de corriente al resto del circuito.



Figura 25: Seccionador general.

Una vez se tiene el, se procede al cableado del mismo, comenzando por el conexionado de los cables profinet (*Figura 26*) siendo necesarios dos cables de este tipo, el primero de estos estará colocado entre el variador S110 y la red de la escuela y el segundo, se destinara a unir la CPU 1512C con un equipo exterior o con la red del edificio.

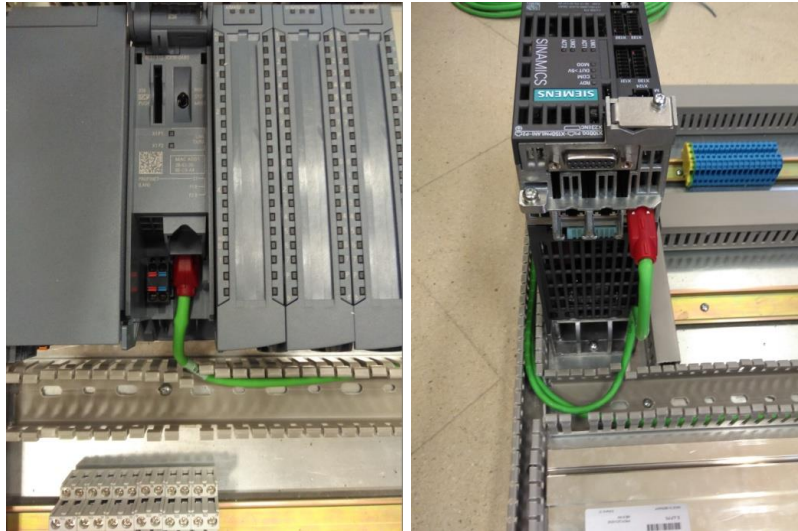


Figura 26: Conexionado de cable profinet.

Se continúa con el cableado de los diferentes elementos que componen el cuadro eléctrico en cuestión. Partimos del cable que une la toma de corriente exterior con el seccionador general, para esto se emplea una manguera de cinco (3F+N+T) la cual se conectara en uno de los extremos a la toma trifásica y al otro extremo se conectarán las tres fases y el neutro al seccionador y la tierra a la barra de tierra (*Figura 27*).

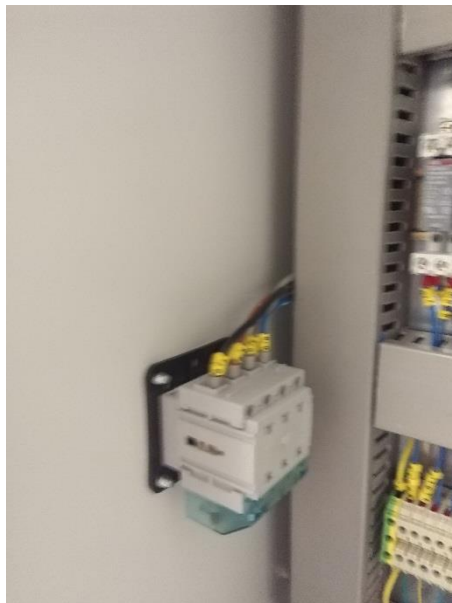


Figura 27: Cableado interruptor general.

A continuación, se conectan las tres fases y el neutro del seccionador con 4 hilos monofásicos de 2.5 mm al interruptor diferencial (*Figura 28*) que se muestra en la parte superior de la placa del cuadro. De la salida del interruptor diferencial se conecta en primer lugar una fase y el neutro al interruptor automático de fase más neutro situado junto al diferencial. A su vez, se tiran tres hilos de 2.5 mm encargados de unir el interruptor diferencial con el interruptor automático trifásico.

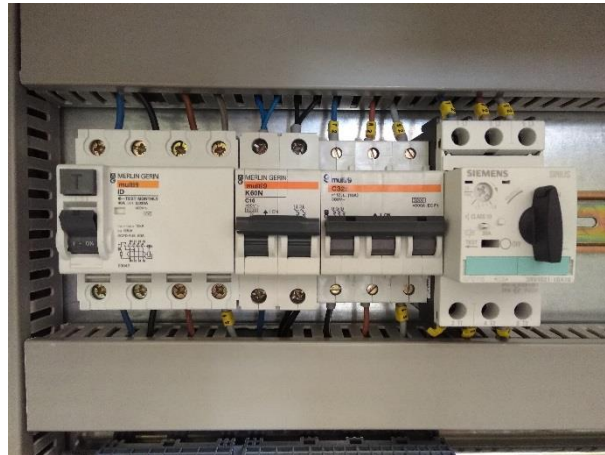


Figura 28: Cableado elementos de protección.

El cuadro cuenta con dos fuentes de alimentación (*Figura 28*) una primera fuente que se encargara de dar tensión únicamente al PLC y una segunda que suministrara tensión a 24V a componentes como lámparas, electroválvulas, sensores, pulsadores, selectores, etc.

Para esto se tiran dos cables unipolares de sección 2.5 mm que irán desde el interruptor automático monofásico a cada una de las fuentes de alimentación.

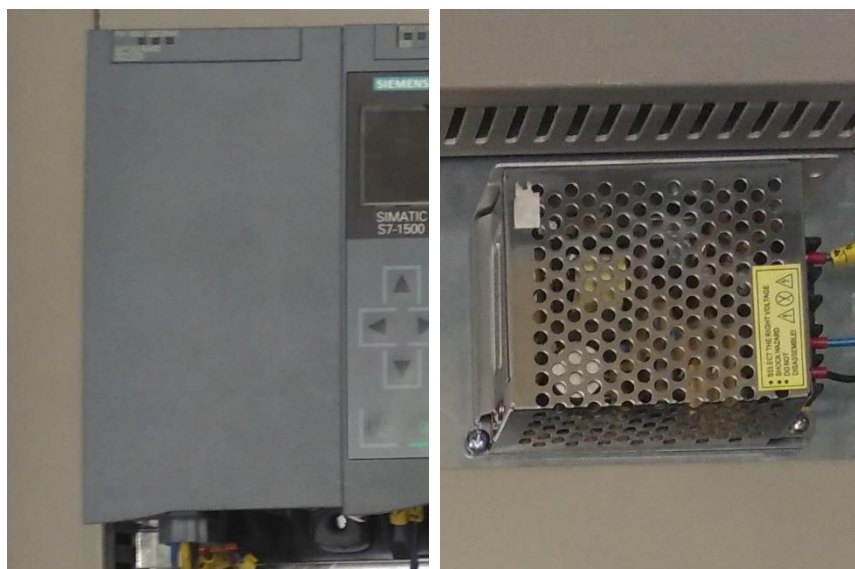


Figura 29: Iz. PLC, dcha. dcha. auxiliar E/S digitales.

Con la fuente de alimentación PM 1507 alimentaremos mediante dos cables al PLC. También, se lleva un cable desde el terminal de 0V de esta fuente de alimentación a barra de bornes de 0V situada a la derecha de los relés. Se llevará el cero de la fuente de alimentación (-V1) a la barra de cero común.

Para este cuadro se tienen dos barras de tensión una a 0V y otra 24V. Las electroválvulas, sensores, pulsadores, selectores, etc., serán alimentadas de la barra de bornes de 24V, ésta a su vez conectada a la fuente de alimentación -V1. Por otro lado los elementos como lámparas o electroválvulas deberán retornar a un cero, este cero será el formado por la barra de 0V a su vez conectado a ambas fuentes de alimentación (Figura 30).

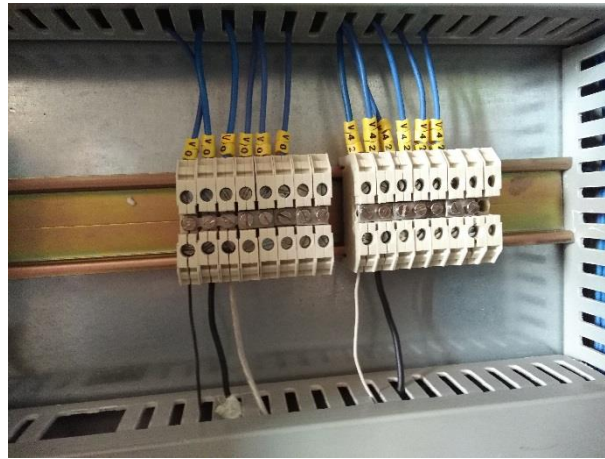


Figura 30: Barras de 0V y 24V.

En cuanto a las entradas del PLC se llevarán mediante cables unipolar de sección 0.5 mm desde cada una de las entradas a la barra de bornes.

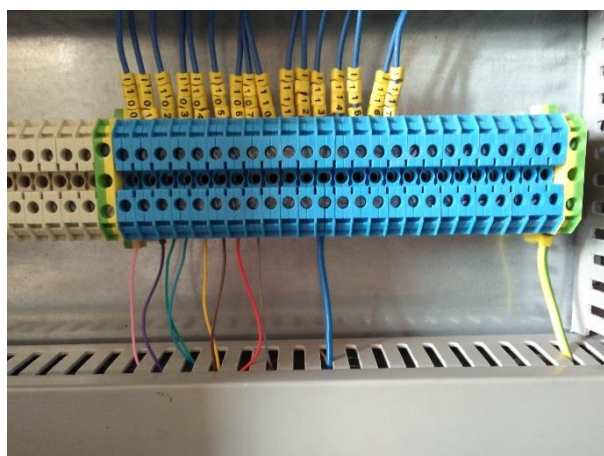


Figura 31: Bornes de entrada.

Para las salidas del PLC, se llevarán (de igual modo que en el caso anterior) desde cada una de las salidas a la barra de bornes a excepción de las nueve primeras salidas de PLC que pasarán por relés intermedios (*Figura 32*).

Estos relés tendrán como alimentación a la bobina la señal del PLC y retornará a la barra de 0V. Vinculado a esta bobina tenemos un contacto normalmente abierto (NO), alimentado con la barra de 24V y con la que se conseguirá la señal el pilotaje de cada electroválvula.

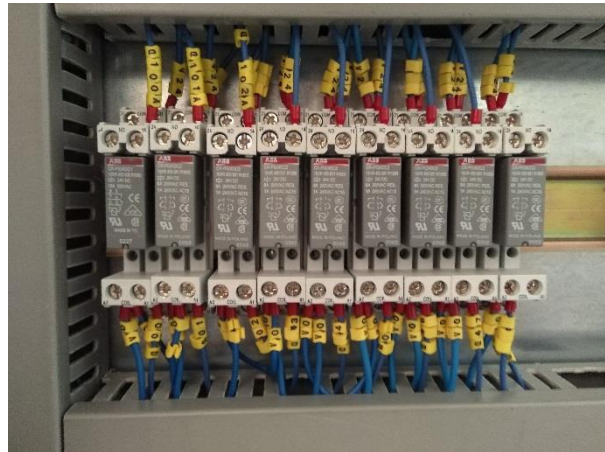


Figura 32: Cableado de Relés.

Se llevan todas las salidas a los bornes de salida situados en la parte inferior del cuadro para el posterior conexionado con los elementos exteriores al cuadro (*Figura 33*).

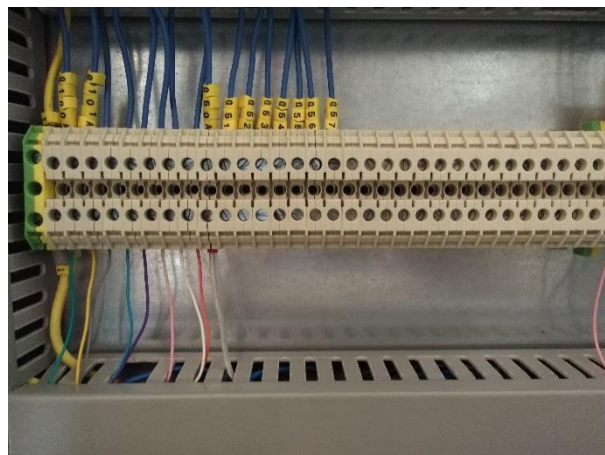


Figura 33: Bornes de salida.

Como se puede observar, la placa del cuadro estaría cableado por completo por lo que se procede al cableado de la puerta del cuadro comenzando con el diseño de la puerta y la posterior preparación de la misma. La distribución realizada se puede ver en la *Figura 34*.

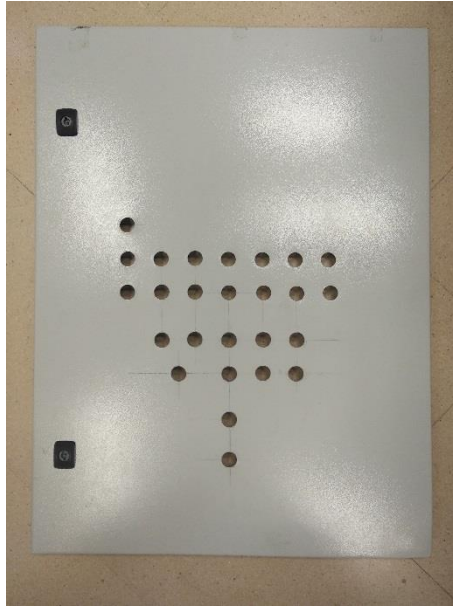


Figura 34: Panel taladrado.

Posteriormente al fijado se procede a la colocación de las señalizaciones, pulsadores, selectores y seta de emergencia en el armario (Figura 35).

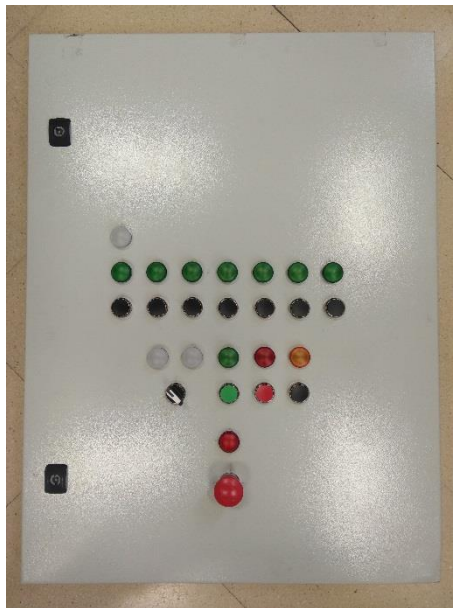


Figura 35: Parte frontal de la puerta.

Para la sujeción de los diferentes elementos en la puerta es necesario unir los soportes a un bastidor por la parte posterior de la puerta. Sobre estos bastidores se colocaran elementos como contactos NO, contactos NC o lámparas de diferentes colores. En la Figura 36 se puede observar la configuración de estos elementos adoptada.



Figura 36: Parte posterior de la puerta.

Una vez se tienen colocados los elementos en la puerta del armario se procede al cableado (Figura 37).

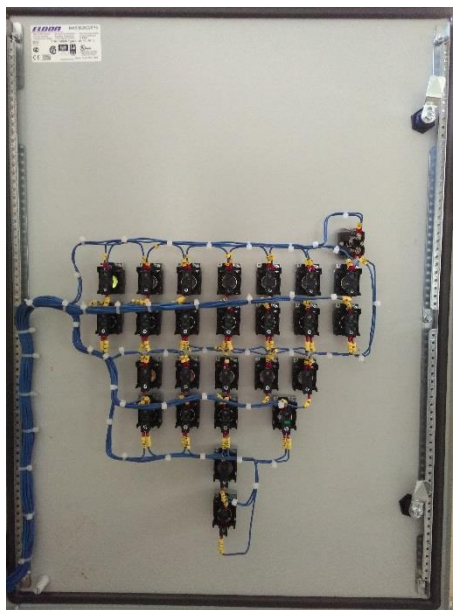


Figura 37: Cableado de la puerta.

Para esta tarea, se tira uno cable unipolar a 24V y otro a 0V desde sus respectivas barras. En el caso del cable de 24V ira puenteando los pulsadores, selectores y seta de emergencia. Para el caso del cable de 0V se colocara de tal forma que puenteé todas las lámparas en uno de sus extremos. Para ambos casos el extremo libre se conectara a su entrada o salida correspondiente colocada en la parte inferior del cuadro principal.

De este modo el cuadro queda completamente montado y cableado siendo únicamente necesario conectar a este los elementos exteriores situados en la maqueta. Tras su colocación en el lugar que ocupaba el cuadro existente antes de intervención se tiene el resultado mostrado en la *Figura 38*.



Figura 38: Vista exterior de cuadro colgado.



Figura 39: vista interior del cuadro finalizado y colgado.

La sustitución del armario del sistema por el realizado en este proyecto ha sido sin duda una opción acertada ya que no solo los componentes son de mayor y de mejores prestaciones sino que además el armario presenta una gran mejora en orden y estética.

También se debe tener en cuenta que con este armario los componentes sometidos a tensión quedan protegidos en su interior, impidiendo casi por completo a posibilidad de contactos directos con las partes en tensión.

3.5. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR

3.5.1. Parametrización del variador S110

El variador Sinamics S110 es un servoaccionamiento simple de la gama de accionamientos SINAMICS AC Drive. Como sistema de accionamiento modular para ejes aislados en el tipo de regulación "Servo", resuelve principalmente tareas de posicionamiento sencillas de una amplia gama de aplicaciones industriales.

Como combinación de una etapa de potencia (Power Module) y una Control Unit (CU), el variador Sinamics S110 conforma un accionamiento individual con diseño extremadamente compacto para la construcción de máquinas y plantas.

Mediante la herramienta de puesta en marcha "STARTER Engineering Tool" se permite poner en marcha el accionamiento de forma sencilla y confortable, siendo posible accionar motores tanto síncronos o asíncronos (*Figura 40*).

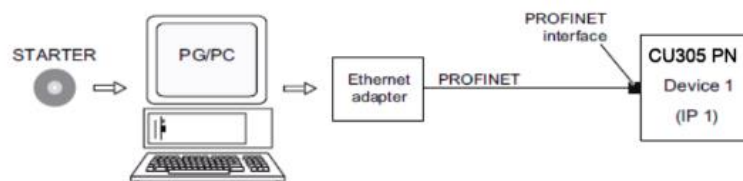


Figura 40: Esquema de comunicación.

Para la puesta en marcha del Sinamics S110 en el presente trabajo fin de master mediante el módulo de control CU305, se ha recurrido al programa anteriormente descrito de la compañía Siemens.

Mediante el programa Starter se puede configurar de la forma deseada nuestro variador y así conseguir de éste los resultados deseados.

Para la puesta punto del Sinamics S110, se comienza abriendo el programa Starter y creando un nuevo proyecto (*Figura 41*).

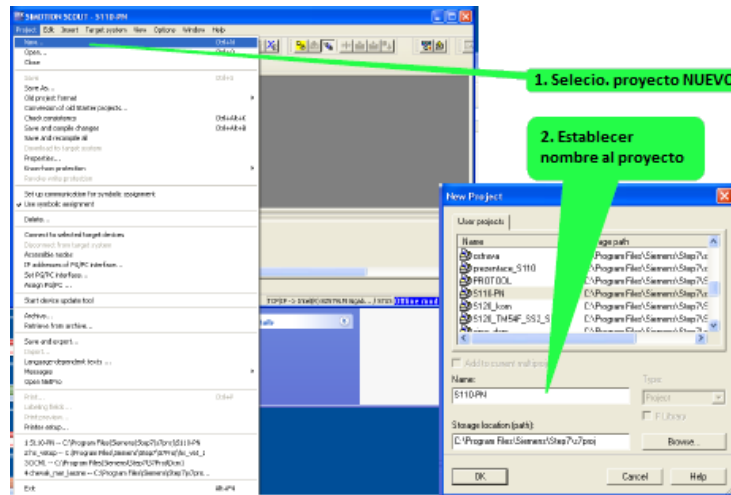


Figura 41: Crear nuevo proyecto en Starter Engineering tool.

A continuación, se procede a la configuración de la interfaz PG/PC (Figura 42).

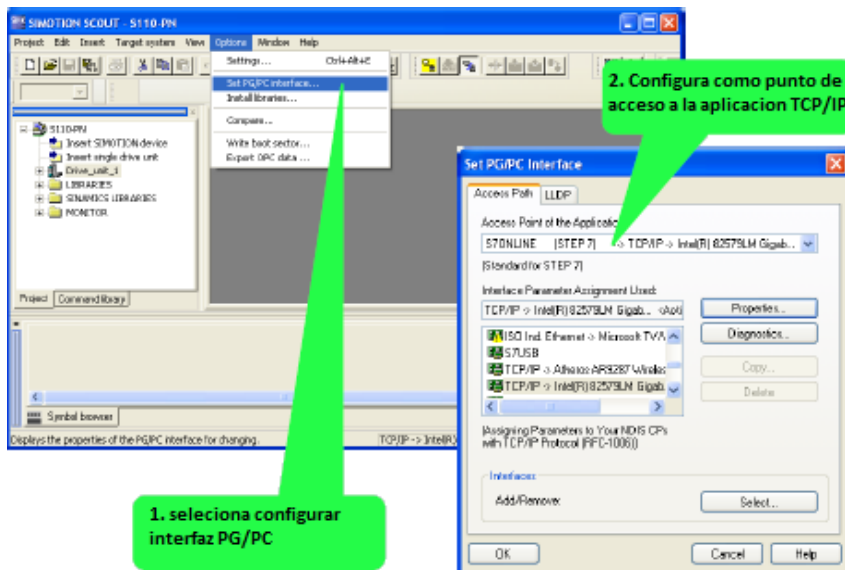


Figura 42: Configuración de la interfaz PG/PC.

Una vez se tiene creado el nuevo proyecto, se pasa a establecer la comunicación con el variador, para esta tarea se procede a la búsqueda de “Nodos accesibles” (Figura 43).

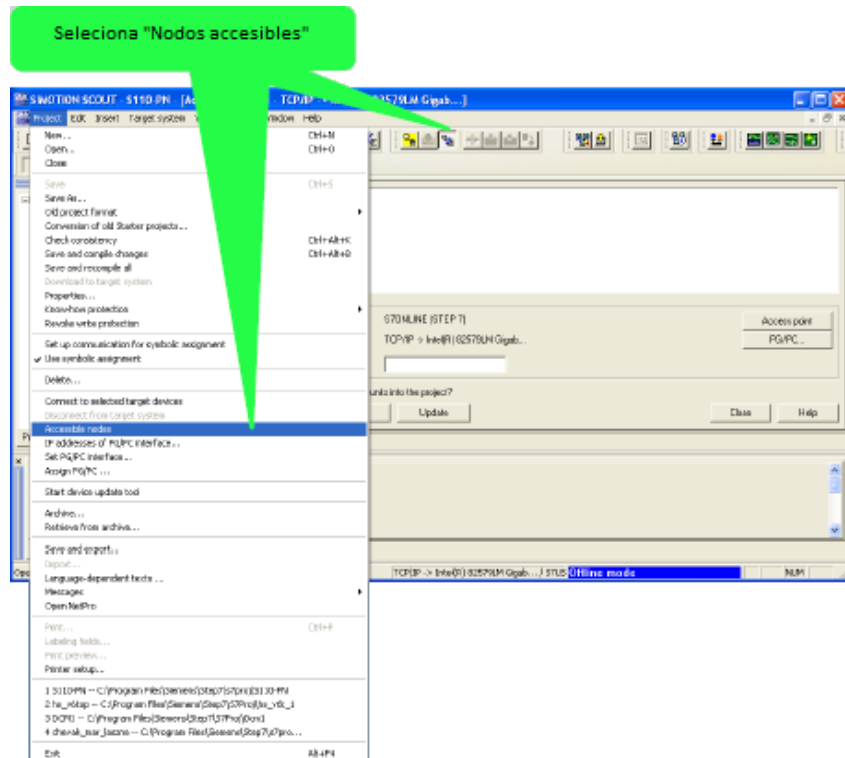


Figura 43: Establecer nodos accesibles.

Se procede a la asignación de la IP y la máscara de subred para la interfaz PG/PC (Figura 44).

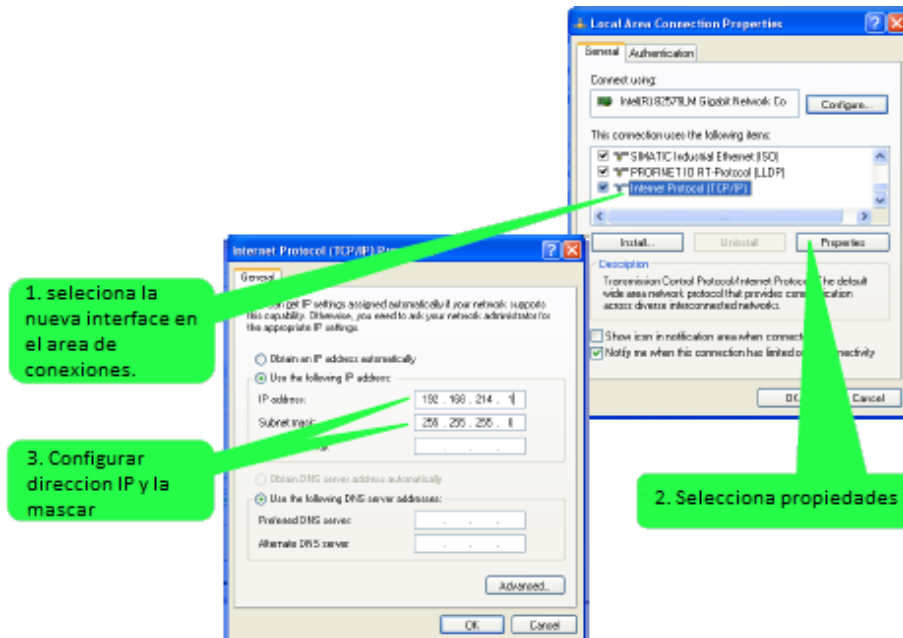


Figura 44: Asignar IP y Mascara.

Una vez se ha asignado la IP y máscara al PC se procede a la configuración de la dirección IP para el módulo CU305 en el Starter (Figura 45).

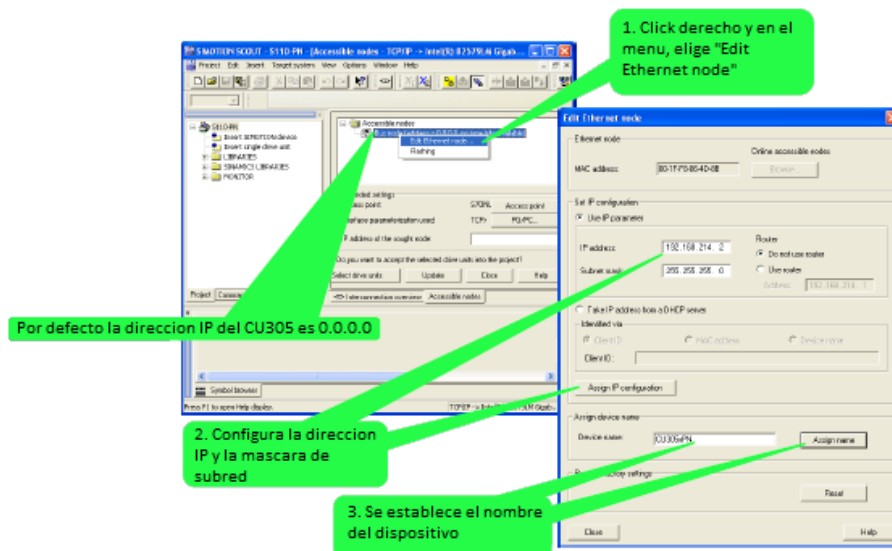


Figura 45: Asignar IP en Starter.

Se selecciona de nuevo la función Nodos accesibles para completar el proceso (Figura 46).

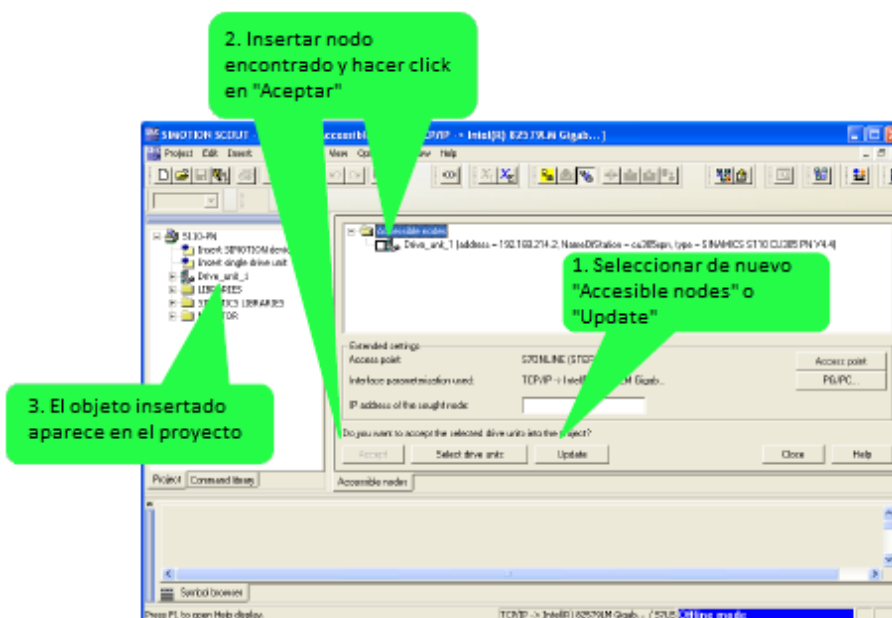


Figura 46: Selección nodos accesible.

Para concluir con esta primera etapa en la parametrización, se establece la conexión en línea y se restablece la configuración de fábrica al variador (Figura 47).

2. Click derecho en el menu y seleccionamos "Target device" y "Restore factory settings"

1. Click en "Online connection"

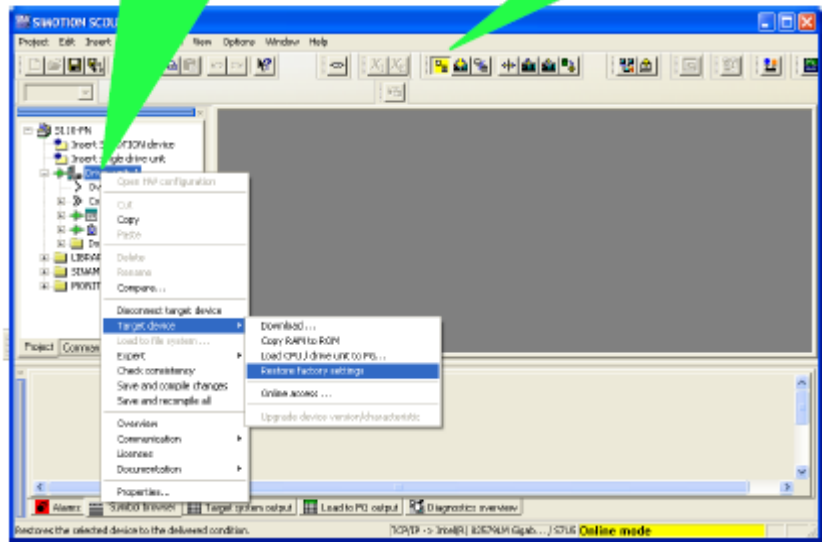


Figura 47: Establecer parámetros de fábrica.

Una vez se han establecido los parámetros de fábrica al variador, se carga el contenido del dispositivo en PC/PG (Figura 48).

Click derecho y en el menú se elige "Target device"/"Load CPU"/"drive unit to PG.."

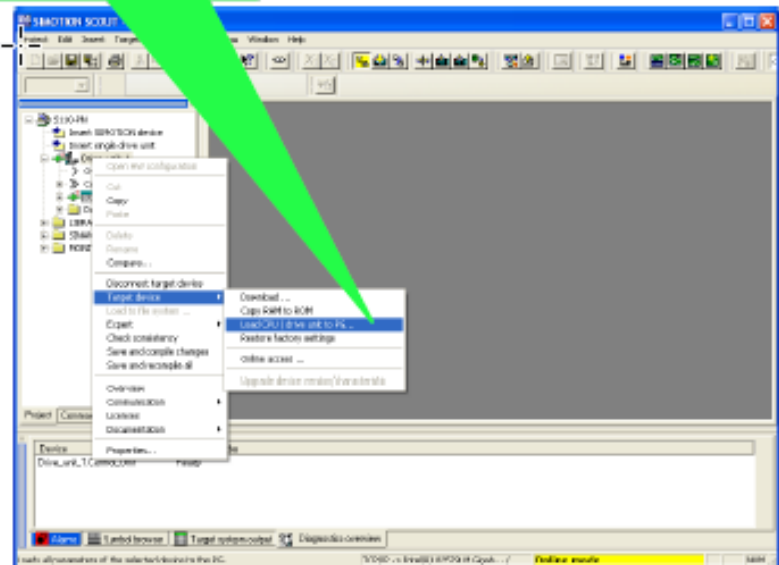


Figura 48: Cargar de CPU.

En este punto se procede a la configuración del dispositivo, para lo que será necesario poner programa en Offline y activar la configuración DDS (Figura 49).

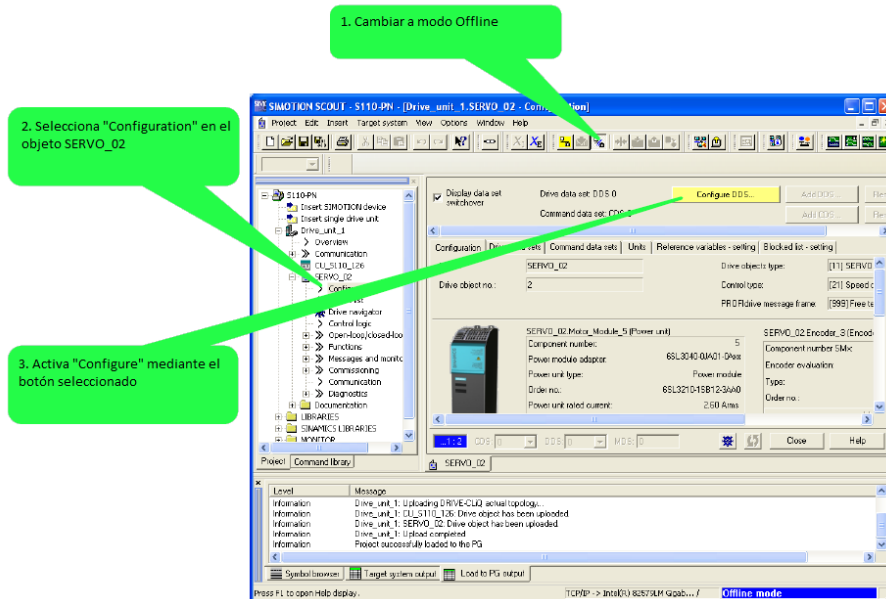


Figura 49: Configuración del dispositivo.

Al pulsar en “configure” se abrirá una nueva ventana en la que se tendrá que definir el tipo de posicionamiento y como se procederá al control de la velocidad. Para este trabajo optaremos por el posicionamiento básico y el control de la velocidad mediante encoder. Una vez se han completado estos pasos, pulsamos en “Next” (Figura 50).

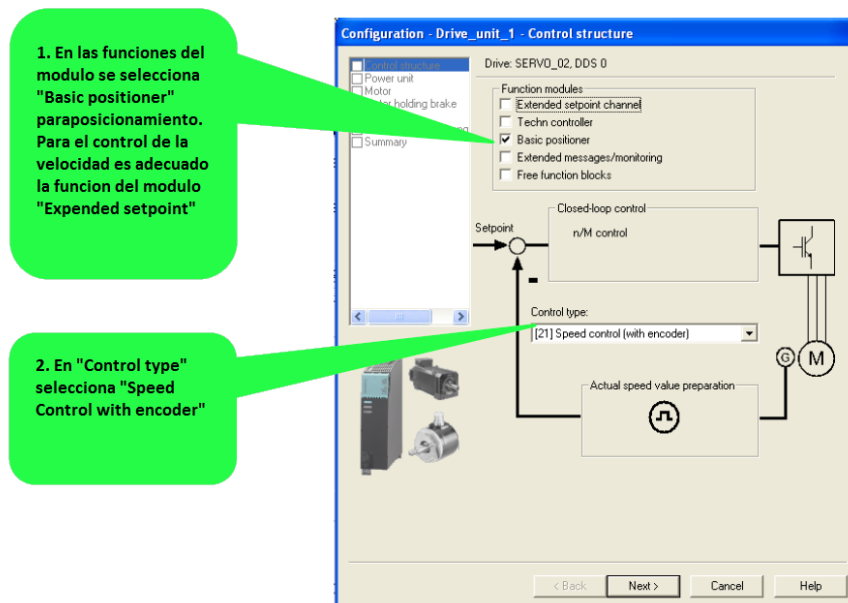


Figura 50: Configuración del posicionamiento y Control de la velocidad.

Para el siguiente paso es necesario conocer la referencia del módulo de potencia que será empleado en el proyecto. Una vez se tiene este número le marcamos en el desplegable y de nuevo damos al botón “Next” (Figura 51).

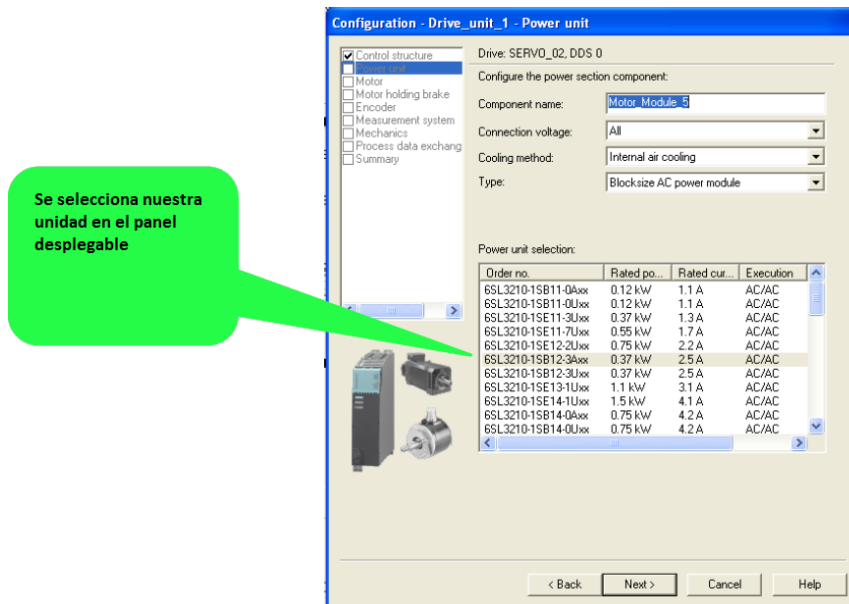


Figura 51: Selección del módulo de potencia.

A continuación se define el motor empleado para el proyecto. En caso de contar nuestro motor con DRIVE-CLiQ marcamos la opción que se muestra abajo.

DRIVE-CLiQ es una interfaz de alto rendimiento capaz de soportar la comunicación de datos sencilla entre los componentes del convertidor, así como la integración de motores y sistemas de codificación rotativa y lineal en el sistema de accionamiento. Esto permite un sistema determinista de alta velocidad. El protocolo no es adecuado para comunicaciones inalámbricas o de anillo deslizante.

Una vez realizados estos pasos al igual que en casos anteriores se pulsa en “Next” para pasar a la siguiente ventana (Figura 52).

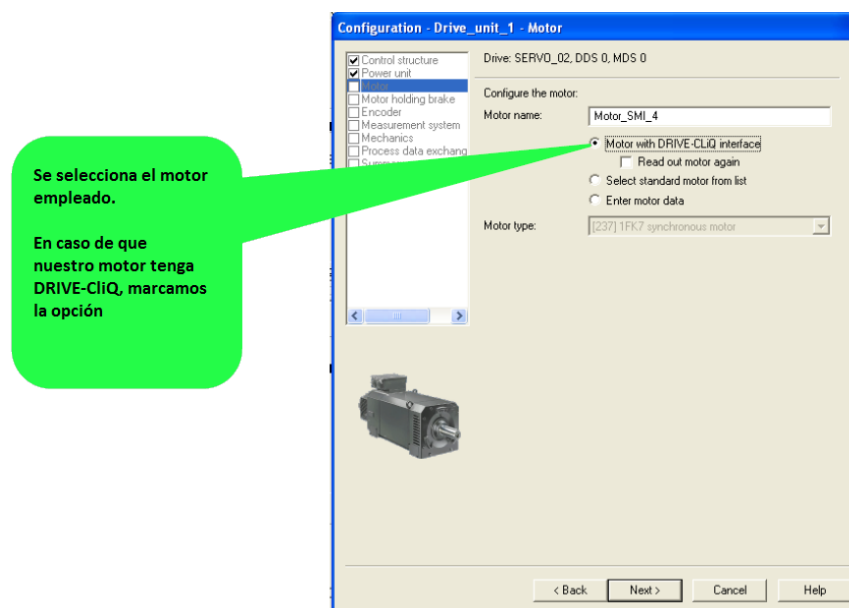


Figura 52: Selección del motor.

Además se debe definir si el motor posee retención mediante freno o por el contrario no lleva integrada esta opción. En nuestro caso se trata de un motor sin retención mediante freno (Figura 53).

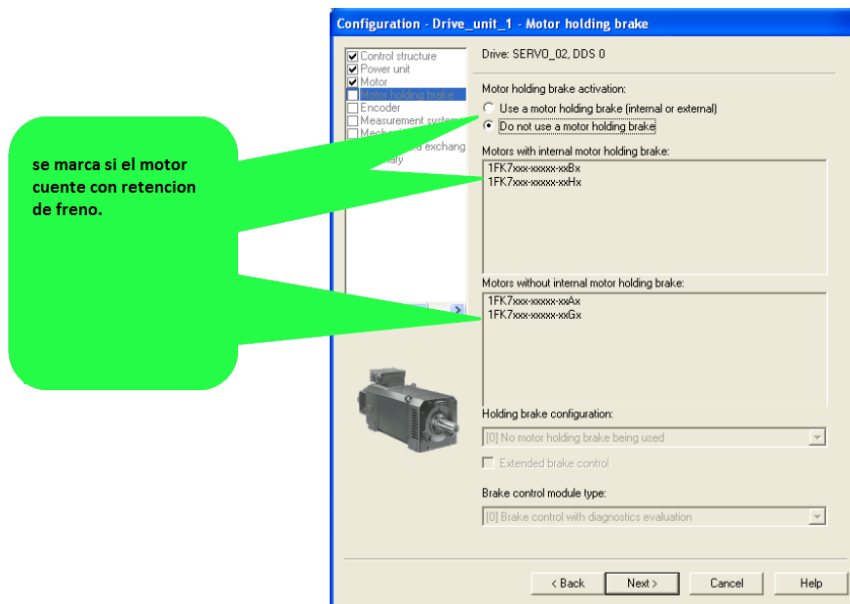


Figura 53: Selección de la retención mediante freno.

Seguidamente se procede a la selección de encoder. En este caso, al estar integrado el encoder en el motor se mantiene la opción predeterminada. Una vez finalizado damos a "Next" (Figura 54).

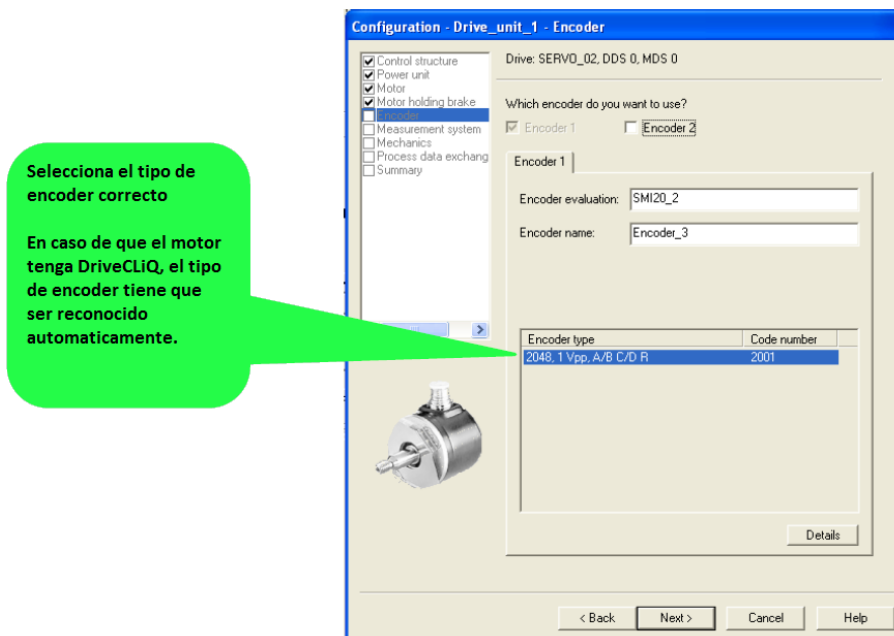


Figura 54: Selección de encoder.

El siguiente paso solo debe ser modificada en el caso de haber sido marcada con anterioridad una opción distinta de “Basic positioner” (Figura 55).

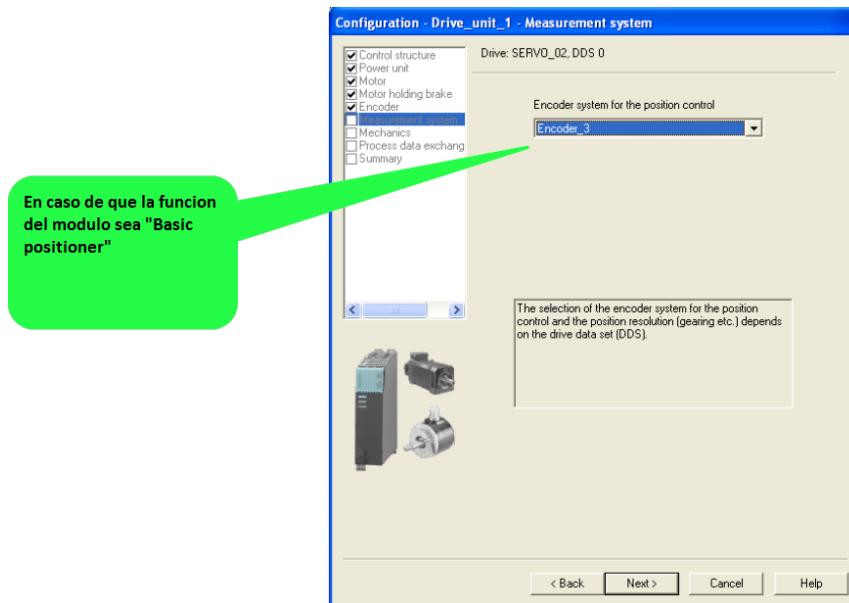


Figura 55: Selección sistema de medición.

Ahora se procede a fijar la relación de engranajes entre el motor y la guía BOSCH. Así mismo, se define cuantos LU corresponden a un giro del eje, siendo las LU una unidad de medida creada por el fabricante siemens para su gama de variadores sin equivalencia directa con el metro o cualquier otra unidad de medida, para este caso en cuestión 10000 LU/Giro (Figura 56).

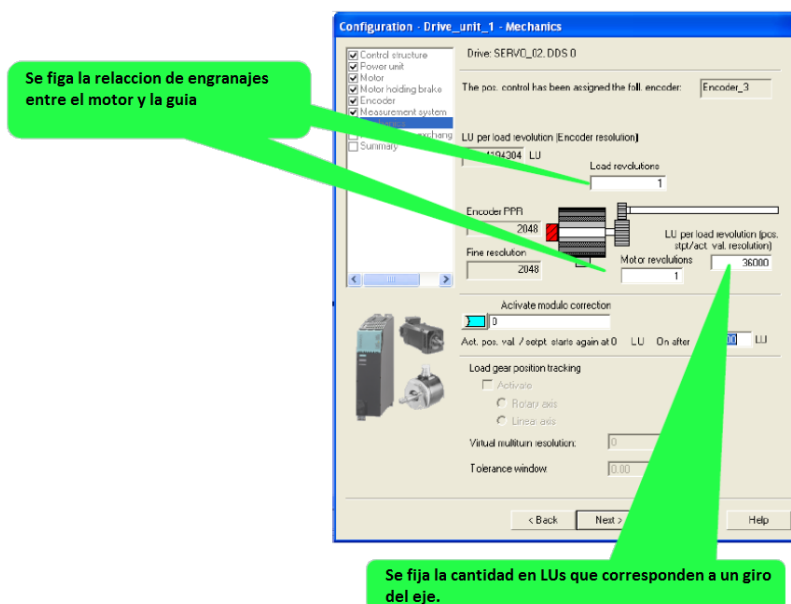


Figura 56: Fijar la relación de engranajes.

Seleccionamos el telegrama de comunicación para el variador, Siemens nos recomienda emplear el telegrama 111 si con anterioridad hemos seleccionado en el tipo de posicionamiento la opción de “Positioner basic”, como es en el caso del proyecto (Figura 57).

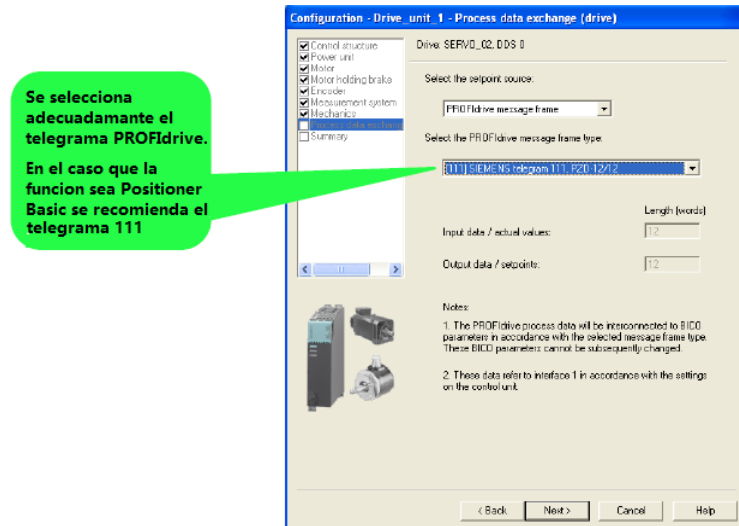


Figura 57: Selección de telegrama.

Una vez se completan los pasos anteriores nos aparecerá la ventana que se muestra en la Figura 58, si estamos de acuerdo con la configuración seleccionada pulsamos en “Finish”, de esta forma se cerrará el panel de configuración y guardará los parámetros.

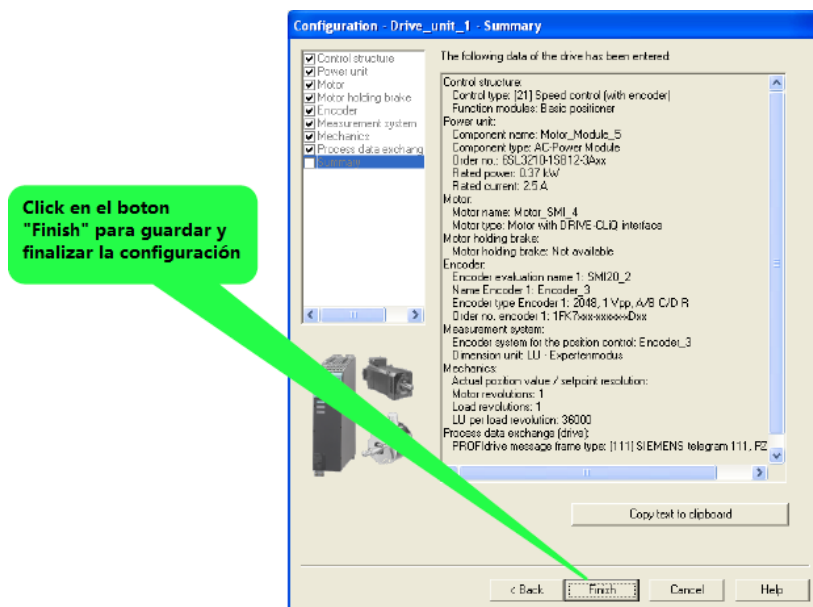


Figura 58: Finalización de configuración.

En este punto comienza una nueva etapa en la puesta en marcha de nuestro Sinamics S110. Se procede a la selección del tipo de comunicación marcando el tipo de telegrama requerido para esta tarea (Figura 59).

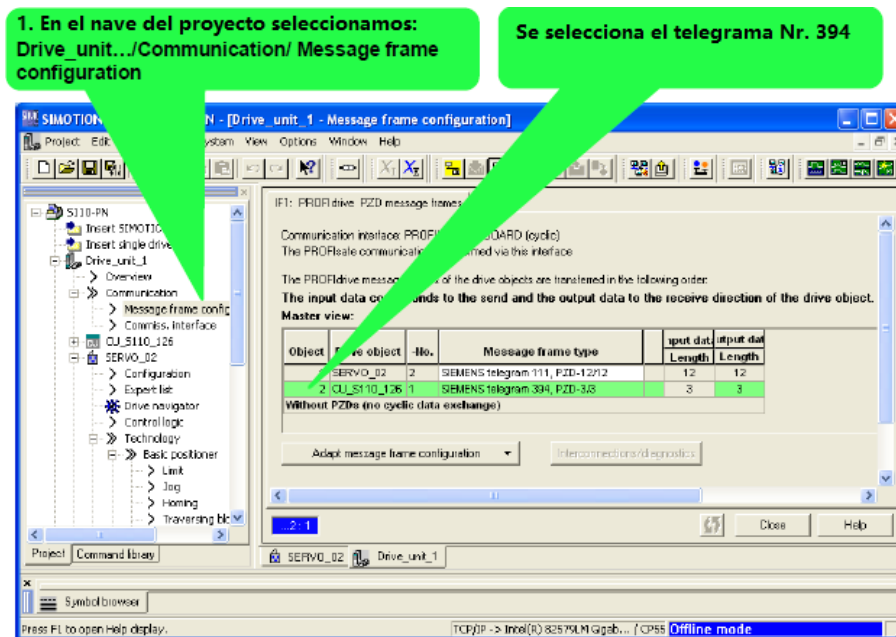


Figura 59: Selección de objeto y telegrama.

Se establecen los parámetros necesarios para el control de la velocidad del objeto tecnológico (Figura 60).

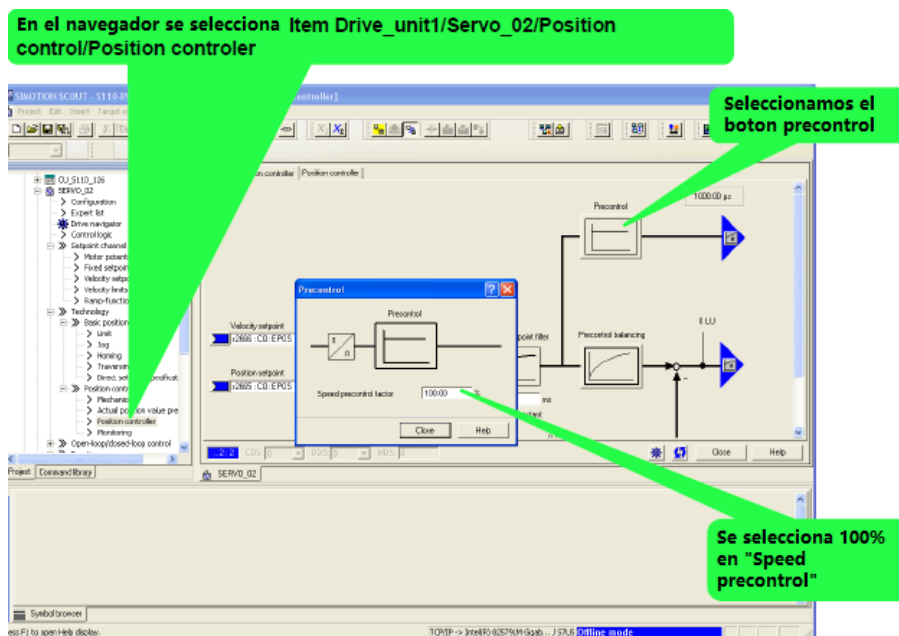


Figura 60: Menú Precontrol.

Una vez tenemos una configuración definida en el variador es el momento de descargarnos esta parametrización del variador a el proyecto en Starter (Figura 61).

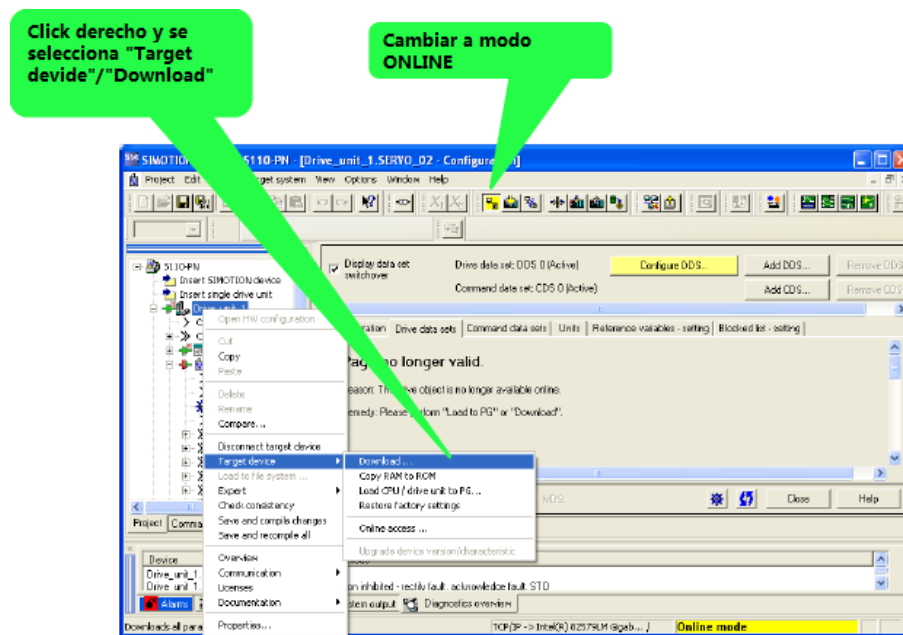


Figura 61: Descarga de la configuración.

Una vez tenemos todo configurado pasamos a las pruebas de este programa. Para ello nos vamos al menú y en las opciones de control cedemos el control del Sinamics S110 al simulador y ponemos en marcha el simulador (Figura 62 y Figura 63).

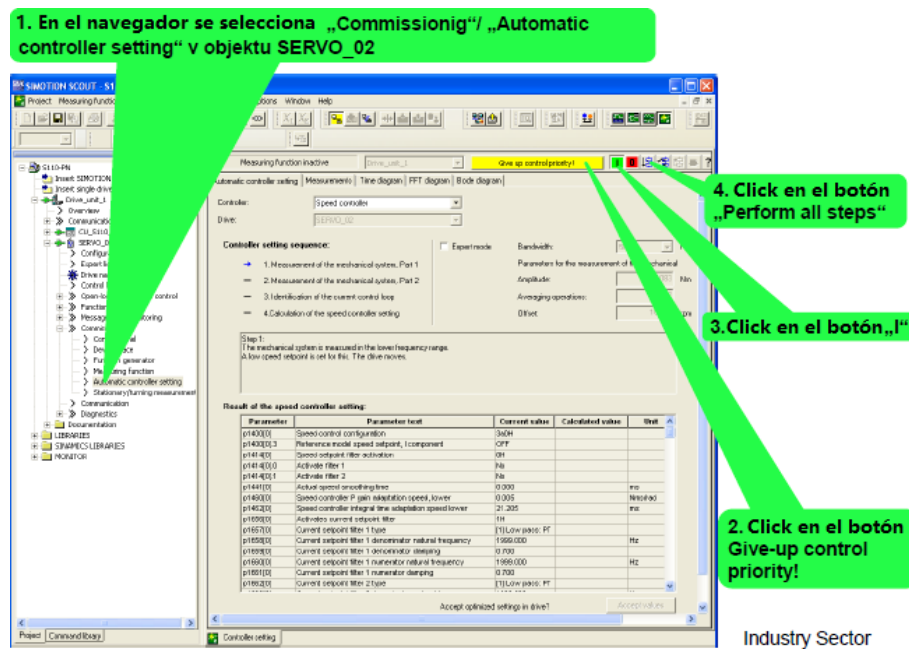


Figura 62: Cesión del control.

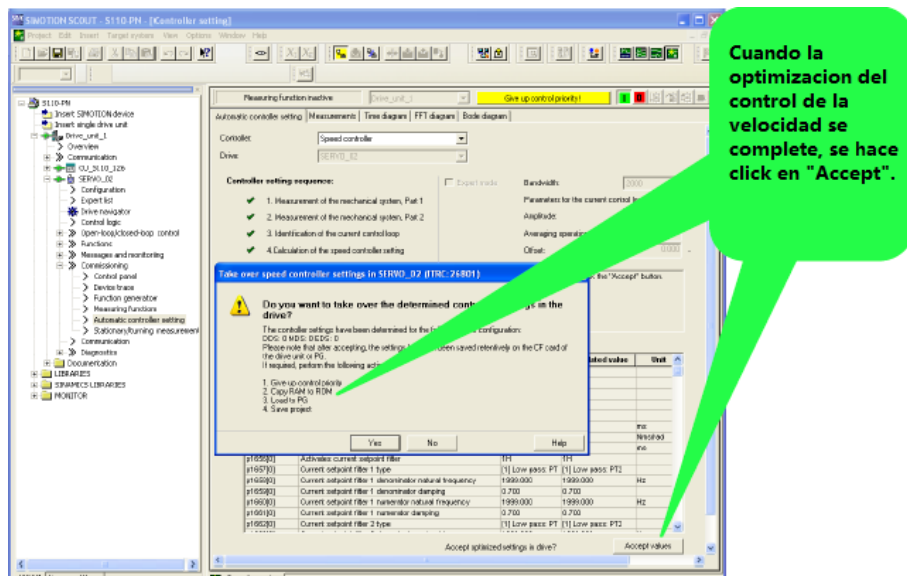


Figura 63: Optimización del control de velocidad.

En la siguiente ventana, llega el momento de pasar a programar los límites máximos y mínimos para la aceleración. Es importante tener en cuenta que los valores numéricos se deben introducir en LU, medida creada por la marca Siemens (Figura 64).

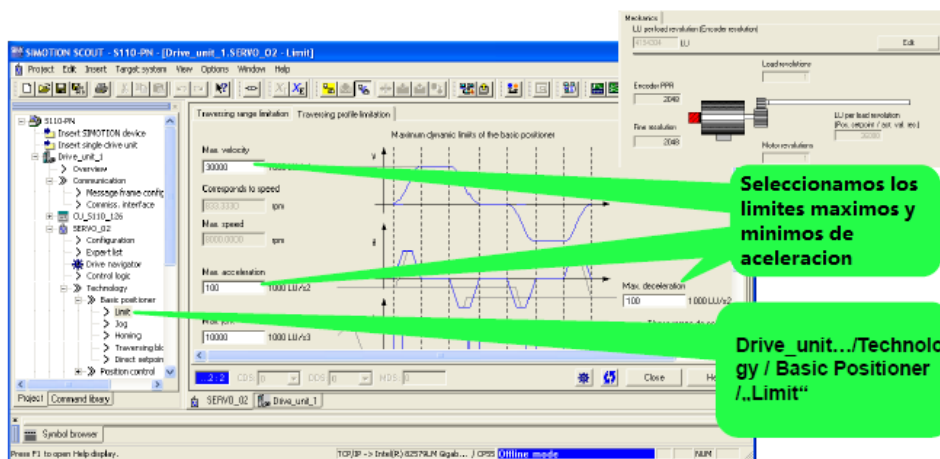


Figura 64: Rampas de aceleración y deceleración.

Para finalizar vamos a puesta en marcha en el panel de control y recuperamos el control del dispositivo, en este punto pulsando los botones "I" y "O" podremos parar o arrancar el Sinamics S110 (Figura 65).

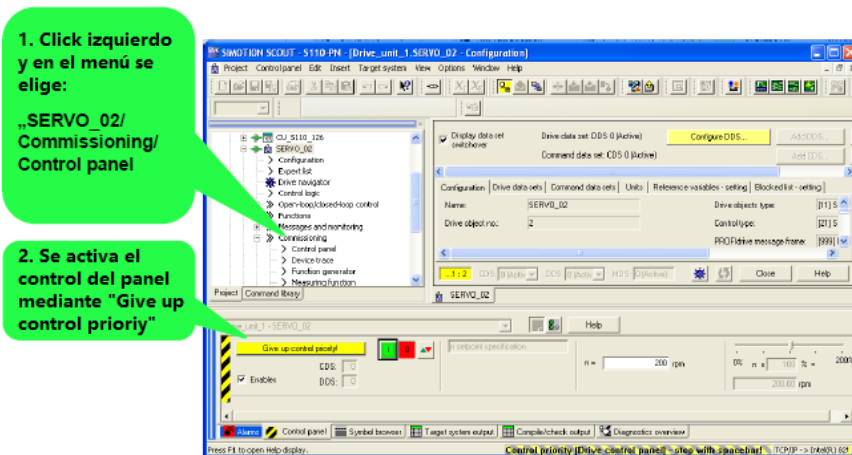


Figura 65: Panel de control.

Para ajustar el lazo de control del variador se prueban varios ciclos y se comprueba cómo se comporta el servomotor acoplado a la guía. Dado que hasta este punto no se ha realizado ningún ajuste en este campo el servo se comportara de forma anormal mostrando pequeños tironeos en la marcha.

Para ajustar el lazo de control podremos hacerlo de dos formas diferentes, la primera de forma manual aplicando la ganancia y la acción integral que se deseé. Para esto nos vamos a “Control/Regulación” >> “Reg. Velocidad” y aplicamos los parámetros que creamos convenientes (Figura 66).

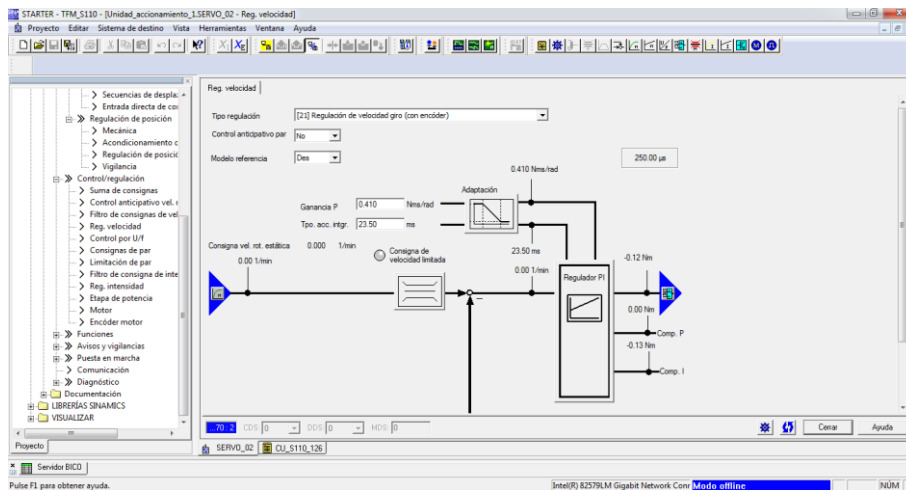


Figura 66: Ajuste manual del lazo de control.

Si se desea hacer de forma automática será tan sencillo como ir a “Puesta en marcha” >> “Ajuste automático de la regulación”.

Para definir la velocidad de trabajo en modo JOG (Posicionamiento simple) se realiza en “Posicionamiento simple” >> JOG >> “Configurar consigna JOG” (Figura 67).

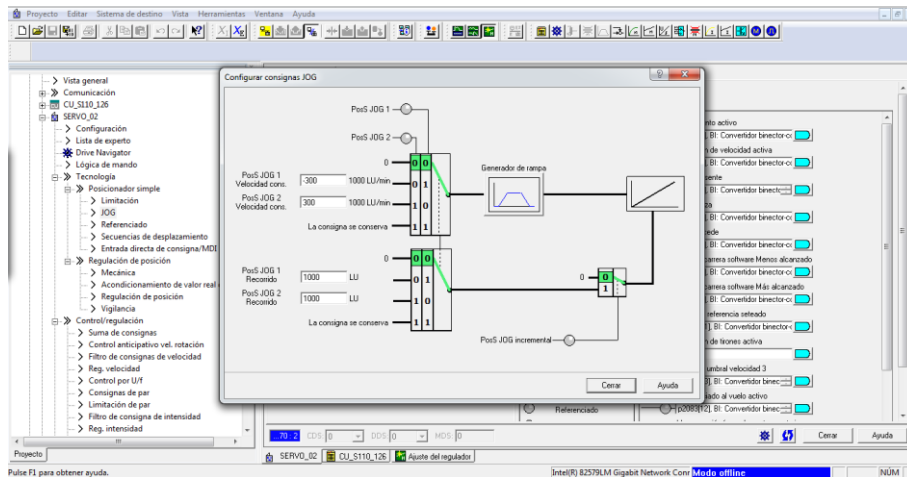


Figura 67: Ajuste de la velocidad.

Por último, todo sistema por coordenadas necesita de un cero maquina o de un origen de coordenadas. Para realizar esta acción se realiza a través de la ruta “Tecnología” >> “Posicionamiento simple” >> “Referenciado” >> “Referenciado” (Figura 68). En esta pantalla se puede ajustar la velocidad de referenciado, la consigna de inicio de referenciado, el tipo de referenciado e incluso las distancias que recorrerá en ambas direcciones en la búsqueda del cero.

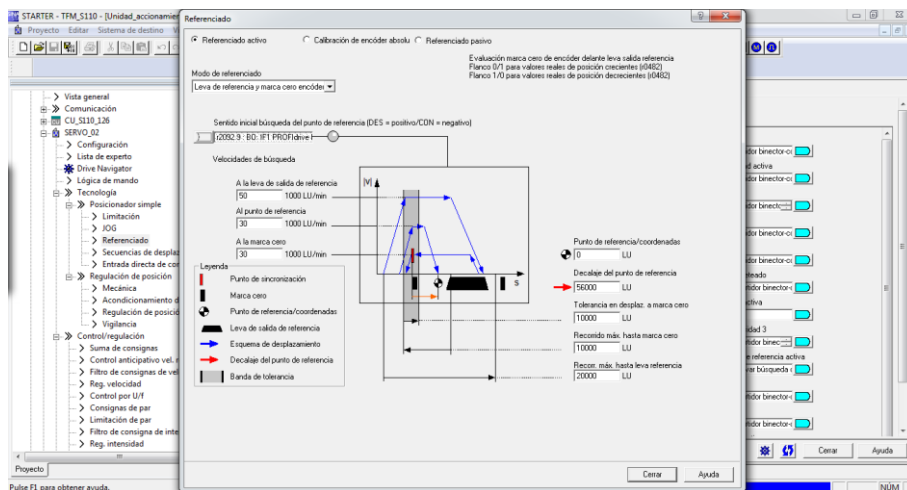


Figura 68: Ajuste del referenciado

3.5.2. Comunicación de sinamics y simatic S7-1500

En este capítulo se estudiará la manera de establecer la comunicación entre el equipo Sinamics S110 y la CPU del proyecto S7-1512c mediante puerto Profinet.

Se establece el mapa de conexiones de los distintos equipos presentes en esta comunicación. Se cuenta con tres elementos principales, a saber, un autómatas S7-1512c, un Sinamics S110 y por último, un motor Simotic S.

La comunicación y mando entre el motor Simotic y el equipo Sinamics S110 se realiza mediante puerto Profinet. A su vez el motor cuenta con alimentación procedente del módulo CU-305 situado bajo el equipo Sinamics.

En la *Figura 69* podemos ver representadas las distintas líneas de comunicación Profinet existentes en el proyecto.

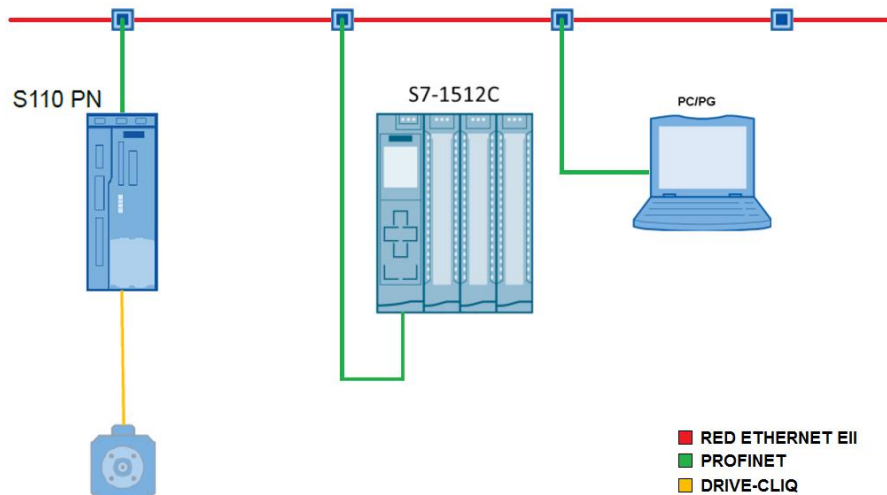


Figura 69: Mapa de comunicaciones.

En apartados anteriores se ha definido la puesta en servicio del equipo Sinamics S110, quedando definida durante este proceso de configuración la comunicación Profinet entre este equipo y el motor Simotic, por lo que de aquí en adelante se pasará a establecer la comunicación entre el Sinamics S110 y el autómatas S7-1512c empleando para esto la herramienta Siemens TIA (*Figura 70*).

Se comienza creando un nuevo proyecto y dándole a este el nombre deseado.

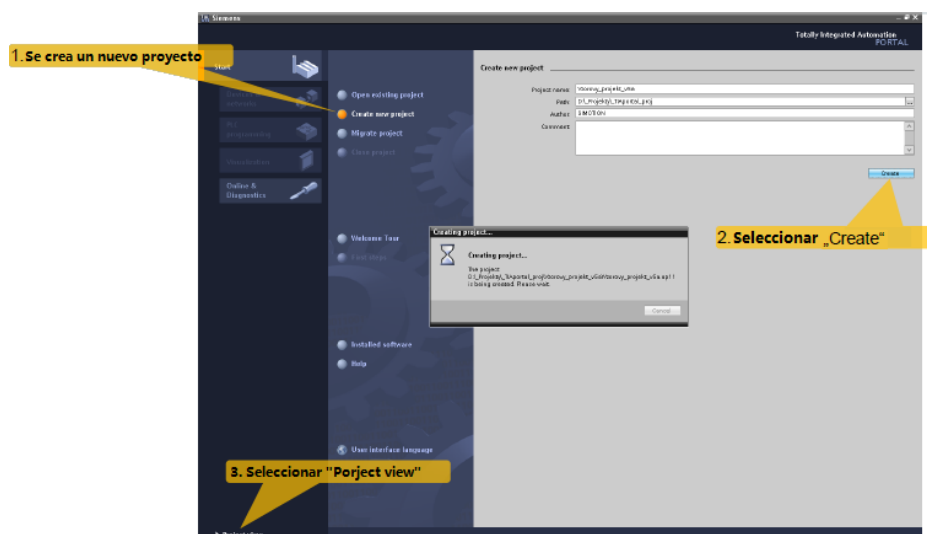


Figura 70: Nuevo proyecto en TIA Portal.

Dado que el tipo de comunicación que deseamos realizar es Profinet es necesario asignar al equipo seleccionado un IP y una máscara de subnet (Figura 71).

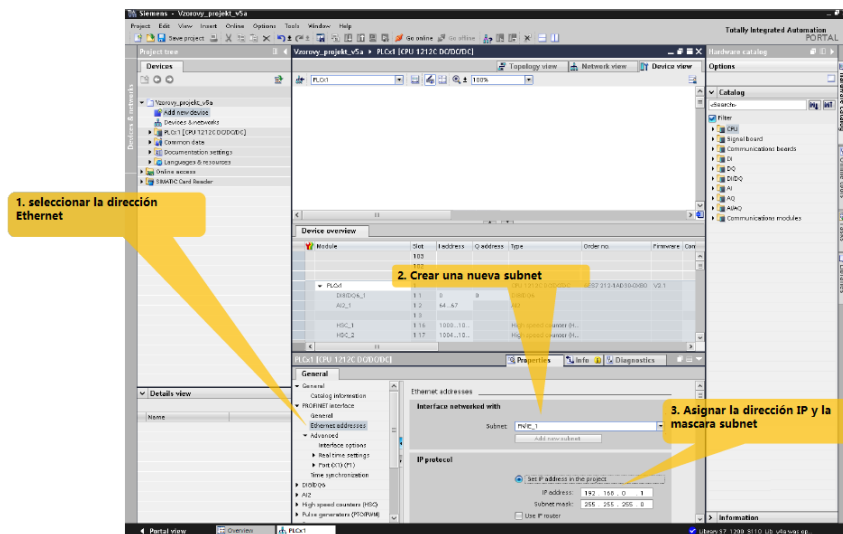


Figura 71: Asignación de IP y máscara.

Se procede a colocar el equipo Sinamics S110 en el mapa de dispositivos del proyecto. Se elige el equipo empleado y se procede a la configuración del mismo (Figura 72).

Es importante que el equipo tenga el mismo nombre, dirección IP y máscara que le habíamos dado con anterioridad en el proyecto realizado en Starter, dado que si no es así, los dos equipos no comunican al no encontrar el PLC al equipo Sinamics S110.

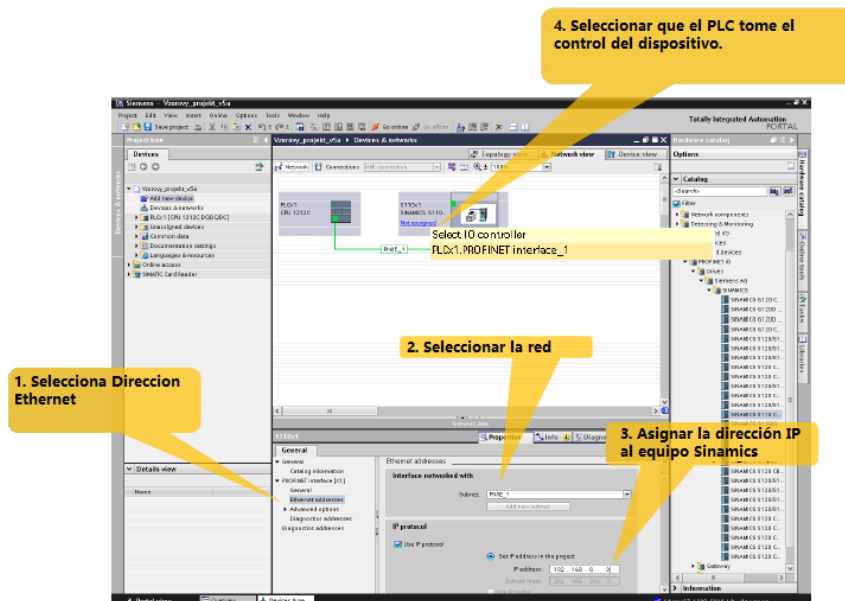


Figura 72: colocar y asignar equipo S110.

Se pasa a insertar un dispositivo "Drive DO servo" como se puede comprobar en la *Figura 73*:

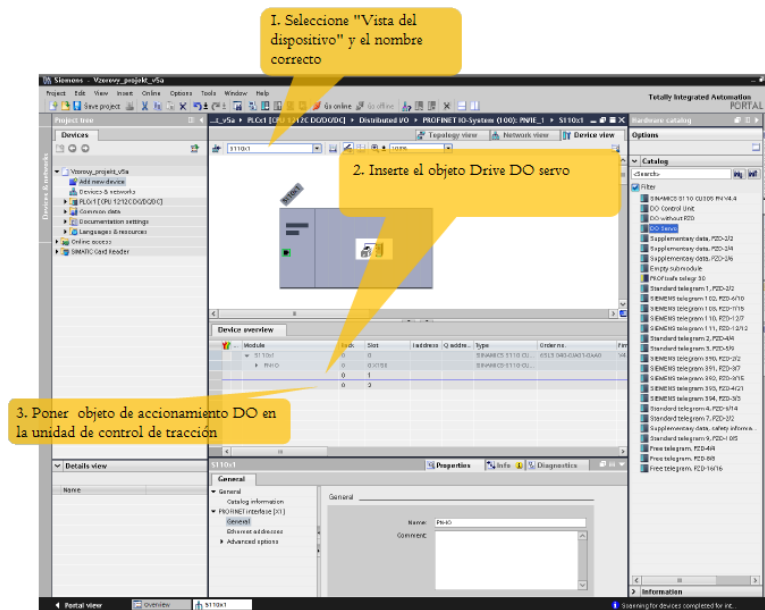


Figura 73: Insertar dispositivo.

Una vez tenemos los dispositivos asignados, se procede a la selección de los telegramas en el programa de TIA Portal como ya se hizo en su momento para el proyecto en Starter. Definiremos los Telegramas 111 para el servo y el telegrama 394 para la unidad de control (Figura 74).

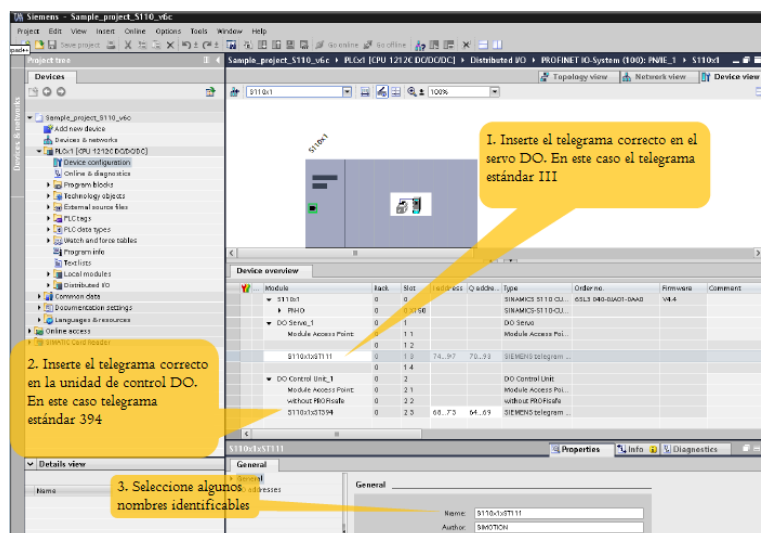


Figura 74: Selección de telegramas.

La comunicación Profinet entre el autómata o PLC s7-1512c y el módulo Sinamics S110 consiste en el envío y recepción del telegrama que ha sido seleccionado en apartados anteriores de este capítulo de forma cíclica.

En este punto se debe definir el tiempo de ciclo que tendrá esta acción, es decir, el tiempo que esta comunicación tarda en enviar y recibir dicho telegrama. Si el tiempo de ciclo es muy corto la respuesta será más rápida pero ocuparemos más ancho de banda e incluso si este tiempo es muy corto puede llegar incluso a desbordarse la comunicación quedando bloqueada o colgada. Por el contrario si el tiempo de ciclo es demasiado largo, el periodo de comunicación también lo será e implicará una respuesta más lenta del objeto a controlar.

Por este motivo se ha planteado un tiempo moderado para la función que deseamos realizar, se ha establecido 8 ms de tiempo de ciclo (*Figura 75*).

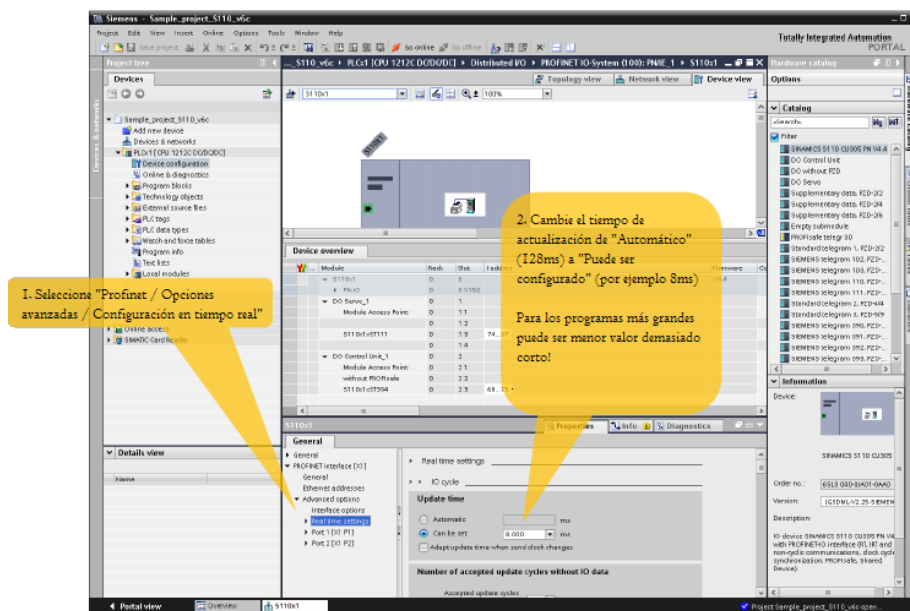


Figura 75: Ajuste del tiempo de ciclo.

Una vez se ha configurado esta opción, se procede a la colocación de la DB de instancia necesaria para el control de módulo de control Sinamic S110.

El programa TIA Portal no cuenta con las librerías necesarias para controlar este dispositivo por lo que es necesario descargar de la página de Siemens dicho archivo e importamos a la base de datos del programa.

Una vez el programa cuenta con la librería para el control de objeto Sinamics S110, se arrastra del menú de librerías al proyecto en cuestión, de esta forma, se puede comenzar la programación de este objeto tecnológico (*Figura 76*).

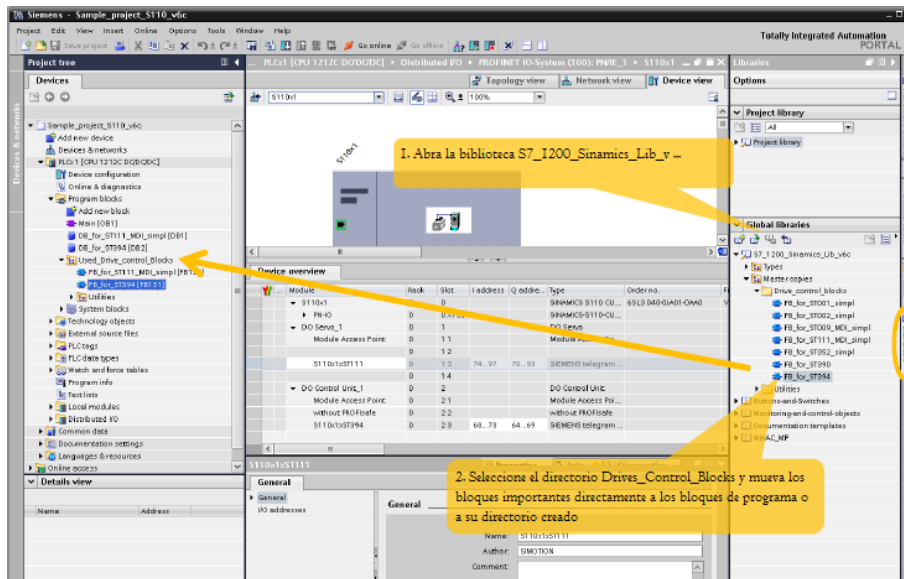


Figura 76: Insertar bloque de función de librería.

Se arrastra el bloque de programación con nombre “FB_for_ST394” a un segmento de programación. Al insertar este bloque nos pedirá la creación de una nueva DB, creamos y damos a “OK” (Figura 77).

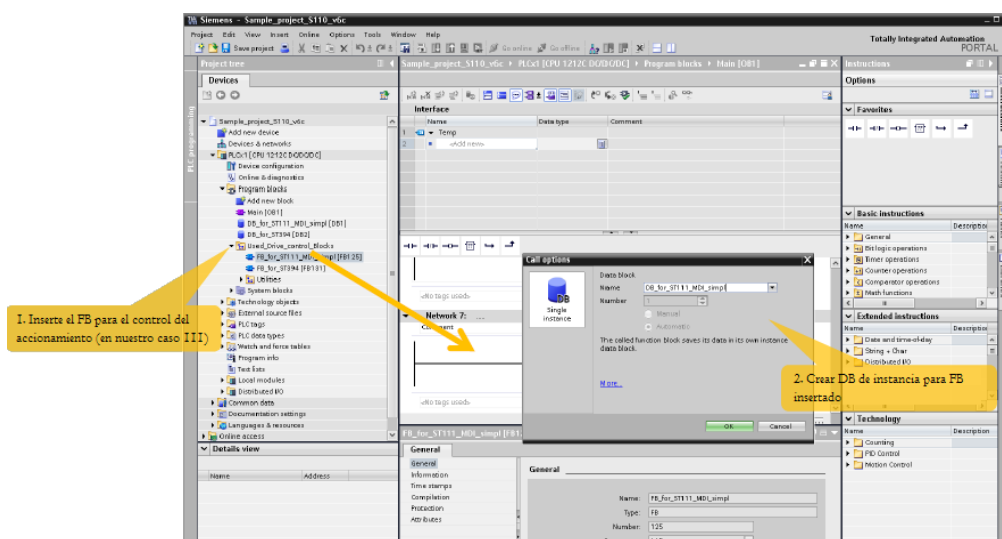


Figura 77: Selección de telegramas.

Una vez se tiene el bloque de función colocado en un segmento se puede proceder a la asignación de los punteros de la función. Como se puede observar en la Figura 78, tendremos una serie de entradas al bloque con las que se puede realizar diferentes tareas, como girar a la derecha, girar a la izquierda, habilitar, reset, ir a posición, definir velocidad, etc. Como salidas del mismo se puede obtener el estado del Sinamics S110, la posición absoluta, etc.

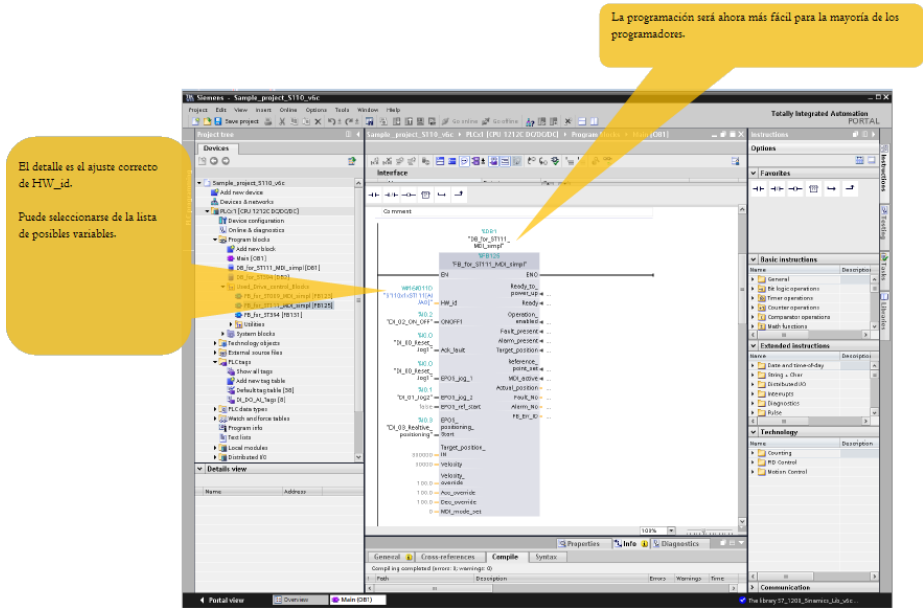


Figura 78: Ajuste de la comunicación de la Interface de FB.

En la siguiente *Figura 79* se puede los “tags” del Sinamic S110, sobre estos tags o direcciones es sobre los que actuará el bloque de función que se definido anteriormente.

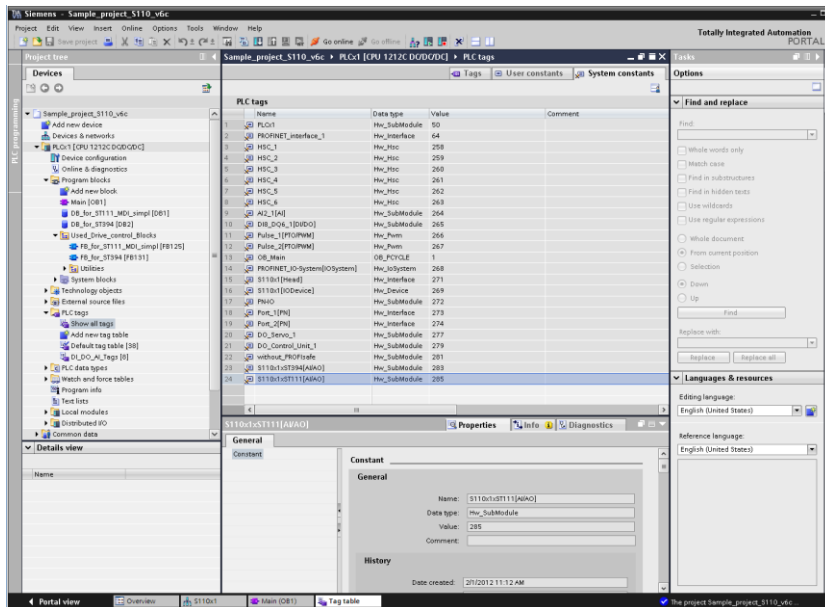


Figura 79: Obtención del valor correcto de HW_id.

Por último, se carga en el PLC la programación realizada hasta el momento (*Figura 80*).

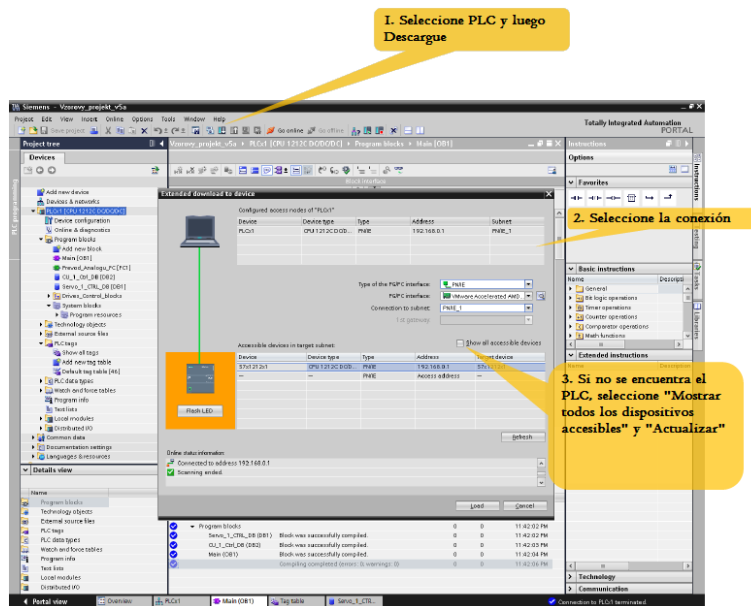


Figura 80: Cargar la configuración al PLC.

La comunicación ya estaría lista dado que mediante el proceso definido a lo largo de este capítulo, se ha podido programar y parametrizar la comunicación tanto para el Sinamics S110, mediante el programa Starter, como para el PLC mediante el programa TIA Portal.

3.5 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

En el presente trabajo se pretende realizar una aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en la programación de autómatas o PLC, más concretamente en la programación mediante la herramienta TIA Portal de los autómatas de la serie Siemens S7. Se han empleado para la programación el lenguaje de contactos (KOP) para la mayoría de los bloques del programa y el lenguaje graficet (GRAPH) para la programación de la secuencia automática.

La maniobra programada para el control de este sistema es la que se muestra a continuación:

Para permitir la entrada de aire comprimido al sistema neumático el PLC debe estar en RUN y además, es necesario pulsar el botón MARCHA del panel frontal del armario, si esto sucede la salida asociada Q6.6 valdrá un 1 lógico. Si una vez activada esta salida se pulsa una seguridad o se pulsa el botón PARO del panel, la electroválvula que controla el paso del aire será desactivada el estado de la salida asociada a la electroválvula cambiará cargándose un 0 lógico. Para la habilitación del variador el funcionamiento será el mismo que en el caso anterior, el variador se habilitara al pulsar el botón MARCHA del panel frontal y se detendrá al pulsar el botón PARO o ser activada alguna de las seguridades.

El sistema tendrá dos modos de funcionamiento que se controlará mediante un selector de dos posiciones (MAN/AUTO). Sólo se tendrán en cuenta las órdenes de movimiento de los actuadores neumáticos cuando el selector MAN/AUTO de la botonera se encuentre en posición manual (MAN). Si por el contrario el selector se encuentra en posición automático (AUTO), el PLC debe ignorar cualquier acción que se le indique desde la botonera, exceptuando del botón de MARCHA, PARO, REARME y las seguridades como pulsación de las setas de emergencia, células fotoeléctricas y finales de carrera de seguridad, que sí se tendrá en cuenta.

En el modo manual (MAN), cada botón del frontal del cuadro eléctrico está asociado a un cilindro o actuador neumático. Para más información se adjunta la siguiente tabla:

I11.5	Apertura / cierre de la pinza.
I11.6	Giro derecha / izquierda.
I11.7	Subir / bajar actuador
I12.0	Recogida / salida del cilindro
I12.1	Alimentar / retener pieza.

Tabla 1: Señales de control de actuadores neumáticos.

Si pulsamos cualquiera de los primeros cuatro botones, el programa realizado chequeará el estado en el que se encuentra el actuador en ese preciso momento, y se enviará la orden para que éste cambie de posición. Este modo, si un actuador como pudiera ser el de la pinza o garra se encuentra en posición abierta, al pulsar el botón I11.5 pasaría a la posición de cerrada, siempre y cuando el modo manual (MAN) se encuentre activado. Esta orden será realizada al recibir el flanco de subida de la pulsación del botón (Figura 81).

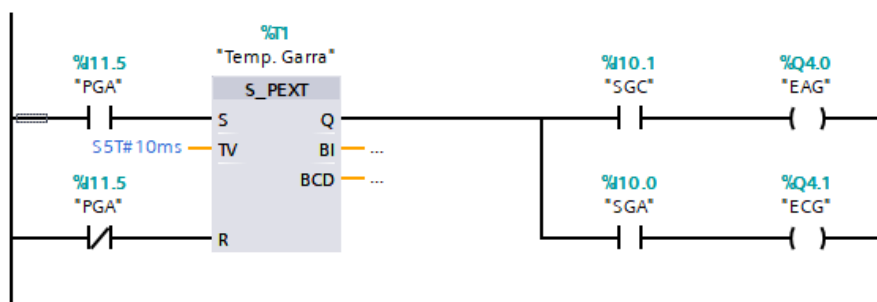


Figura 81: Segmento Apertura/ cierre pinza.

Para el caso del quinto cilindro, dado que para este actuador no se cuenta con un detector de la posición en la que se encuentra, si se detecta un flanco ascendente de la entrada I12.1 el actuador permanecerá en la posición de abierto (alimentar pieza), es la posición se mantendrá hasta el momento en el que el botón deje de estar

pulsado, instante en el que el actuador retornará a la posición de cerrado (estado de reposo) mediante el retorno de muelle incorporado en la electroválvula (*Figura 82*).

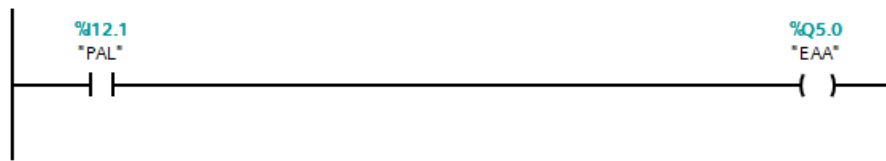


Figura 82: PC Segmento Apertura/ cierre alimentador.

Por último, en el modo manual (MAN) se permitirá el desplazamiento hacia puesto de llegada pieza o puesto de pesada del manipulador, para ello se cuenta con dos botones cada uno de ellos permite realizar el desplazamiento en cada una de las direcciones, a saber izquierda o derecha. Al pulsar uno de estos botones el PLC mandará una señal vía Profinet (PN) al variador activando el sentido de giro asociado al botón, este movimiento se mantendrá mientras este pulsado el botón y no se halla sobrepasado la zona de trabajo delimitada por los finales de carrera exteriores.

Como ya se ha citado, sólo se tendrán en cuenta las órdenes de movimiento de los actuadores neumáticos cuando el selector MAN/AUTO de la botonera se encuentre en posición manual (MAN).

Si el selector se encuentra en posición automático (AUTO), el PLC debe ignorar cualquier acción que se le indique desde la botonera, exceptuando las seguridades, por ejemplo, se pulse alguna seta de emergencia o se interrumpa la barrera fotoeléctrica colocada en el frente del sistema; si esto sucede, se deberá encender una lámpara en el frontal del cuadro a razón de 0.5 Hz y ser desactivada la entrada de aire al sistema y la habilitación del variador.

En el modo automático (AUTO), el sistema deberá hacer una secuencia pre-programada en el autómatas, que consistirá en:

1. Búsqueda del cero de referencia en la guía.
2. Alimentar sino hay pieza
3. Avanzar hasta puesto de recogida de pieza.
4. Recoger pieza en el alimentador.
5. Abrir pinza, bajar pinza, recoger pieza, cerrar pinza y subir.
6. Ir a la báscula de pesaje.
7. Soltar pieza en la báscula.
8. Pesar pieza.

9. Recoger pieza de la báscula.
10. Clasificándola según su peso.
11. Ir al cajón correspondiente.
12. Soltar pieza en el cajón.
13. Volver a iniciar ciclo a partir del paso 2.

Esta secuencia comenzara al pulsar el botón MARCHA del panel frontal del armario y por algún motivo se desea parar la secuencia en un punto pulsar el botón PARO, si realizamos dicha acción el programa no perderá la información sobre la etapa del programa en la que se encuentra por lo que al volver a pulsar el botón MARCHA continuara el programa en el punto donde se quedó. Si por algún motivo una de las emergencias es activada el programa deberá volver a su inicio, por lo que para poder activar la secuencia se tiene que pulsar el botón REARME y seguidamente el botón MARCHA.

La secuencia desarrollada al ser una secuencia realizada en Graph puede ser modificada o sustituida por otra que se adapte a posibles modificaciones de la maqueta. También puede ser sustituido por otra función permitiendo así la programación a los alumnos sirviéndoles de este modo como práctica de laboratorio.

Si se activa cualquiera de las emergencias, quedará enclavada hasta el momento en el que se pulse el botón del panel frontal de rearme. Si ésta señal permanece activa, no se permitirá el movimiento de ningún actuador ya que la entrada de aire al sistema queda bloqueada hasta el rearme.

Para el programa desarrollado se tienen las siguientes señales de entrada y salida asignadas al PLC.

En primer lugar, se tiene una señal analógica o “Analog Input”, para dirigirnos a ellas usaremos la abreviatura AI (*Tabla 2*).

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
IW0	Pesaje Báscula

Tabla 2: Señales de entrada analógicas.

Como señales digitales de entrada al PLC o “Digital Input” tendremos las que se muestra en la *Tabla 3*, para referirnos a ellas usaremos la abreviatura DI.

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
I10.0	Sensor de pinza abierta
I10.1	Sensor de pinza cerrada
I10.2	Sensor de giro derecha
I10.3	Sensor de giro izquierda
I10.4	Sensor de bajada de actuador
I10.5	Sensor de subida de actuador
I10.6	Sensor de salida de cilindro
I10.7	Sensor de recogida de cilindro
I11.0	Sensor alimentador
I11.1	Seta emergencias cuadro
I11.2	Pulsador de Marcha
I11.3	Pulsador de Paro
I11.4	Pulsador Rearme
I11.5	Pulsador Pinza
I11.6	Pulsador Giro
I11.7	Pulsador Subida
I12.0	Pulsador Salida
I12.1	Pulsador Alimentador
I12.2	Pulsador movimiento izquierda
I12.3	Pulsador movimiento derecha
I12.4	Selector de modo
I12.5	Emergencias mesa
I12.6	Emergencias guía
I12.7	Inductivo de emergencia
I13.0	Fotocélula pasillo
I13.1	Final de carrera Izquierdo
I13.2	Final de carrera Centro
I13.3	Final de carrera Derecho

Tabla 3: Señales de entrada digitales.

Para las señales digitales de salida del autómatas o “Digital Output” se tienen las que se muestra en la *Tabla 4* se denominaran con la abreviatura DO.

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Q4.0	Electr. apertura pinza
Q4.1	Electr. cierre pinza
Q4.2	Electr. giro derecha
Q4.3	Electr. giro izquierda
Q4.4	Electr. bajada de actuador
Q4.5	Electr. subida de actuador
Q4.6	Electr. salida de cilindro
Q4.7	Electr. recogida de cilindro
Q5.0	Electr. Alimentador
Q5.1	Lamp. Emergencias
Q5.2	Lamp. Marcha
Q5.3	Lamp. Paro
Q5.4	Lamp. Rearme
Q5.5	Lamp. Pinza
Q5.6	Lamp. Giro
Q5.7	Lamp. Bajada
Q6.0	Lamp. Salida
Q6.1	Lamp. Alimentador
Q6.2	Lamp. movimiento derecha
Q6.3	Lamp. movimiento izquierda
Q6.4	Lamp. modo manual
Q6.5	Lamp. modo automático
Q6.6	Electr. Alimentación de aire al sistema

Tabla 4: Señales de salidas digitales.

3.6 MANUAL DE PUESTA EN MARCHA DE SISTEMA (DEL TÉCNICO DE MTO.)

Para poner en marcha por primera vez sistema será preciso seguir los pasos que se indican a continuación.

1. Conectar el cuadro eléctrico mediante la toma de corriente.
2. Conectar los cables profinet (PN) del PLC y el variador a la red de la escuela.
3. Introducir memory card en la ranura para SDs de la CPU del autómatas.
4. Cerrar seccionador general situado a la izquierda del cuadro general.
5. Subir interruptor diferencial, automáticos y guarda motor situados en la parte superior de la placa del cuadro eléctrico.
6. Poner en tensión al PLC, activando la fuente de alimentación situada junto a autómatas a través de sus interruptores.
7. Cargar el programa "TFM_VAR" del variador desde la herramienta STARTER.
8. Cargar programa "TFM_PLC" desde la herramienta TIA Portal v14 en el PLC.
9. Colocamos en RUN el interruptor de estado de la CPU del PLC.

Puesta en marcha del sistema neumático:

1. Colocar el interruptor del compresor en la posición AUTO.
2. Abrir la válvula de salida de aire hacia la placa de acondicionamiento de aire.

NOTA: Si surge algún problema con los equipos neumáticos (ausencia de aire en el sistema, fugas o rotura de componentes) se debe recurrir a los técnicos encargados del mantenimiento de la instalación.

AL FINALIZAR SE DEBE DEJAR TODO EL EQUIPO EN LAS CONDICIONES EN QUE SE ENCONTRÓ AL PRINCIPIO (el PLC en STOP y apagado, las fuentes de alimentación y la alimentación general apagadas, la válvula de salida del compresor cerrada, y el interruptor del compresor en OFF).

3.7 GUÍA DE USUARIO (DEL ALUMNO)

Para poder realizar cualquier actividad con el sistema, será necesario seguir los pasos que se indican a continuación para la puesta en servicio.

Puesta en marcha del PLC y variador:

1. Comprobar que el sistema está conectado a la red eléctrica.
2. Subir interruptor diferencial, automáticos y guarda motor situados en la parte superior del interior del cuadro.
3. Poner en tensión al PLC, activando la fuente de alimentación situada junto a autómeta a través de sus interruptores.
4. Comprobar si la memory card esta introducida en la ranura para SDs de la CPU del autómeta.
5. Es de gran importancia comprobar que el programa desarrollado está cargado en el PLC
6. Colocamos en RUN el interruptor de estado de la CPU del PLC.
7. Accionar el seccionador general situado a la izquierda del cuadro general.

Puesta en marcha del sistema neumático:

1. Colocar el interruptor del compresor en la posición AUTO.
2. Abrir la válvula de salida de aire hacia la placa de acondicionamiento de aire.

NOTA: Si surge algún problema con los equipos neumáticos (ausencia de aire en el sistema, fugas o rotura de componentes) se debe recurrir a los técnicos encargados del mantenimiento de la instalación.

En modo manual el usuario podrá realizar el desplazamiento en ambos sentidos del manipulador, el cierre y apertura de la pinza, el giro del 0..90, la subida y bajada del actuador y la salida y retroceso del cilindro.

En el modo automático realizará la secuencia descrita en el presente proyecto. Esta comenzara al pulsar el botón de marcha con el selector en posición AUTO

AL FINALIZAR SE DEBE DEJAR TODO EL EQUIPO EN LAS CONDICIONES EN QUE SE ENCONTRÓ AL PRINCIPIO (el PLC en STOP y apagado, las fuentes de alimentación y la alimentación general apagadas, la válvula de salida del compresor cerrada, y el interruptor del compresor en OFF).

CAPITULO 4 ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente capítulo se tratará los costes parciales y totales del proyecto de cableado, automatización, control de equipos que constituyen el sistema manipulador electroneumático servocontrolado. Estos costes se dividirán en costes directos e indirectos.

7.2. COSTES DIRECTOS.

Dentro de los costes directos se evaluarán los materiales de oficina, el coste del personal, y el coste de los materiales directos empleados. En los siguientes apartados se describirán con claridad cada uno de ellos.

7.2.1. Cálculo de las horas efectivas de trabajo.

Días de trabajo en medio año	365,25 días
Sábados y domingos	104,36 días
Días de vacaciones efectivos	20,00 días
Días festivos reconocidos	15,00 días
Días perdidos estimados	10,00 días
Total días efectivos estimados	215.89 días
<hr/>	
Horas de manejo del sistema original,	35 horas
Horas de diseño del nuevo sistema de control	120 horas
Horas de realización de esquemas eléctricos	180 horas
Horas de fabricación del armario	480 horas
Horas de cableado señales de campo,	40 horas
Horas de verificación armario,	80 horas
Horas de formación en manejo del variador,	20 horas
Horas de programación variador.	80 horas
Horas de programación maniobra.	250 horas
Horas de puesta a punto del sistema.	150 horas
Horas de redacción de la memoria.	300 horas
Total horas efectivas estimadas	1735 horas

7.2.3. Coste de personal.

Para los cálculos de este apartado se considerará que el proyecto será realizado por un Ingeniero, el sueldo de la persona se calculara atendiendo a los siguientes conceptos: Sueldo bruto y cotizaciones a la Seguridad Social.

El coste de personal se calcula multiplicando el número de horas empleadas por el coste efectivo de una hora de trabajo.

Sueldo bruto más incentivos (15 €/h)	26.025,00 €
Seguridad Social (35% del sueldo bruto)	5.465,25 €
Total costes de personal	31.490,25 €

7.2.4. Costes de materiales directos.

En este apartado se realiza el estudio económico de los elementos empleados para hacer posible la automatización, control y supervisión del sistema.

CPU S7-1512C-1PN	ES2:C018OFOCT1546	1	1.492,84 €
Variador SINAMICS S110	6SL3097-4AG10-0EP0	1	357,62 €
SINAMICS S110 control unit. CU305	6SL3040-0JA01-0AA0	1	632,35 €
Cable de potencia	6FX5002-5CG10-1AC0	1	75,21 €
Cable completo de señales	6FX5002-2DC10-1AC0	1	70,17 €
Motor síncrono 1FK7-CT	1FK7042-2AC71-1QA0	1	774,80 €
Armario 800x600x260	0165MAS0806026	1	133,14 €
Int, puerta 16A 4P ROJO/AMARILL	3LD20031TL53	1	39,67 €
Guardamotor 1,4-2A 0,75kW S0	3RV10211BA10	1	59,97 €
Pulsador rasante NEGRO metal	3SU1050-0AB10-0AA0	8	2,73 €
Contacto 1NA p/3SU	3SU1400-1AA10-1BA0	10	2,04 €
Soporte para 3 elementos	3SU1550-0AA10-0AA0	26	1,60 €
Selector lumin,0-1 NG-BL metal	3SU1052-2BF60-0AA0	1	5,22 €
Pulsador seta Ý40 ROJA p/giro	3SU1050-1HB20-0AA0	1	13,73 €
Contacto 1NC p/3SU	3SU1400-1AA10-1CA0	1	2,04 €
Borna conexión 2,5mm AMA/VERDE	8WA10111PF00	6	3,09 €

Borna conexión 2,5mm AZUL	8WA10111BF23	25	1,17 €
Borna conexión 2,5mm GRIS	8WA10111DF11	50	0,89 €
Piloto Ý22 BLANCO metal	3SU1051-6AA60-0AA0	3	2,72 €
Piloto Ý22 ROJO metal	3SU1051-6AA20-0AA0	2	2,72 €
Piloto Ý22 VERDE metal	3SU1051-6AA40-0AA0	8	2,72 €
Piloto Ý22 AMBAR metal	3SU1051-6AA00-0AA0	1	2,72 €
Portalám,c/LED BLANCO 24VAC/DC	3SU1401-1BB60-1AA0	3	3,10 €
Portalám,p,c/LED ROJO 24VAC/DC	3SU1401-1BB20-1AA0	2	3,10 €
Portalám,p,c/LED VERDE 24VAC/DC	3SU1401-1BB40-1AA0	8	3,10 €
Portalám,p,c/LED AMBAR 24VAC/DC	3SU1401-1BB00-1AA0	1	3,10 €
Mecanizado en aluminio de brida	---	1	199,77 €

Total costes de materiales directos **3.891,33 €**

7.2.2. Materiales de oficina.

Portátil (consola de programación)	715,75 €
Disco SSD 960 GB	198,35 €
Licencias de Software TIA Portal v14	0,00 €

Total materiales de oficina **914,10 €**

7.2.5. Total de los costes directos.

Sumando las tres partidas correspondientes a los costes directos, se tiene el total de los mismos.

Costes de personal	31.490,25 €
Costes de material de oficina	914,10 €
Costes de los materiales directos	3.891,33 €

Total costes directos **36.295,68 €**

7.3. COSTES INDIRECTOS.

Dentro de este tipo de costes pueden imputarse las siguientes partidas.

Gastos de formación del personal	1.000,00 €
Servicios administrativos	100,00 €
Consumo eléctrico imputable	50,00 €
<hr/>	
Total costes indirectos	1.150,00 €

7.4. COSTE TOTAL DEL PROYECTO.

Si sumamos tanto los costes directos como indirectos, se obtendrá el coste total del proyecto.

Total costes directos	36.295,68 €
Total costes indirectos	1.150,00 €
<hr/>	
Total coste del proyecto	37.445,68 €

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Tras la finalización del presente trabajo fin de master se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se ha realizado la rehabilitación y puesto en marcha de un sistema de control de calidad clasificador de piezas por peso de tipo Electroneumático, dotado de control de posición para su funcionamiento suave y seguro.
- Se han desarrollado los esquemas eléctricos del armario y del conexionado periférico, incluyendo en ellos los distintos elementos del sistema de control de posición y actuadores electromecánicos.
- Se ha realizado el diseño y fabricación del armario eléctrico de control del sistema.
- Se ha realizado el conexionado físico de las señales de los sensores y actuadores del sistema para que el programa del autómatas puede gestionarlos.
- Se ha programado y parametrizado el variador Simotics S110 de Siemens consiguiendo el desplazamiento de la mesa del manipulador en ambas direcciones y a diferentes velocidades en función de la tarea a realizar.
- Se ha programado el autómatas S7-1512c de Siemens consiguiendo el control de la posición de la guía lineal, así como la supervisión del estado de las señales de entrada y salida.

CAPITULO 6 LÍNEAS FUTURAS

Entre los trabajos de mejora de futuro planteados, se propone la realización de un SCADA bajo la herramienta TIA Portal v14 empleando una pantalla HMI y haciéndola correr bajo un entorno virtual.

El equipo queda a disposición de futuros estudios teóricos y prácticos, habiéndose generado toda la documentación necesaria para un mantenimiento o modificación.

CAPITULO 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para la realización del presente trabajo fin de master se ha consultado la siguiente bibliografía:

- “Simatic S7-1500, manual”, Siemens, Nürnberg, Alemania, 2014.
- “Comunicación Sinamics S110 con el sistema de control Simatic S7-1200 a través de PROFINET”, Siemens, Nürnberg, Alemania, 2011.
- Honcik, Tomas, 2012, “Sinamics S110, puesta en marcha”, Nürnberg, Alemania,
- “Sinamics S110, manual” - Siemens Support, Siemens, Nürnberg, Alemania 2015.
- “FAQ for changing and saving parameters using STARTER”, Siemens, Nürnberg, Alemania 2013.
- “Servo Drive Optimization Guide”, Siemens, Nürnberg, Alemania, 2012.
- “SIMODRIVE 611, Planning Guide”, Siemens, Nürnberg, Alemania, 2003.
- Sáez, J., 1999, “Manipulador electro-neumático controlado en posición mediante servomotor de C.A.”, Valladolid, Universidad de Valladolid.

ANEXO I

A continuación se muestran los esquemas eléctricos en los que aparecen los distintos componentes que constituyen el sistema eléctrico, así como los esquemas y despieces de las partes integrantes del conjunto.

