



TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

PROYECTO:
**AUTOMATIZACIÓN DE CONTROL DE ADITIVOS EBT (ELECTRIC
BOTTOM TAPPING) PARA HORNO FUNDICIÓN DE ACERO.**

EMPRESA:
SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V.

PERIODO DE REALIZACIÓN:
DEL 7 DE AGOSTO DE 2024 AL 28 DE DICIEMBRE DE 2024.

PRESENTA:
JONATHAN MEJIA HERNANDEZ
NO. DE CTRL:20370478

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTROMECHANICA

ASESOR INTERNO:
JOSÉ MANUEL CERVANTES VÁZQUEZ

ASESOR EXTERNO:
VICTOR MANUEL HERNANDEZ GUEVARA



Tzompantepec, Tlaxcala, 28/octubre/2025

Oficio No. MM-675/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JONATHAN MEJÍA HERNÁNDEZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
No. De Control:	20370478
Nombre del Proyecto:	"AUTOMATIZACIÓN DE CONTROL DE ADITIVOS EBT (ELECTRIC BOTTOM TAPPING) PARA HORNO FUNDICIÓN DE ACERO".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

DR. JOSÉ MANUEL CERVANTES VÁZQUEZ
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **04/Noviembre/2025**

JONATHAN MEJIA HERNÁNDEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370478.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"AUTOMATIZACIÓN DE CONTROL DE ADITIVOS EBT (ELECTRIC BOTTOM TAPPING) PARA HORNO FUNDICIÓN DE ACERO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

A lo largo del desarrollo de este proyecto, he contado con el apoyo, guía e inspiración de muchas personas y entidades que han sido fundamentales para alcanzar este logro. Por ello, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todos ellos.

En primer lugar, agradezco a mi familia, quienes han sido mi pilar incondicional en todo momento. Su amor, paciencia y palabras de aliento me han motivado a superar los desafíos y mantenerme enfocado en mis objetivos. Gracias por creer en mí y por brindarme el apoyo necesario para culminar este proyecto.

Extiendo mi gratitud al Instituto Tecnológico de Apizaco que me ha brindado las herramientas académicas y personales para desarrollarme profesionalmente. A mis profesores y compañeros, quienes compartieron conocimientos y experiencias que enriquecieron mi aprendizaje durante esta etapa, les estoy profundamente agradecido.

De manera especial, quiero agradecer a mis asesores interno y externo por su guía experta y dedicación. Sus valiosos consejos y comentarios fueron esenciales para la construcción y ejecución de este trabajo. Su disposición para compartir su experiencia y tiempo ha sido un gran aporte para mi formación.

Asimismo, agradezco a la empresa Simec International S.A. de C.V. por brindarme la oportunidad de colaborar en un entorno profesional y aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación. Su confianza y apoyo fueron fundamentales para el éxito de este proyecto. A cada uno de los integrantes del equipo que me recibió y ayudó durante este proceso, les estoy profundamente agradecido.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto, mi más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin el aporte y compromiso de todos ustedes.

RESUMEN

En el presente documento está enfocado automatizar el control de aditivos en el proceso de fundición de acero con tecnología PLC Siemens ET200S, dentro de la planta SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V. con el objetivo de poder reducir el nivel de aditivos desperdiciados, de que además evitar la intervención de un operador en modo manual.

El PLC debe integrarse sin problemas con otros sistemas de automatización de la planta, de modo que implemente interfaces para que los operadores monitoreen el proceso en tiempo real y detecten fallos mediante diagnósticos que puedan visualizar en el software. Y así contar con funciones de seguridad que reduzcan la intervención manual y apaguen el sistema en caso de fallos o condiciones peligrosas.

De esta forma, garantizamos la seguridad, la fiabilidad y la productividad del área de EBT, posibilitando que el área no experimente retrasos en la ejecución del acero.

INDICE

CAPITULO 1: DESCRIPCION DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O AREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	11
1.1. SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V.....	11
1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	11
1.3. UBICACIÓN	13
1.4. MISIÓN	13
1.5. VISIÓN	13
CAPITULO 2: PROBLEMAS A RESOLVER	14
CAPITULO 3: OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
CAPITULO 4: JUSTIFICACION	16
CAPITULO 5: MARCO TEORICO	17
5.1. Definición de fundición de acero	17
5.2. EBT	17
5.3. Automatización	18
5.4. PLC	18
5.5. SIMATIC ET 200S.....	18
5.6. Unidad lógica (CPU o Procesador)	19
5.7. Fuente de poder	19
5.8. Módulo de entrada.....	20
5.9. Módulo de salida	20
5.10. Señal Analógica	20
5.11. Hardware	21
5.12. Software.....	21
5.13. Relevador termomagnético	21
5.14. Interruptor termomagnético	21
5.16. Contactor.....	21
5.17. Tableros de control	22
5.18. Bus interno	22
5.19. Plano Eléctrico	22
5.20. HMI	23

5.21. Aditivos	23
5.22. Control Scada.....	24
5.23. TiaPortal.....	24
CAPITULO 6: PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	25
6.1. Planificación y análisis del proyecto.....	25
6.2. Especificación de Componentes	26
CAPITULO 7: LISTA DE MATERIALES	29
7.1. Especificación y utilización de los materiales	30
CAPITULO 8: DISEÑO DE PLANOS ELECTRICOS	32
8.1. Conexión al PLC ET200S	32
8.2. Direccionamiento de mando de PLC representado en los planos	34
8.3. Conexiones Analógicas.....	35
8.4. Conexión de entradas	36
8.5. Conexiones de salida.....	39
CAPITULO 9: Desarrollo de programación del control lógico programable	42
9.1. Condiciones de trabajo	42
9.2. Entradas y Salidas	43
9.3. Terminales del Módulo de Entrada	43
9.4. Lenguajes de programación	44
9.5. Norma IEC-61131	44
9.6. Lenguaje gráfico de contactos (LD) (KOP)	45
9.7. Simbología	47
9.8. Sistema de comunicación de PLC	49
9.9. Clasificación de las redes	49
CAPITULO 10: PROFIBUS	51
10.1. Características generales	51
10.2. Paso de Testigo (Token Bus)	52
10.3. Maestro-Esclavo.....	53
CAPITULO 11: Bosquejo de programación HMI	55
11.1. Estructura de HMI.....	55
11.2. Selección de Panel	58
CAPITULO 12: ELABORACION DE PROGRAMA.....	62
12.1. Configuración de dispositivos	62

12.2. Bloques	65
12.3. Bloque inicial.....	66
CAPITULO 13: TABLERO DE CONTROL	70
13.1. Selección tablero de control	70
CAPITULO 14: PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD	75
14.1. Simulaciones.....	75
14.2. Pruebas de tablero.....	80
CAPITULO 15: RESULTADOS	83
15.1. Diagramas y planos realizados	83
15.2. Programación	84
15.3. Programación de HMI	84
15.4. Tablero de control.....	85
CONCLUSION	86
BIBLIOGRAFIA	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 5.21.1. Reacciones químicas de aditivos	23
Tabla 7.1. Lista de materiales.....	29
Tabla 9.9.1. Normas de niveles de automatización.	50
Tabla 13.1.1. Normas de tableros.....	72

INTRODUCCION

El proceso de fundición de acero requiere la implementación de tecnologías avanzadas para asegurar la eficiencia, la calidad y la seguridad. Un área crítica es la adición controlada de aditivos durante el proceso de fundición. El EBT (Electric Bottom Tapping) es una tecnología utilizada en los hornos eléctricos para el vaciado del acero fundido por la base del horno, lo que mejora la eficiencia del proceso.

La automatización del control de aditivos en el EBT tiene como objetivo optimizar el proceso de mezcla, garantizando que la cantidad de aditivos suministrados se mantenga dentro de los parámetros especificados.

La optimización del proceso a través del control automatizado es eficiente a través de los sistemas de control automático que ajustan de manera dinámica las cantidades de aditivos, basados en la retroalimentación de los sensores. Esto asegura una dosificación más precisa, lo que se traduce en un uso más eficiente de los materiales y una mejora en la calidad del acero producido.

La integración de sistemas de control y monitoreo de los sistemas de monitoreo continuo y ajuste automático permiten verificar constantemente las condiciones de operación, asegurando la consistencia en la dosificación. La integración de estos sistemas con el resto de la infraestructura de automatización de la planta garantiza una operación fluida, evitando interrupciones en el proceso de producción.

La implementación de un sistema de control de aditivos debe ser compatible con otros sistemas existentes en la planta, como los sistemas de control de pesaje y el movimiento de la banda.

La integración asegura una comunicación efectiva entre los distintos subsistemas, logrando una sincronización completa del proceso de fundición.

CAPITULO 1: DESCRIPCION DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O AREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

1.1.SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V

El presente capítulo se describirá el giro al que pertenece la empresa, también se dará a conocer la misión, visión y organigrama. La siguiente información fue obtenida del departamento de Recursos humano Simec International S.A de C.V..633



Figura 1.1.1 Logotipo de la empresa

1.2.ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

A lo largo de más de 70 años, Industrias CH, S.A.B. de C.V. (o ICH) ha desempeñado un papel clave en el proceso de industrialización del país. ICH es una empresa mexicana productora y procesadora de acero con un crecimiento constante en los últimos años. Actualmente es la principal productora de aceros especiales en Norteamérica, y de perfiles comerciales y perfiles estructurales en México.

Fue fundada en 1934 con la denominación de Herramientas, S.A. y se dedicaba principalmente a la producción de herramientas de mano, construcción y agrícolas. A principios de los años 60, como parte de una integración vertical, inició la manufactura de aceros especiales, además de diversificarse con la fabricación de estructuras metálicas, grúas viajeras, pailería y construcción de barcos, entre las más importantes.

En 1991, ICH fue adquirida por la actual administración, cuya estrategia ha sido eficientizar procesos y diversificarse con productos de mayor valor agregado, a través de la adquisición de empresas de la industria del acero dentro y fuera de México.

En 2001 ICH adquiere el 82.5% de las acciones de Grupo Simec, S.A. de C.V., que cuenta con plantas fundidoras de acero ubicadas en Guadalajara, Jalisco, y Mexicali, Baja California, ambas dedicadas a fabricar perfiles estructurales, aceros especiales, perfiles comerciales y varilla. Simec (ahora S.A.B. de C.V.) es la principal subsidiaria de ICH y representó el 91% de las ventas netas del grupo en 2010.

En 2004, Simec adquiere los activos en México de Grupo Sidenor: dos plantas ubicadas en Apizaco, Tlaxcala, y Cholula, Puebla, dedicadas a la fabricación de aceros especiales, perfiles comerciales y varilla. Con esta operación, se incrementaron en forma significativa la capacidad instalada y las ventas, y consolidó su posición líder como fabricante de aceros especiales en México.

En 2005, Simec adquiere Republic Engineered Products Inc. –actualmente Republic Steel–, empresa líder en el mercado de aceros especiales de Estados Unidos y propietaria de siete plantas en EUA ubicadas en Canton, Solon, Lorain y Massillon en Ohio; Lackawanna, Nueva York; Gary, Indiana, y una planta más en Canadá, localizada en Hamilton, Ontario.

En 2006, Simec se establece como el principal productor de aceros especiales en el continente americano, gracias a la consolidación de los resultados de Republic Steel.

En 2008, Simec adquiere la Corporación Aceros DM, S.A. de C.V. y ciertas afiliadas (Grupo San), empresa productora de aceros largos y uno de los productores de varilla corrugada más importantes de la República Mexicana, ubicado en San Luis Potosí. Con ello, ICH y Simec se posicionan como el segundo productor de varilla dentro del país y como el principal productor mexicano de acero.

En 2011, Simec invierte en la construcción de una nueva planta en Brasil; Convirtiéndose en la primera empresa mexicana con presencia en dicho país sudamericano. La acería y laminación comenzaron producciones en 2015.

1.3. UBICACIÓN

Carr. Federal México-Texcoco-Veracruz km 123 Col. San Cosme Xalostoc CP90460 como se muestra en la figura 2.

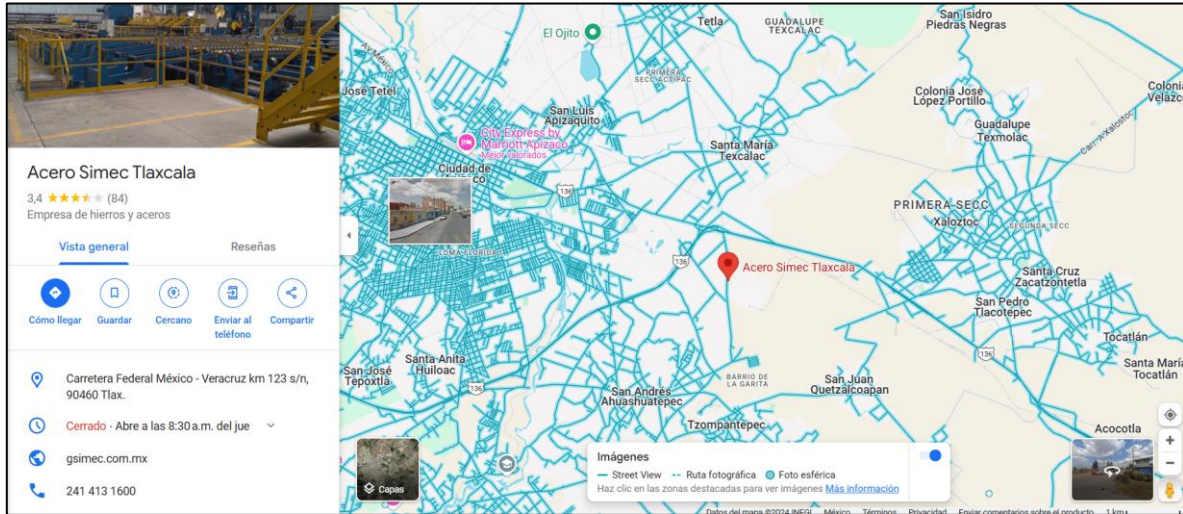


Figura 1.3.1 Ubicación de Simec

1.4. MISIÓN

Satisfacer en forma rentable, confiable y permanente, las necesidades de productos de aceros largos, tomando ventaja de nuestra localización geográfica y aprovechando las oportunidades que presenta el sector.

1.5. VISIÓN

Ser la compañía líder en la fabricación y ventas de productos siderúrgicos en América y una referencia del mercado a nivel global.

CAPITULO 2: PROBLEMAS A RESOLVER

Una de las problemáticas a resolver es el diseñar planos y programación, ya que es crucial para asegurar la correcta integración del sistema de control del PLC a utilizar y con ello llevarlo a la instalación y diseño del software que se implementara, esto se debe a que debemos de tener el control tanto manual como automático del sistema EBT.

En un inicio se empezó a analizar el área que se va a automatizar, a familiarizarse con el funcionamiento que realiza dicha área, por lo que otras de la problemática fueron en encontrar planos eléctricos del sistema y verificar que esté conectado como se indica en el plano, ya que puede no reflejar completamente los requerimientos actuales del sistema debido a errores de diseño o porque no se ha actualizado con los últimos cambios.

El PLC ET200S es un sistema modular y distribuido, lo que permite la expansión y conexión de varios módulos de entrada/salida. Sin embargo, el diseño y configuración de estos módulos debe hacerse de manera eficiente para evitar cuellos de botella en la transmisión de datos. Así como el sistema debe estar integrado con otros sistemas automatizados del horno de fundición. La programación del PLC ET200S debe asegurar una comunicación fluida con otros controladores (PLC principales o SCADA) utilizando protocolos estándar como Profinet, Profibus o Ethernet Industrial. Esta integración garantizará que la dosificación de aditivos se sincronice con los cambios en el proceso de fundición. Ya que la función es hacer ingresar el aditivo en momento del vaciado del acero hacia una cuba refractaria para su refinación.

Otras de las problemáticas es que el tablero que se va a utilizar ya se encuentra en la ubicación deseada donde se hará toda la instalación de nuestros componentes para la automatización. Debido a ello debemos tener los datos correctos de ese tablero; así como sus medidas, tipo de placa de montaje y el riel que se ocupara para montar las piezas eléctricas. Por ello el diseño de distribución de los componentes hacia el tablero debe estar bien organizado, ya que debemos contemplar que nuestro control manual se encuentra en un tablero exterior y el PLC en el tablero principal.

CAPITULO 3: OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para controlar y ajustar la cantidad de aditivos suministrados (calculados por las practicadas por las tablas de características de los aceros de cada uno de los tipos de aceros). Aumentar la seguridad operativa mediante la reducción de la intervención manual y optimizar el proceso a través de un control automatizado eficiente. Así como la incorporación de sensores y sistemas de monitoreo que permitan verificar y ajustar continuamente la cantidad de aditivos, asegurando la consistencia en la mezcla y la calidad del producto final. Asegurar la compatibilidad e integración del sistema de control de aditivos con otros sistemas automatizados en la planta, garantizando una operación fluida y eficiente.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar e integrar un sistema de control automatizado que permita medir y regular la cantidad exacta de aditivos suministrados en el proceso de producción de acero.
- Incorporar sensores de alta precisión que permitan medir la cantidad de aditivos en tiempo real.
- Desarrollar un sistema de alarmas que notifique al personal en caso de desviaciones significativas en los aditivos o fallos en el sistema.
- Asegurar que el sistema automatizado cumpla con todas las normativas de seguridad industrial aplicables

CAPITULO 4: JUSTIFICACION

La automatización del control de aditivos permite optimizar el uso de materiales, reduciendo el desperdicio y minimizando los costos asociados. La sobre-dosificación de aditivos no solo incrementa los costos de producción, sino que también puede generar problemas en la calidad del producto. Por otro lado, una sub-dosificación puede llevar a productos fuera de especificación, resultando en rechazos o retrabajos costosos y/o accidentes. La implementación de un sistema automatizado garantiza un uso más eficiente y rentable de los recursos. Evitando la pérdida de la secuencia del proceso generando un proceso en cadena donde el acero no llega la parte de molde y llevándolo a una entrega tardía al cliente

En un mercado globalizado, donde la calidad y los costos son factores decisivos para la competitividad, la automatización del control de aditivos ofrece una ventaja significativa. La capacidad de producir aceros especiales de alta calidad de manera consistente y eficiente no solo mejora la posición de la empresa en el mercado, sino que también permite responder de manera más ágil a las demandas cambiantes de los clientes.

Por lo que un sistema automatizado reduce la necesidad de intervención manual, minimizando el riesgo de errores humanos y permitiendo un control más consistente y preciso del proceso. Esto resulta en una operación más eficiente, con menos interrupciones y tiempos de inactividad.

CAPITULO 5: MARCO TEORICO

5.1. Definición de fundición de acero

Uno de los procesos de manufactura más empleados en la industria es la fundición. Esta se encarga de llevar los metales hasta el punto de fusión, para que el metal adopte la forma deseada a través de un molde. Los procesos de molde desechable implican que para sacar la pieza fundida se debe destruir el molde que la contiene, haciendo de este un proceso con velocidades de producción bajas. (*Fundicion protocolo: Cursos de procesos de manufactura (s. f.). Laboratorio de producción. (2008.a-2.a ed.).*)

5.2. EBT

El EBT (electric bottom tapping) Permite reducir las interrupciones operativas y el desperdicio de material, al tiempo que proporciona un control más preciso sobre el flujo del acero fundido. Sin embargo, uno de los aspectos críticos en este proceso es la adición de aditivos (elementos como carbono, calcio, o aleaciones) para ajustar la composición química y garantizar la calidad del producto final. En la figura 5.2.1 se nos muestra la ubicación de los aditivos que se dirigen al horno. (*Acería Eléctrica, 2007*)

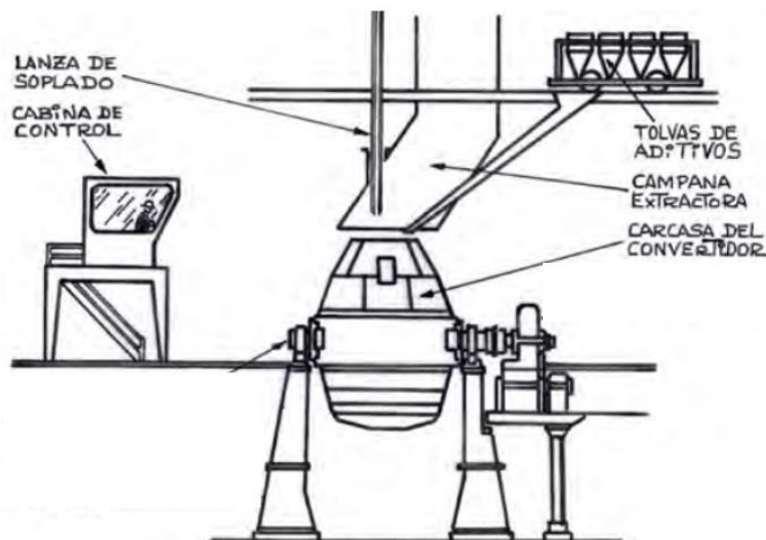


Figura 5.2.1. Estructura de horno de fundición

5.3. Automatización

La automatización de un proceso industrial, (maquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguran su control y buen comportamiento. Dicho automatismo, en general ha de ser capaz de reaccionar frente a las situaciones previstas de antemano y además frente a imponderables, tener como objetivo situar al proceso y a los recursos humanos que lo asisten en la situación más favorable.

El concepto de automatización (del griego autos que significa “por sí mismo” y maiomai que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral (*Gutiérrez et al., 1994*).

5.4. PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son usados para controlar una máquina o un proceso, El incremento de las velocidades de producción y la demanda de la más alta calidad, requiere un control de procesos más cerrado y cercano. Los fabricantes de PLC han añadido diversos módulos para lograr estos nuevos requerimientos. La industria está empezando a integrar sus equipos de tal manera que los datos pueden ser compartidos. Varios módulos han sido desarrollados para permitir al PLC comunicarse con otros dispositivos, como computadoras, robots, máquinas de control numérico y máquinas dedicadas (equipo informático diseñado específicamente para realizar una única tarea o un conjunto). (*UNAM. (2015). Controladores Lógicos Programables (Unidad 3)*).

5.5. SIMATIC ET 200S

El SIMATIC ET 200S es el sistema periférico multifuncional y de modularidad granular en grado de protección IP20 que se puede adaptar a las tareas de automatización de forma exacta. Gracias a su robusto diseño, también puede utilizarse en presencia de grandes esfuerzos mecánicos. Los módulos de E/S de seguridad positiva permiten la integración en instalaciones de seguridad a base de SIMATIC Safety Integrated.

Los autómatas programables pertenecientes a la serie S7-200 son PLCs de gama baja. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo coste y su amplio juego de operaciones están especialmente indicados para solucionar tareas de automatización sencillas. *(Desarrollo de aplicaciones scada – Industriales etsii, 2012)*

5.6. Unidad lógica (CPU o Procesador)

Es el cerebro del PLC. Consta de uno o varios microprocesadores (según fabricante) que se programan mediante un software propio. Trabajan según la lógica de 0 y 1, esto es, dos estados para un mismo bit. Comúnmente trabajan con bases de 16 bits, del 0 al 15 aunque algunos modernos trabajan con bases de 32 bits. La CPU coordina todas las tareas del PLC, tales como:

- Ejecución del programa
- Cálculos lógicos y aritméticos
- Diagnóstico
- Control de módulos de entrada/salida
- Comunicación con dispositivos externos

(MARTÍNEZ, 2015)

5.7. Fuente de poder

Es la encargada de suministrar la tensión y corriente necesaria tanto a la CPU como a las tarjetas (según fabricante). La tensión de entrada es normalmente de 110/220VAC de entrada y 24 DCV de salida que es con la que se alimenta a la CPU. *UNAM. (2015). Controladores Lógicos Programables (Unidad 3).*

5.8. Módulo de entrada

Es al que se unen los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.). Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella es enviada al CPU para ser procesada de acuerdo con la programación. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos. *(Martínez, 2015)*

5.9. Módulo de salida

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc.). La información enviada por las entradas al CPU, una vez procesada, se envía a las memorias imagen de salida, de donde se envía a la interfase de salida para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. *(Martínez, 2015)*

5.10. Señal Analógica

Es una señal eléctrica variable en el tiempo como se muestra en la figura 17 y puede tomar cualquier valor dentro de un rango determinado. Los tipos de dispositivos que las producen son aquellos que detectan o miden variables de proceso como:

- Temperatura
- Presión
- Flujo o Caudal
- Nivel
- Velocidad, entre otras.

Estas variables físicas pueden tomar un número infinito de valores en un rango, por lo que se representan por medio de una señal eléctrica de corriente directa cuyo valor de voltaje y corriente es variable en el tiempo y proporcional, generalmente, a la variable física. Las señales utilizadas comúnmente para representar dichas variables son de 4 a 20 ma CD o 1 a 10 VCD. *UNAM. (2015). Controladores Lógicos Programables (Unidad 3).*

5.11. Hardware

Son los grupos electrónicos que se encargan de activar o desactivar las funciones controlables de las instalaciones o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada.

5.12. Software

Son los programas que realizan enlaces lógicos y, por consiguiente, la activación o desactivación, o sea el mando, de los grupos controlables en la instalación o maquinarias. El software, o sea los programas, están activados en una memoria (hardware) propia especial, de la cual pueden ser recuperados, y en su caso, modificados en cualquier momento dado. Al modificar el programa se altera también la secuencia del mando. Una modificación o cambio del software no implica un cambio de hardware. *(Aguilera Martinez, 2002)*

5.13. Relevador termomagnético

Son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto. Los relés térmicos son elementos destinados a la protección de los motores eléctricos contra sobreintensidades o pérdida de alguna de las fases y evitar así la degradación o destrucción de los bobinados del motor. *(Rodríguez González, 2002)}*

5.14. Interruptor termomagnético

Un interruptor termomagnético, conocido también como llave térmica, es un dispositivo que protege cables y elementos eléctricos conectados en un mismo circuito eléctrico. *(Crodriguez & Crodriguez, 2023)*

5.16. Contactor

Un contactor es un mecanismo cuyo propósito es la de abrir o cerrar circuitos de potencia. Cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, atrae dichos contactos permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Los contactos eléctricos, tanto los de fuerza como los

auxiliares, se encuentran en su posición de reposo. Es decir, abiertos los abiertos y cerrados los cerrados. *(EraRelmo, 2024)*

5.17. Tableros de control

Estos tableros o gabinetes de diferentes tamaños, que sirven para fijar el equipo electrónico y eléctrico, así como la circuitería y sus accesorios, le ofrecen protección contra el medio ambiente (normalmente cuentan con aire acondicionado). El tamaño del gabinete dependerá del equipo, máquina o proceso a automatizar, así como del tamaño del PLC, la cantidad de dispositivos de mando, los accesorios necesarios y la medida de cable para sus conexiones. *UNAM. (2015). Controladores Lógicos Programables (Unidad 3).*

5.18. Bus interno

Se conoce como bus interno al conjunto de líneas y conexiones que permiten la unión eléctrica entre la unidad de control, las memorias y las interfaces de entrada y salida. Un bus se compone de un conjunto de líneas utilizadas para intercambiar datos u órdenes (por ejemplo, el contenido de celdas de memoria o las instrucciones de la unidad de control). Permite minimizar el número de conexiones entre subsistemas y el acceso de los dispositivos al mismo es controlado por la unidad de control. *(Centro de información técnica - Bus de campo).*

5.19. Plano Eléctrico

Esquemas, redes o infraestructuras cuentan con imágenes que ayudan a detallar distintos elementos como interruptores, líneas o componentes, los cuales son representados por símbolos específicos que permiten que al ser emplazados por el instalador o encargado de su puesta en marcha este sepa de manera precisa de qué se trata y dónde ubicar cada uno de los equipos o mecanismos. Muchos elementos asociados como tomas de corrientes, componentes de mando y dispositivos de protección que están relacionados a un plano eléctrico serán analizados y presentados para que al término de este ciclo configuren una importante fuente de orientación. *(Interpretación de un plano eléctrico – Taller de electricidad)*

5.20. HMI

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Simatic HMI ofrece una amplia gama de posibilidades para realizar las múltiples tareas del operador. Con Simatic HMI podremos controlar el proceso en cada momento y mantener en funcionamiento las máquinas e instalaciones. (*Desarrollo de aplicaciones scada – Industriales etsii, 2012*).

5.21. Aditivos

La obtención del acero pasa por la eliminación de las impurezas que se encuentran en el arrabio o en las chatarras, y por el control, dentro de unos límites especificados según el tipo de acero, de los contenidos de los elementos que influyen en sus propiedades. Las reacciones químicas que se producen durante el proceso de fabricación del acero requieren temperaturas superiores a los 1000°C para poder eliminar las sustancias perjudiciales, bien en forma gaseosa o bien trasladándolas del baño a la escoria. Estos principios de eliminación de impurezas se encuentran en la tabla 5.21.1 – reacciones químicas de aditivos. (*Proceso de fabricación de acero*).

Tabla 5.21.1. Reacciones químicas de aditivos.

Elemento	Forma de eliminación	Reacción química
Carbono	Al combinarse con el oxígeno se quema dando lugar a CO y CO ₂ gaseoso que se elimina a través de los humos.	$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$ $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
Manganeso	Se oxida y pasa a la escoria. Combinado con sílice da lugar a silicatos.	$2\text{Mn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MnO}$ $\text{MnO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{silicatos}$
Silicio	Se oxida y pasa a la escoria. Forma silicatos	$\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$ $\text{SiO}_2 + \text{óxidos} \rightarrow \text{silicatos}$

5.22. Control Scada

Proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control de Supervisión y Adquisición de Datos): Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.). (*Centro de información técnica - Bus de campo*).

5.23. TiaPortal

Totally Integrated Automation Portal o TIA Portal es un software de ingeniería realizado por el desarrollador SIEMENS. Este software permite programar, configurar y realizar el diagnóstico de dispositivos como PLCs, DCS, Sistemas SCADA, HMI, Variadores de frecuencia, Servomotores, entre otros.

TIA Portal integra varias aplicaciones como son SIMATIC WINCC, SIMATIC STEP 7 y SINAMICS Startdrive las cuales facilitan el diseño y la puesta en marcha de variedad de sistemas de automatización industrial. (*Wit Automatizacion – Tia portal*).

CAPITULO 6: PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La implementación de un sistema automatizado para el control de aditivos en un horno de fundición de acero con tecnología Electric Bottom Tapping (EBT) requiere un enfoque sistemático y metódico para asegurar la correcta planificación, diseño, programación, instalación y puesta en marcha. Se justifican los pasos a seguir, divididos en cuatro fases fundamentales: planificación y análisis, realización de planos, programación y, finalmente, instalación y pruebas.

6.1. Planificación y análisis del proyecto

Esta fase inicial es crucial para asegurar que se comprenda a fondo el alcance y los objetivos del proyecto, así como para identificar las necesidades técnicas, operativas y de seguridad del sistema. El análisis detallado del proceso de dosificación de aditivos y la integración con el sistema EBT permitirá definir los requerimientos técnicos del hardware y software necesarios. Además, en esta etapa se seleccionan los equipos y dispositivos (sensores, actuadores, PLC's) que serán utilizados.

Identificación de requerimientos del proceso, se deben determinar los parámetros operativos del horno y el sistema de aditivos, tales como la cantidad de aditivos, la frecuencia de dosificación, los tiempos de respuesta, entre otros. Estos parámetros influirán directamente en la configuración del sistema de control.

Por lo que se realizó un análisis metódico donde medimos parámetros del funcionamiento del área de aditivos, la rutina que siguen como tal el tiempo que se tardan en agregar los aditivos, cuantas tolvas son en total, cuanto tiempo de vibración tienen cada tolva y en qué tiempo está listo para agregarlo al horno.

Ya con todo esto medido se revisaron planos y antecedentes del área que se va a automatizar y con ello lo relacionamos con el funcionamiento para hacer la lista de nuestros componentes que vamos a requerir para nuestro correcto funcionamiento.

6.2. Especificación de Componentes

Al contar con planos eléctricos y diagramas de distribución física (Figura 6.2.1), es posible identificar con precisión cada componente requerido, como los módulos de entrada/salida (I/O) para el PLC ET200S, sensores, actuadores, cables de conexión, y dispositivos auxiliares. Los planos detallan la ubicación y conexión de cada dispositivo, asegurando que los pedidos sean precisos y adecuados para el diseño. Esto permite que los materiales se ajusten a las especificaciones de instalación y a los requerimientos técnicos del proyecto.

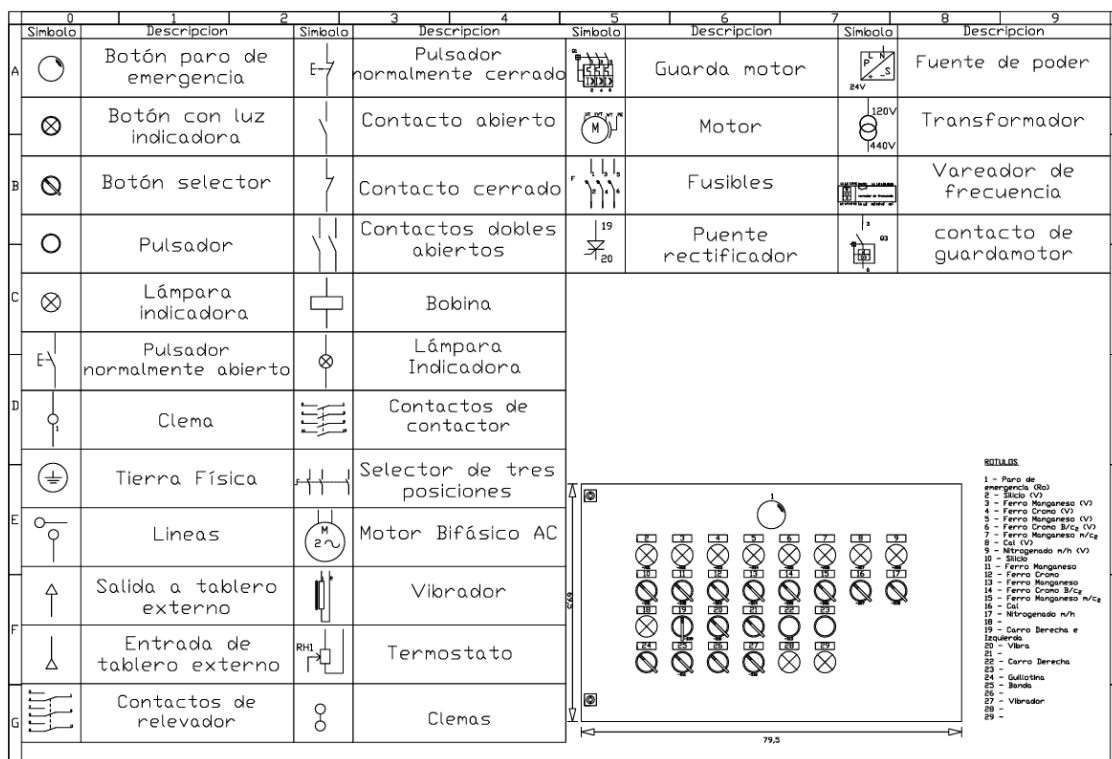


Figura 6.2.1 Materiales utilizados en el tablero de aditivos.

El análisis del sistema y los planos detallados nos permitió determinar con exactitud la cantidad de materiales necesarios. Esto es fundamental para evitar tanto la falta de componentes críticos como el exceso de materiales, optimizando el presupuesto y reduciendo el desperdicio. Además, al definir previamente los materiales específicos en función de las necesidades técnicas del sistema, se eliminan las conjeturas en el proceso de compra, lo cual contribuye a controlar costos de manera más eficiente.

Los relés térmicos nos protegen el sistema contra sobrecargas de corriente y aumentos de temperatura, las condiciones que podrían dañar tanto los equipos eléctricos como otros equipos relacionados en su interior. Las tarjetas de entrada digitales permiten que el PLC reciba señales en tiempo real sobre el estado de los relés térmicos. Si el relé térmico se activa por una sobrecarga, el PLC puede responder de inmediato, emitiendo una señal de alerta o deteniendo el proceso automáticamente (figura 6.2.2) para proteger los equipos y prevenir riesgos operativos.

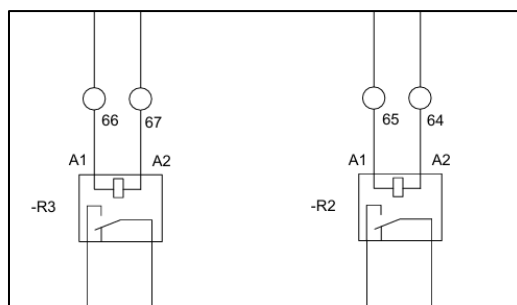


Figura 6.2.2. Conexión de relés.

Los contactores serán los responsables de accionar dispositivos de alta potencia, como motores o válvulas dosificadoras de aditivos. Las tarjetas de salida digitales en el PLC permiten controlar directamente los contactores, activándolos o desactivándolos base a las necesidades del proceso. Esto es crucial en un sistema de automatización, ya que facilita el control en bucle cerrado del flujo de aditivos. En el proceso a automatizar se controlarán motores para movimiento del carro, las vibraciones de las tolvas, así como la banda donde se dirigirá el aditivo ya mezclado como se muestra en la figura 6.2.3.

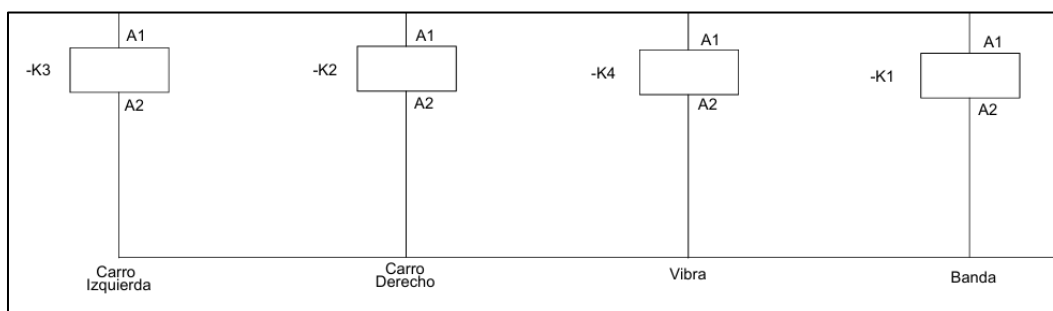


Figura 6.2.3. Conexión de bobinas de contactores.

Identificamos como esta su función ya que los diagramas de cableado muestran las conexiones eléctricas detalladas entre los componentes. Cada línea representa un cableado real, y su recorrido ayuda a entender cómo está conectado cada dispositivo en el sistema.

Cada componente tiene un símbolo específico en el plano, lo cual permite distinguir rápidamente su tipo y función. Así se estableció establecen representaciones gráficas para interruptores, contactores, relés, fuentes de alimentación, entre otros.

Mediante el uso de símbolos estandarizados, etiquetas alfanuméricas, listas de materiales, diagramas funcionales, y documentación técnica, es posible identificar y comprender la función de cada componente en un plano eléctrico. Estas herramientas aseguran que los componentes se instalen y se operen correctamente, facilitando la comprensión del proceso de trabajo.

Toda información requerida e información sobre el funcionamiento que se tiene de las tolvas de aditivos la obtuvimos del anexo (*Aditivos EBT, Aceria Planta 1 – Mantenimiento*).

CAPITULO 7: LISTA DE MATERIALES

Tabla 7.1. Lista de materiales.

PROYECTO AUTOMATIZACION ADITIVOS EBT				
DESCRIPCION	DESTINO	NO. DE PARTE	MODELO	MARCA
SELECTORES CON RETORNO	VIBRADORES	XB4BD41	4008-XB4BD41-ND	Schneider Electric
RELEVADORES PARA VIBRADORES DE 8 PINES	ADITIVOS EBT	RUMC21BD	HARMONY	Schneider Electric
SELECTOR PARA 3 POSICIONES	CARRO	XB4BD33	HARMONY XB4	Schneider Electric
RELEVADORES DE 8 PINES	VIBRADORES	RUMC21BD	HARMONY	Schneider Electric
RELEVADORES DE 8 PINES	VIBRADOR ACTIVO	RUMC21BD	HARMONY	Schneider Electric
GUARDA MOTOR	CARRO	3RV2021-4AA15	SIRIUS	SIEMENS
GUARDA MOTOR	BANDA	3RV2021-4AA15	SIRIUS	SIEMENS
SELECTOR 2 POSICIONES	VIBRADOR	XB4BD21	HARMONY XB4	Schneider Electric
SELECTOR 2 POSICIONES	BANDA	XB4BD22	HARMONY XB5	Schneider Electric
RELEVADOR	BANDA	RUMC21BD	HARMONY	Schneider Electric
CONTACTOR 20 A 600 V	VIBRADOR	3RT2018-1BB41	SIRIUS	SIEMENS
CONTACTOR 20 A 600 V	VIBRADOR ACTIVO	3RT2018-1BB42	SIRIUS	SIEMENS
INDICADOR (VERDES)	TOLVAS ACTIVAS	XB4BVB3	HARMONY XB4	Schneider Electric
INCADOR (AMARILLO)	VIBRADOR	XB4BVB5	HARMONY XB5	Schneider Electric
MODULO DE ENTRADA	ADITIVOS EBT	6SE7 131-4BD01-0AA0	SIMATIC S7	SIEMENS
MODULO DE SALIDA	ADITIVOS EBT	6ES7 132-4BD02-0AA0	SIMATIC S7	SIEMENS
MODULO DE ENTRADA ANALOGICA	ADITIVOS EBT	6ES7 134-4GB11-0AB0	SIMATIC S7	SIEMENS
ET200S	ADITIVOS EBT	6ES7 155-1AA05-0AB0	SIMATIC S7	SIEMENS
MODULO DE POTENCIA	ADITIVOS EBT	6ES7 138-4CA01-0AA0	PM-E DC24V	SIEMENS
MODULO DE TERMINAL	ADITIVOS EBT	6ES7 193-4CA50-0AA0		SIEMENS
CLEMAS PORTAFUSIBLE	ADITIVOS EBT	4008190076115	WSI 6/LD 10-36 V CC/CA	WEIDMULLER
BASE PARA RELEVADOR	ADITIVOS EBT	RUZC2M	HARMONY RUZ	Schneider Electric
CABLE DE SEÑALES	ADITIVOS EBT	1017 6	JZ-500	HELUKABEL
CABLE ALIMENTACION	ADITIVOS EBT	HD408F435	TIPO TW	CONDULAC
CABLE DE POTENCIA	ADITIVOS EBT	HD412F107	TIPO TW	CONDULAC
INTERRUPTOR	GENERAL	FDB2070L	FDB	EATON
INTERRUPTOR	DRIVES	FDB2020L	FDB	EATON
BOTONES DE PARO	ADITIVOS EBT	XB4BT845	Harmony XB4	Schneider Electric
HMI	ADITIVOS EBT	6AV2123-2MB03-0AX0	KTP1200 Basic PN	SIEMENS

Al realizar un pedido de materiales detallado (tabla 7.1) y anticipado con base en los planos, se asegura que todos los componentes necesarios estén disponibles durante la instalación. Esto previene retrasos que podrían generarse por la falta de materiales esenciales o por errores en las especificaciones. Con los materiales correctos en el lugar y momento adecuados, se agiliza el proceso de instalación y pruebas, facilitando una transición fluida hacia la puesta en marcha del sistema automatizado.

7.1. Especificación y utilización de los materiales

- Selector con retorno: Un selector de 2 posiciones con retorno es un dispositivo eléctrico que se utiliza para conectar o desconectar un circuito en dos posiciones. Este dispositivo se contempló para la función de cambio de utilización el proceso, en este caso para solo energizar la bobina del vibrador y no generar un problema de que cualquier tolva pueda vibrar, este selector va hacer que vuelva a su posición neutral.
- Relevadores: tienen una bobina conectada a una corriente, cuando esta se activa produce un campo electromagnético, el cual provoca que el contacto del relé que se encuentra normalmente abierto se cierre y de esta forma, permite el paso de la corriente por un circuito para ejercer cierta acción, En el caso nuestro para protección y hacer arrancar el vibrador de las tolvas dependiendo la tolva del aditivo que se quiere seleccionar.
- Selector de 3 posiciones: es un interruptor que se utiliza para controlar el flujo de corriente en un circuito eléctrico. El selector de 3 posiciones tiene dos contactos independientes: uno normal abierto (NA) y otro normal cerrado (NC). El selector se mantiene en la posición en la que se acciona, hasta que el usuario lo cambie. En este caso se utilizará para el manejo del carro porta aditivos, donde la posición del interruptor indicaremos si lo queremos en la izquierda o derecha.
- Relevadores de 8 pines: tienen la misma función como el de vibración solo que la diferencia es que va a esperar la indicación cual es la tolva que va a activar únicamente.
- Guardamotores: tanto de la banda como el carro son para la protección de los motores su función de un guardamotor es detectar y desconectar automáticamente un motor eléctrico cuando se produce una sobrecarga o un cortocircuito en el sistema. Al hacerlo, previene daños mayores al motor y evita riesgos de incendio o electrocución.
- Contactores: es un aparato de maniobra con una elevada capacidad de operación destinado a la conexión y desconexión de cargas bajo diferentes condiciones de servicio, en nuestra parte de control será fundamental para el manejo y control de las tolvas, carro y banda.

- Selector de 2 posiciones: mediante llave es un dispositivo eléctrico que se utiliza para controlar el flujo de corriente en un circuito. Lo que vamos a controlar es como la banda y carro será la entrada de flujo de corriente a los relevadores.
- Luces indicadoras: no ayudaran para avisar si vibrador, carro o banda estén funcionando cuando lo estoy activando en ese momento.
- Módulos de entrada: Los dispositivos de entrada son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC. Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras. La condición que nosotros queremos conocer son los pulsadores o que la condición que nosotros insertemos sea la correcta.
- Módulos de salida: Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. Así que nosotros queremos que respondan a las señales que se les mandan a los relevadores.
- Módulos de entrada analógica: Estas entradas permiten la conexión con sensores o dispositivos de medición. Estos elementos realizaran una conversión entre la magnitud física que midan y una magnitud eléctrica que el PLC pueda trabajar, en nuestro caso nos mandara una señal de pesaje mediante las celdas y el módulo.
- Módulo de potencia: Los módulos de expansión plc permiten ampliar el número de entradas y salidas que este posee, nosotros ampliaremos para la parte de salida para que se energicen los módulos de salida.
- Interruptores: Los interruptores termomagnéticos son dispositivos cuya función es interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando detecta valores mayores a ciertos límites, son para nuestros dispositivos que mayor voltaje consume.
- HMI: consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del proceso operativo de nos equipos que estamos controlando.

CAPITULO 8: DISEÑO DE PLANOS ELECTRICOS

Como ya identificamos lo que se quieren controlar y las salidas que se le deben de manejar para la automatización realizamos las conexiones con el PLC que se aplicara y la comunicación a la que la enlazaremos. El PLC ET200S debe procesar datos en tiempo real, de múltiples entradas analógicas y digitales, asegurando que la información de los Micros como tiempos se transmita sin retrasos ni errores. La programación debe incluir filtrado de datos para evitar señales erróneas o fluctuaciones no deseadas.

EL PLC ET200S fue el implementado para el manejo de nuestro proceso ya que es uno de los que se acoplan a la CPU que está instalada en el lugar donde se incorpora el proyecto, y que con ayuda de los planos se realizó el requerimiento del material.

8.1. Conexión al PLC ET200S

Las tarjetas de I/O permiten que el PLC ET200S se integre de manera eficiente con otros dispositivos y sistemas en la planta. Las señales de entrada y salida se pueden expandir o configurar de acuerdo con su funcionamiento es por ello por lo que se realizó el plano del PLC y sus ubicaciones de hacia dónde va conectado cada una de las tarjetas hacia los componentes que van a ir conectados.

En el plano que se realizara utilizamos los criterios de la norma de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) proporciona una norma internacional que define la simbología eléctrica en planos. Es ampliamente utilizada en todo el mundo y que los planos que maneja la empresa son de este mismo ya que será más fácil para los operadores como ingenieros en mantenimiento hacer la lectura para la identificación de un componente.

Los componentes en un plano se marcan con números de referencia o etiquetas alfanuméricas que identifican su función y su ubicación en el sistema (figura 8.1.1). Este código incluye una combinación de letras y números que señala tanto el tipo de componente como su número de identificación único en el plano.

8.2. Direccionamiento de mando de PLC representado en los planos

Cuando la dirección de las señales de E/S queda determinada por la posición o puesto de enchufe en que están ubicados los módulos de E/S respecto a la CPU, se dice que el direccionamiento es fijo. Además, un direccionamiento fijo puede ser del tipo Octal (byte) o hexadecimal.

En este caso, en la dirección se especificará el byte correspondiente al terminal seleccionado y que pertenece al puesto de enchufe según la posición que ocupa, donde se nos da un ejemplo de referencia (figura 8.2.1).

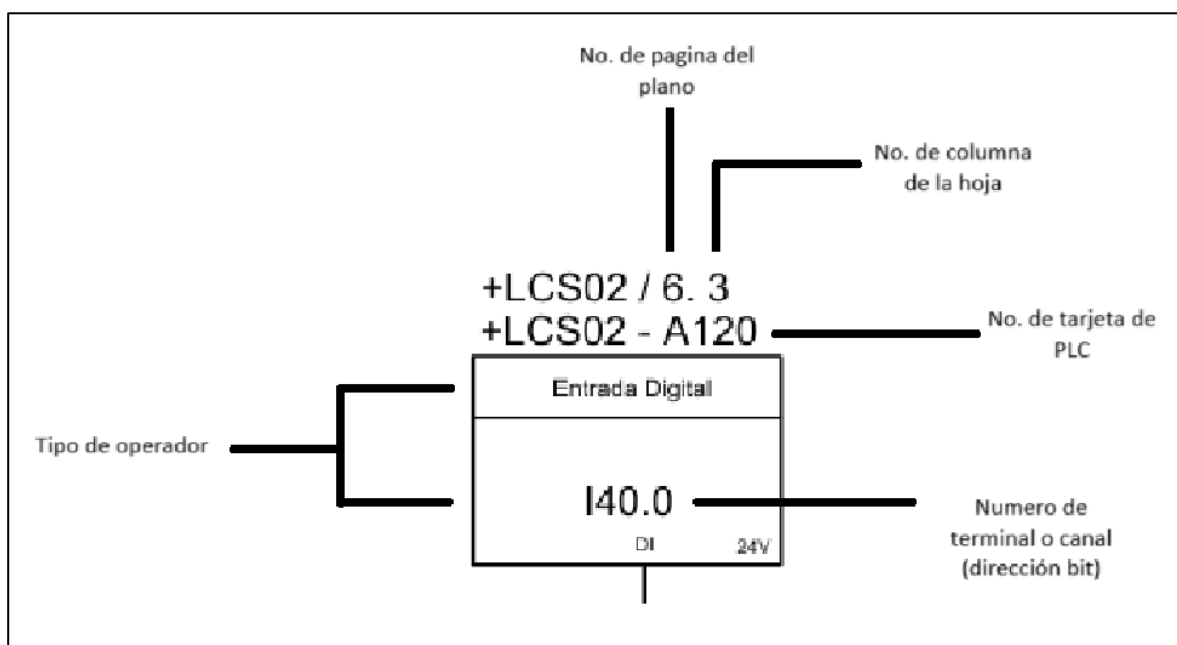


Figura 8.2.1. Dirección de conexión de terminal de PLC.

Cuando se elabora un programa de control, se van indicando las diferentes instrucciones de mando donde en cada instrucción se indica que operación se debe ejecutar, también figura la dirección exacta del módulo y canal o terminal de conexión de las señales de E/S involucradas en el proceso.

8.3. Conexiones Analógicas

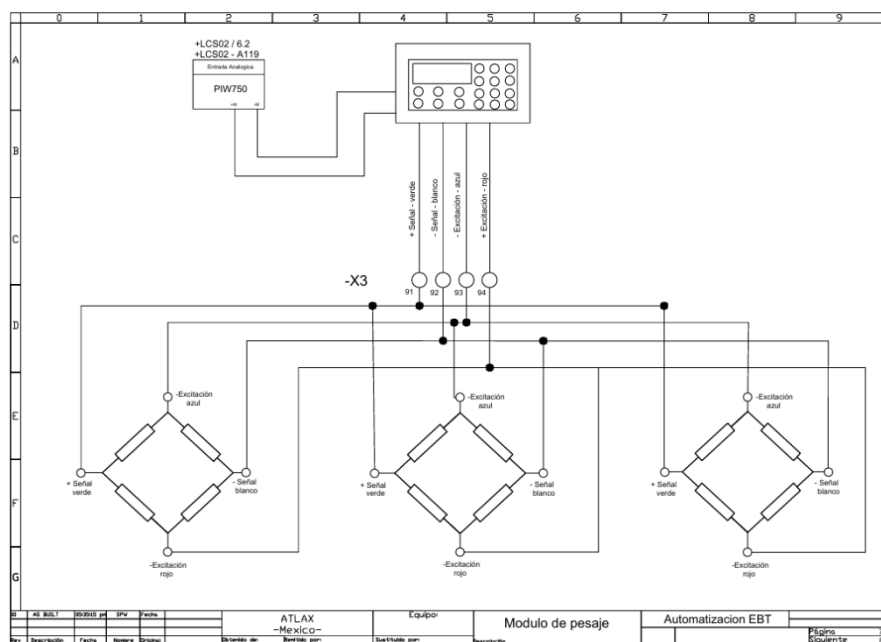


Figura 8.3.1. Conexión de celdas de pesaje y modulo.

Se conoce como señal analógica (figura 8.3.1), aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua, pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos. Se citan algunos parámetros físicos muy utilizados en los procesos industriales, tal que, en forma de señal analógica pueden ser controlados y medidos.

- Temperatura
- Velocidad
- Presión
- Flujo
- Nivel.

Lo que se realizó en el plano fue proporciona información clara sobre la disposición y conexiones del módulo y la celda de pesaje, dando nombres a sus cables de conexiones y asignándoles sus entradas con el módulo y celda, así no existe errores en la conexión y que además se le está agregando la conexión analógica al sistema de PLC.

8.4. Conexión de entradas

El plano permite visualizar de manera clara la relación entre los botones de control y las tarjetas de entrada del PLC. Planificado del cableado entre los botones y las tarjetas de entrada. El plano de las tarjetas de entrada del PLC, incluyendo los botones de control que se conectan a estas, puede representarse de manera lógica y gráfica para comprender el flujo desde los dispositivos de campo hacia las tarjetas de entrada.

Para elaborar un plano de las tarjetas de entrada del PLC con número de página, columna y número de tarjeta que facilite su lectura, es importante estructurarlo de manera jerárquica y clara.

Dado que el PLC recibe la información proveniente del proceso ya sea en forma discreta o análoga, donde la información se almacena en forma de una agrupación binaria, es preciso, por lo tanto, disponer de un medio de representación que facilite su manejo y mejore la capacidad de procesamiento.

Para ello se emplean con mayor frecuencia tres tipos de representación para la información, éstos son: bit, byte y palabra, en algunos casos se utilizan la doble palabra.

BIT: El bit es la unidad elemental de información donde sólo puede tomar dos valores un "1" ó un "0", es decir, un bit es suficiente para representar una señal binaria.

BYTE: El byte es una unidad compuesta por una agrupación ordenada de 8 bits, es decir, ocho dígitos binarios. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 7. En un byte se puede representar el estado de hasta ocho señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud como máximo sería: Número máximo de un byte = $1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 = 2^8 - 1 = 255$.

Cuando se elabora un programa de control, se van indicando las diferentes instrucciones de mando donde en cada instrucción se indica que operación se debe ejecutar, también figura la dirección exacta del módulo y canal o terminal de conexión de las señales de E/S involucradas en el proceso (figura 8.4.1) se muestra las señales conectadas.

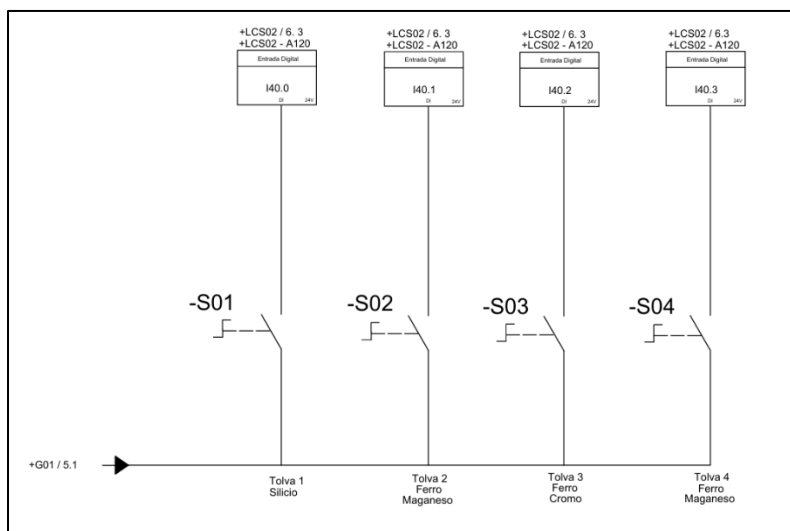


Figura 8.4.1. Conexión de entradas.

Separar la información en diferentes páginas permite agrupar elementos relacionados, como botones, conexiones de cables y tarjetas de entrada. Esto evita confusiones al navegar por un plano extenso.

Los módulos de entrada transforman las señales a niveles permitidos por la CPU. Mediante el uso de un acoplador óptico (figura 8.4.2), éstos aíslan eléctricamente el interior de los circuitos, protegiéndolo contra tensiones peligrosamente altas, ruidos eléctricos y señales parásitas. Finalmente, filtran las señales procedentes de los diferentes sensores ubicados en las máquinas.

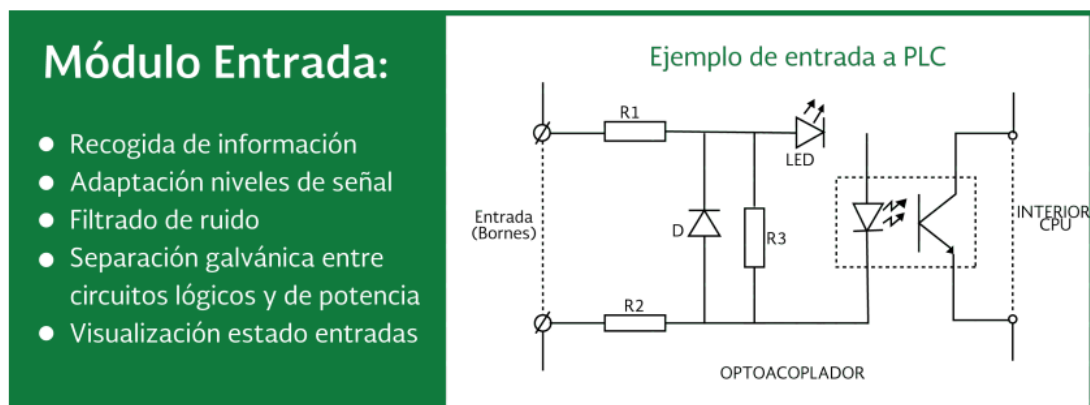


Figura 8.4.2. Función de módulo de entrada.

Nuestras entradas se componen por un funcionamiento simple, la primera función es el accionamiento de las tolvas mediante los selectores, donde después se dirigida hacia las entradas, estos mandaran la señal al PLC donde se indican que esta accionando los selectores, pero no solo eso no están sirviendo las entradas, si no que partir de ahí empezara nuestro lado automático. Ya que es un dispositivo de campo (botón, sensor, interruptor) genera una señal eléctrica que se envía al terminal de entrada correspondiente del PLC. Estas señales ya se encuentran asignadas para cada uno de los contactores y relevadores a los que controlan las tolvas, vibradores, banda y carro porta olla.

Cada entrada digital física en un PLC está asociada a un bit en la memoria. Este bit se encuentra en un registro específico de memoria que depende del fabricante y el modelo del PLC.

Por lo que cada tarjeta nos conforma 4 bits, ver figura 8.4.3, y cada una que sigue continua con el numero siguiente de bit, y que cada tarjeta está gobernando diferentes instrumentos tanto su lectura de señal que envía como la señal que envía para controlar un instrumento.

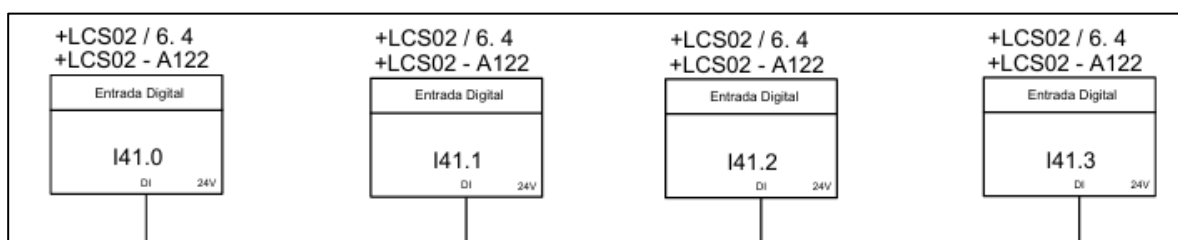


Figura 8.4.3. Conexión de entradas en módulos.

En los planos están representadas las conexiones de entrada del PLC con un cuadro de información de la tarjeta, dando como información el número de tarjeta y bit, por otra parte, se otorga la información del número de hoja y columna donde podemos encontrar as fácil de donde proviene su conexión o alimentación.

Su direccionamiento para las conexiones se puede encontrar más fácil por el tipo de esquema que se utilizó, las marcas utilizadas fueron para agilizar la rapidez de búsqueda de la conexión.

8.5. Conexiones de salida

Las transforman señales lógicas internas en señales eléctricas que activan dispositivos externos como motores, válvulas, lámparas, o relés. La información enviada por las entradas al CPU, una vez procesada, se envía a las memorias imagen de salidas, de donde se envía a la interfase de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados (figura 8.5.1). Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, se pueden utilizar diferentes módulos de salidas a:

- Relees: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- Transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión / desconexiones muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua

Los módulos de salida permiten que la tensión llegue a los dispositivos de salida. Con el uso del acoplador óptico y con un relé de impulso, se asegura el aislamiento de los circuitos electrónicos del controlador y se transmiten las órdenes hacia los actuadores de mando.

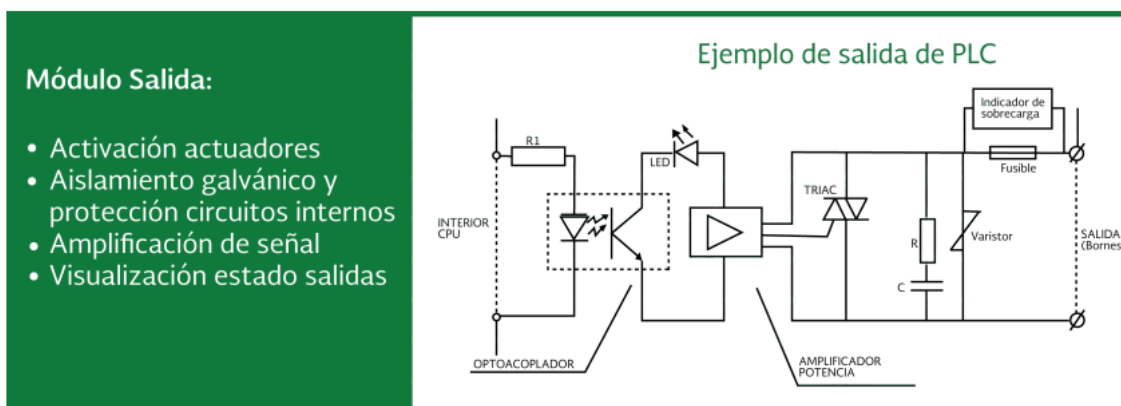


Figura 8.5.1. Función de módulo de salida.

Los módulos de entrada y salida (figura 8.5.2) hacen las veces de dispositivos de interfaz, que entre sus tareas principales están las de adecuar los niveles eléctricos tanto de los sensores como de los actuadores o elementos de potencia, a los valores de voltaje que emplea el microcontrolador que normalmente se basa en niveles de la lógica TTL, 0 VCD que equivale a un “0 lógico”, mientras que 5 VCD equivale a un “1 lógico”.



Figura 8.5.2. Módulo E/S.

En un sistema PLC, generalmente habrá módulos dedicados para entradas y módulos dedicados para salidas. Un módulo de entrada detecta el estado de las señales de entrada como botones, interruptores, sensores de temperatura, etc. Un módulo de salida controla dispositivos como relés, arrancadores de motor, luces, etc. Los módulos de Entrada / Salida, son dispositivos de estado sólido que permiten adaptar diferentes niveles de tensión desde o hacia un sistema lógico (figura 8.5.3).



Figura 8.5.3. Terminales de Módulos E/S.

Como se muestra en la figura 8.5.4, los módulos de salida permiten que la tensión llegue a los dispositivos de salida. Con el uso del acoplador óptico y con un relé de impulso, se asegura el aislamiento de los circuitos electrónicos del controlador y se transmiten las órdenes hacia los actuadores de mando.

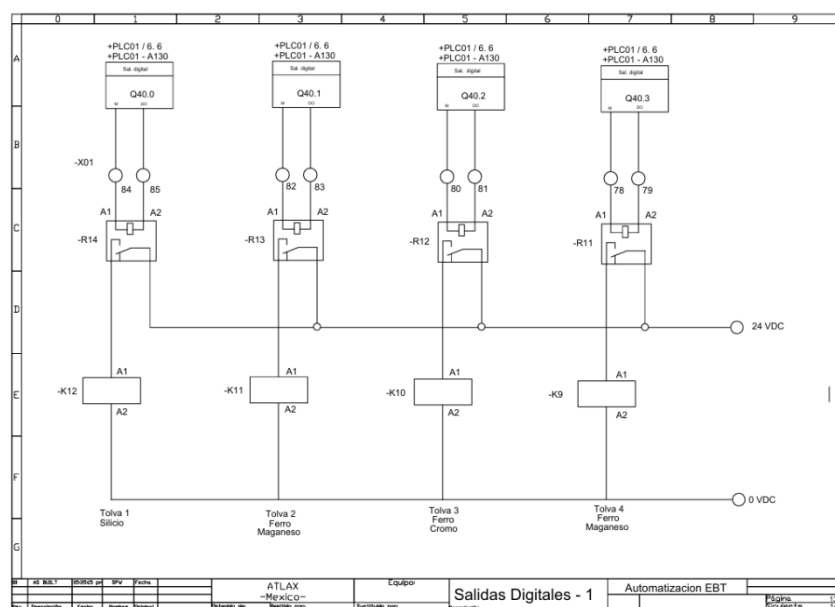


Figura 8.5.4. Conexión de salidas.

Dentro de la estructura del controlador programable, las interfaces o adaptadores de entradas y salidas cumplen la función de conectar el equipo con “la vida exterior” de la CPU. Todas las señales provenientes del campo son informadas a la CPU luego de ser captadas por los adaptadores de entrada y a su vez, las órdenes generadas por la CPU son comunicadas a los elementos del proceso bajo control.

Ahora bien, en los controladores programables más sencillos, las interfaces de entrada se encargan de convertir la tensión que reciben de sensores, límites de carrera, pulsadores, llaves, etcétera, a un nivel de tensión apropiado para la operación de la CPU. De la misma manera, las interfaces de salida permiten, partiendo de señales de baja tensión originadas en la CPU, comandar contactores, solenoides de válvulas, arrancadores de motores, variadores de frecuencia, válvulas de flujo, variadores de velocidad, controladores de temperatura, válvula selenoides, paneles indicadores o una gran cantidad de dispositivos, valiéndose de elementos que los puedan manejar, tales como triacs, relés o transistores de potencia.

CAPITULO 9: Desarrollo de programación del control lógico programable

Conocer el proceso y desarrollar una lista para asignar variables en un sistema controlado por PLC, el paso crucial para garantizar que el programa sea funcional, organizado y fácil de mantener. Identifica las etapas principales (inicio, operación, finalización, etc.).

9.1. Condiciones de trabajo

Las condiciones que optaremos por considerar, tales como condiciones de operación normal, fallas y modos especiales (manual, automático, emergencia).

Describe cada etapa del proceso (por ejemplo, "Cargar tolva", "Dosificar material", "Esperar confirmación"). Incluye las condiciones de inicio y fin para cada etapa ya que nos ayudara a saber qué proceso ya ha sido completado en su totalidad sin la falta de otro tipo de trabajo que se le agregue (figura 9.1.1).

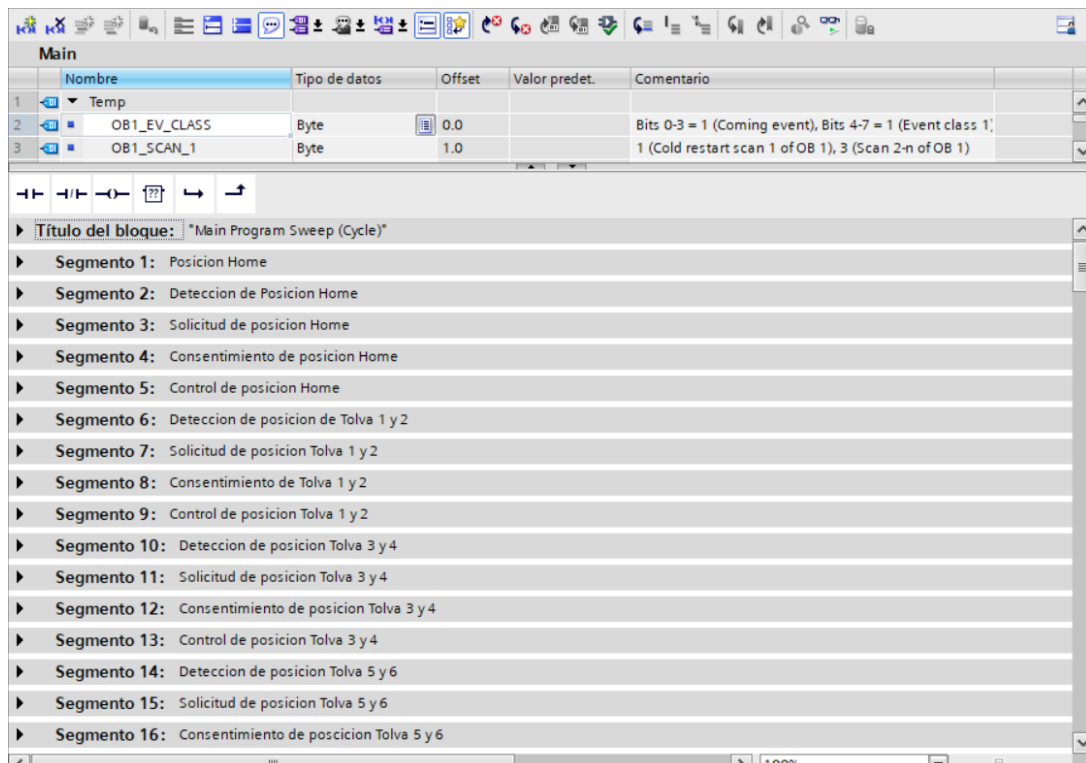


Figura 9.1.1. Lista de condiciones – Segmentos.

9.2. Entradas y Salidas

La tabla donde se colocan las marcas y símbolos (figura 9.2.1) para la programación de un PLC es una práctica esencial, ya que organiza y estandariza la información que será utilizada en el desarrollo del programa. Ya que es fácil asignar la misma marca a diferentes funciones, lo que puede causar errores en la lógica del programa.

Cada entrada debe asignarse a un punto físico en el módulo de entradas del PLC que por ende se identifica la cantidad de módulos de entrada disponibles. Y así verificamos las direcciones físicas asociadas a cada canal (ejemplo: I0.0, I0.1, etc).

Símbolo	Dirección	Comentario
Mando_Vibrador_Tolva 1	%I2.0	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 2	%I1.3	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 3	%I1.0	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 4	%I3.1	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 5	%I3.0	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 6	%I2.3	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 7	%I2.2	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Vibrador_Tolva 8	%I2.1	Activación para la descarga del aditivo en el carro
Mando_Carro_Adelante	%I0.2	Orden de dirección del carro hacia la izquierda
Mando_Carro_Atras	%I0.3	Orden de dirección del carro hacia la derecha
Vibrador activo	%I1.2	El que da el permiso para poder activar el vibrador de la tolva que se desee
Banda	%I1.1	Para que la banda pueda llevar el aditivo al homo
Paro	%I3.3	Paro de emergencia
Posicion T1-T2 micro 1	%I4.0	Saber la posición real donde se encuentra el carro
Posicion T3-T4 micro 2	%I4.3	Saber la posición real donde se encuentra el carro
Posicion T5-T6 micro 3	%I4.1	Saber la posición real donde se encuentra el carro
Posicion T7-T8 micro 4	%I4.2	Saber la posición real donde se encuentra el carro
Posicion de descarga micro 5	%I3.2	La posición exacta donde se encuentra la banda para realizar la descarga
Mando_Mod_Automatico	%I0.0	Poder manipular el proceso mediante el tablero de control
Mando_Mod_Manual	%I0.1	Manejarlo desde la pantalla HMI

Figura 9.2.1. Tabla de símbolos utilizadas.

9.3. Terminales del Módulo de Entrada

El módulo de entrada recibe señales de los dispositivos de campo a través de conexiones alambradas a las terminales del mismo módulo. Las cuales, generalmente, están dispuestas para que la conexión se lleve a cabo de forma sencilla. Existen dos tipos de terminaciones, unas fijas en los módulos y otras removibles.

Muchos fabricantes ponen las terminales en el mismo módulo, mientras que otros lo montan como parte de la estructura del soporte del módulo.

Al igual que con las entradas, las salidas del PLC deben ser bien documentadas y organizadas para garantizar que el sistema funcione correctamente. Las salidas controlan dispositivos externos basándose en las señales procesadas por el PLC. Para cada salida, proporciona información detallada ya que así se sabe lo que se está asignando.

Como segundo tipo de módulos de interfaz de E/S, el módulo de salida es el componente del PLC que permite al procesador la comunicación con el medio ambiente.

9.4. Lenguajes de programación

El lenguaje de programación es el encargado de manejar el juego de instrucciones del autómata para realizar las funciones lógicas y de cálculo de la CPU. El programa de usuario se procesa en la memoria del autómata y se introduce a través de la consola o terminal de programación. Para realizar la programación de forma adecuada, el técnico debe conocer con detalle las diferentes zonas de memoria del autómata programable y su direccionamiento.

9.5. Norma IEC-61131

La Norma IEC-61131 se refiere a:

Los autómatas programables (AP ó PLC's) y a sus periféricos correspondientes, tales como:

- Los equipos de programación y depuración (PADT's)
- Los equipos de ensayo (TE's)
- Los interfaces hombre-máquina (MMI's)

Esta norma trata del sistema automatizado, del cual el autómata programable es un componente básico.

Finalidad de esta norma.

- Definir e identificar las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC's y sus periféricos.
- Especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC's y sus periféricos.
- Definir los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos.
- Dar a los usuarios una información de carácter general y unas directrices de aplicación.
- Definir las comunicaciones entre los PLC's y otros sistemas.

9.6. Lenguaje gráfico de contactos (LD) (KOP)

Los símbolos empleados son similares a los de los esquemas de circuitos eléctricos a relés, por lo tanto, la transcripción para un técnico autómatas es mucho más inmediata que otro tipo de lenguaje.

El abaratamiento de los equipos informáticos está favoreciendo el empleo de la programación gráfica como se muestra en la figura 9.6.1.

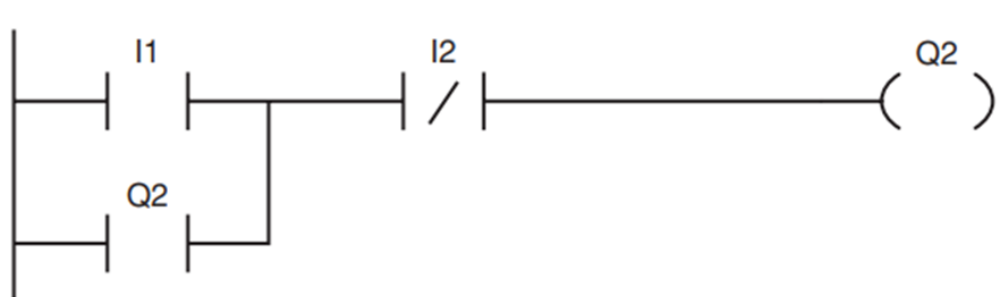


Figura 9.6.1. Ejemplo de lenguaje gráfico de contactos.

Los diagramas escalera son parte fundamental en el desarrollo de las prácticas con cualquier controlador lógico programable, este tipo de diagramas debe de contener uno o más interruptores de entrada. Son requeridos para dar inicio y continuidad al programa. Se puede utilizar una gran variedad de interruptores y pueden ser de accionamiento manual o automático.

Los interruptores manuales son accionados directamente por el hombre y los automáticos por alguna condición del ambiente, estos pueden ser: sensores, interruptores de temperatura, presión, posición, flujo de algún líquido y nivel y pueden ser de condición normalmente abierto y normalmente cerrado, NA ó NC según el estado inicial.

Las salidas son: lámparas, alarmas solenoides, los solenoides activan o cierran mecanismos de apertura, cierre de contactos ó accionamientos y son usados para operar motores y válvulas hidráulicas y neumáticas. El lenguaje de programación LADDER (escalera) permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico de contactos N.A. y N.C., temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, relés, etc. Este tipo de lenguaje debe su nombre a su similitud con los diagramas eléctricos de escalera.

El programa en lenguaje LADDER, es realizado y almacenado en la memoria del PLC (sólo en ciertos tipos de PLC's que están preparados para ello) por un individuo (programador). El PLC lee el programa LADDER de forma secuencial (hace un scan o barrido), siguiendo el orden en que los renglones (escalones de la escalera) fueron escritos, comenzando por el renglón superior y terminando con el inferior. En este tipo de programa cada símbolo representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso. Dispone de dos barras verticales que representan a la alimentación eléctrica del diagrama; la barra vertical izquierda corresponde a un conductor con tensión y la barra vertical derecha corresponde a la tierra o masa.

Los bloques para funciones especiales se representan con un rectángulo en cuyo interior se indican con símbolos alfanuméricos las diferentes operaciones que pueden realizar.

9.7. Simbología

La simbología que se utiliza para realizar los programas en un diagrama escalera es:

INPUT: Representa a una entrada normalmente abierta. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC. Observar la figura 22.



Figura 9.7.1. Símbolo INPUT.

NC-INPUT: Representa a una entrada normalmente cerrada. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC. Observar la figura 9.7.2.

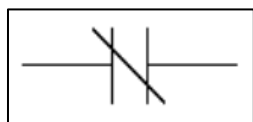


Figura 9.7.2 Símbolo NC – INPUT.

Es importante destacar que tanto los contactos asociados a las entradas del PLC como los contactos de los relés internos o auxiliares de este, pueden constituir configuraciones lógicas AND, OR, NOT, XOR, etc. O en forma general, pueden estar representados en las "tablas de la verdad" a fines de activar o desactivar a salidas específicas del PLC o a relés internos del mismo.

OUTPUT: Representa a un dispositivo genérico de salida que puede estar asociado a una salida física del PLC o a una salida lógica del diagrama escalera (por ej. una bobina de un relé interno del PLC). Observar la figura 9.7.3.

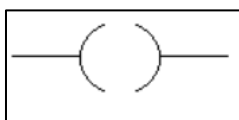


Figura 9.7.3. Símbolo Output.

TOF: Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la desconexión. Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, inmediatamente se activa la salida Q. En este punto, si se corta la señal en la entrada IN, es cuando comienza a transcurrir el tiempo en el temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (permaneciendo cortada la señal en la entrada IN), la salida Q se desactiva. Observar la figura 9.7.4.

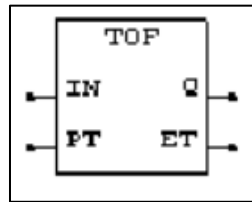


Figura 9.7.4. Símbolo TOF.

TON: Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la conexión. Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, comienza a transcurrir el tiempo en el temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (manteniendo la señal en la entrada IN), la salida Q se activa. Observar la figura 9.7.5.

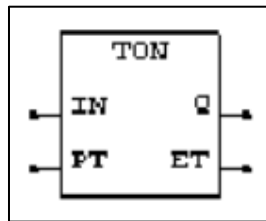


Figura 9.7.5. Símbolo TON.

TP: Este tipo de temporizador tiene el mismo comportamiento del temporizador de simple tiro o monoestable. Cuando una transición de flanco ascendente (de OFF a ON) es detectada en la entrada IN, la salida Q se activa. Esta condición continuará hasta que el temporizador alcance su tiempo programado en la entrada PT. Observar la figura 9.7.6.

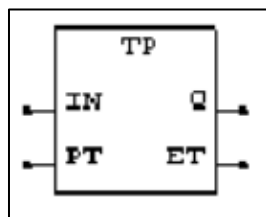


Figura 9.7.6. Símbolo TP.

9.8. Sistema de comunicación de PLC

Nuestro sistema donde el maestro es un Siemens S7-1500 y el esclavo es una ET 200 (dispositivo de periféricos descentralizados) tiene una sólida justificación basada en la modularidad, robustez y escalabilidad del control industrial. El S7-1500 es un controlador avanzado y potente, ideal para ser el núcleo del sistema por el procesamiento rápido de señales y capacidad de manejar múltiples tareas simultáneamente.

9.9. Clasificación de las redes

Para adaptarse a los diferentes requisitos de automatización, SIMATIC ofrece distintas redes de comunicación:

- 1) Industrial Ethernet
- 2) PROFIBUS / MPI
- 3) Interface AS-i

Existen cuatro niveles de automatización que se representan en la figura 9.9.1:

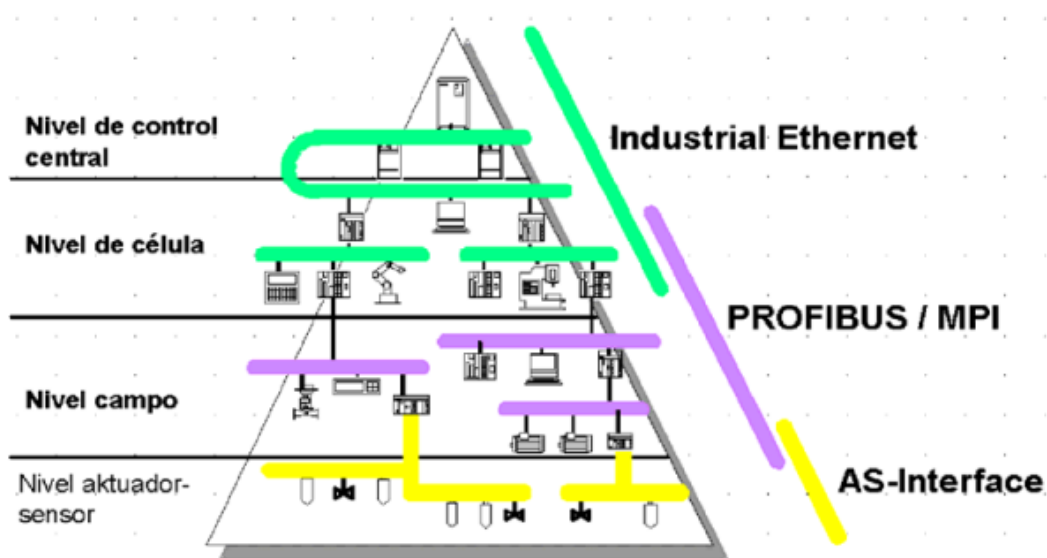


Figura 9.9.1. Niveles de automatización.

- **Nivel de control central** En este nivel se procesan tareas de generales que conciernen a toda la empresa (funciones de gestión). Entre ellas figuran la memorización de valores del proceso y funciones de procesamiento para optimizar y como analizador, así como su presentación en forma de listados. Los datos necesarios se recolectan y procesan para toda la empresa, con independencia del lugar de emplazamiento. Desde el nivel de control central puede accederse igualmente a otros niveles. La cantidad de estaciones puede ser superior a 1.000.
- **Nivel de célula** En el nivel de célula se procesan autónomamente todas las tareas de automatización y optimización. En este nivel están interconectados los autómatas, PCs y los equipos para el funcionamiento y la observación.
- **Nivel de campo** El nivel de campo es el nexo entre las instalaciones y los autómatas programables. Los dispositivos de campo miden, señalizan y retransmiten a las instalaciones las órdenes recibidas del nivel de célula. En general se transmiten pequeñas cantidades de datos. En este caso es típica una comunicación jerarquizada, es decir varios dispositivos de campo se comunican con un maestro.
- **Nivel de actuadores-sensores** En este nivel, un maestro se comunica con los actuadores y sensores conectados a su subred. Son característicos aquí tiempos de respuesta rápidos y un número reducido de bits de datos.

Hay normas que nos describen los tipos de comunicaciones que queremos utilizar, un ejemplo de ello la observamos en la figura 9.9.1.

Tabla 9.9.1. Normas de niveles de automatización.

	AS-i	PROFIBUS	ETHERNET
Norma	IEC-TG-17B	EN 50170	IEEE 802-3
Velocidad de transmisión	167 Kbits/seg	9,6 Kbits/seg ÷ 12 Mb/seg	10 Mb/seg ÷ 100Mb/seg
Nº de equipos	1 Maestro 31 Esclavos	127 estaciones (32 activas)	1024 estaciones
Medio físico	Cable 2 hilos (Cable amarillo)	2 hilos apantallado, o fibra óptica de vidrio o plástico (Cable morado)	Cable coaxial o par trenzado industrial (ITP) o fibra óptica de vidrio (Cable verde)
Extensión de la red	100m (300 m con repetidores)	10 km apróx. (medio eléctrico) 100 km (fibra óptica)	Depende de muchos factores
Metodo de acceso al bus (Protocolo)	Maestro/Esclavo	Profibus DP: Maestro/Esclavo FDL: Paso de testigo	CSMA/CD

CAPITULO 10: PROFIBUS

10.1. Características generales

PROFIBUS es la red para los niveles de célula y campo. Se utiliza para transmitir cantidades de datos desde pequeñas hasta medias. Físicamente, PROFIBUS es una red eléctrica que puede ser:

- Cable a dos hilos apantallado,
- Red de fibra óptica,
- Red de transmisión inalámbrica mediante infrarrojos.

Velocidad de la red: Desde 9,6 Kbit/s a 12 Mbit/s

Podemos conectar a la red un máximo de 127 estaciones, y de éstas no puede haber más de 32 estaciones activas.

Para una red PROFIBUS dispongo de varios servicios de comunicación:

- Comunicación con PG/OP
- Protocolo S7
- Comunicación con equipos S5 (FDL)
- Comunicación estándar (FMS)
- DP Periferia descentralizada

Hay dos métodos de acceso a la red, según queramos acceder a estaciones activas (método de paso de testigo), o a estaciones pasivas (método maestro-esclavo).

10.2. Paso de Testigo (Token Bus)

Las estaciones activas del bus conectadas a PROFIBUS constituyen un anillo lógico de paso de testigo en orden numérico ascendente según su dirección de PROFIBUS (figura 10.2.1). Este orden lógico es independiente de la disposición física de las estaciones. Por anillo paso de testigo se entiende una organización de estaciones (maestros) en la que se pasa un testigo siempre de una estación a la próxima.

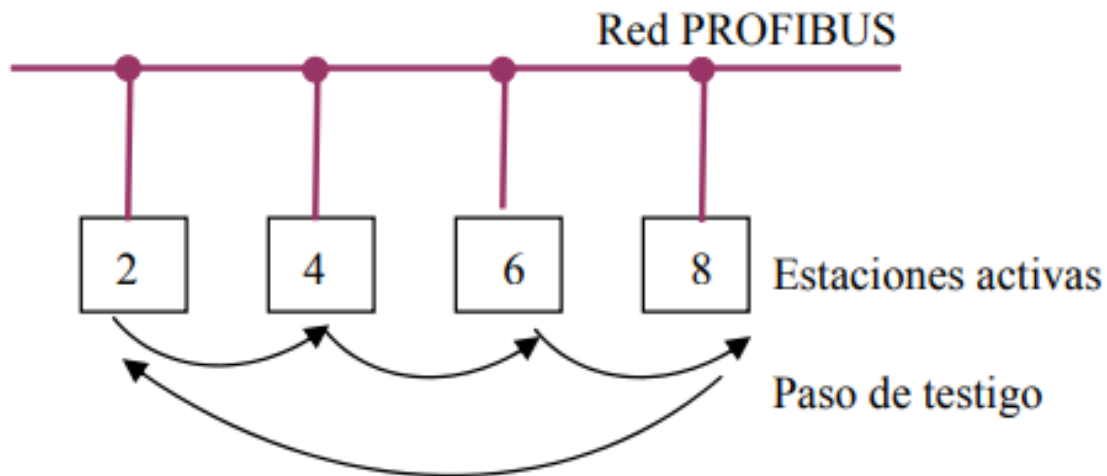


Figura 10.2.1. Estaciones activas de bus.

El testigo confiere el derecho a transmitir información por la red. Dicho testigo se retransmite entre las estaciones del bus activas a través de un telegrama de testigo especial. Cuando una estación tiene el testigo, puede enviar telegramas mientras dure el denominado tiempo de retención del testigo (configuración). Una vez transcurrido éste, la estación ya sólo puede enviar un mensaje de alta prioridad. Si una estación no tiene ningún mensaje que enviar, pasa el testigo directamente a la siguiente estación en el anillo lógico. De esto se exceptúa la estación activa con la dirección más alta existente en el bus, también denominada HSA (Highest Station Address); esta estación pasa el testigo exclusivamente a la estación del bus activa con la mínima dirección de bus, para que se cierre nuevamente el anillo de paso de testigo lógico, la figura 10.2.2 nos muestra el cierre del anillo.

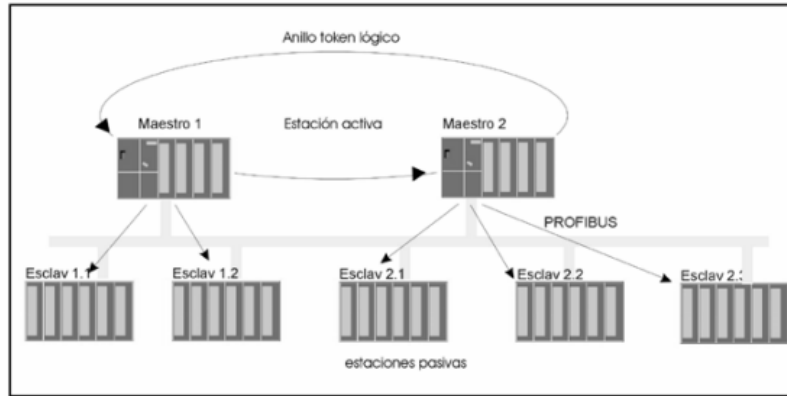


Figura 10.2.2. HSA (cierre de anillo).

10.3. Maestro-Eslavo

Si un anillo lógico consta de una sola estación activa y en el bus hay varias estaciones pasivas, esto es un sistema Maestro-Eslavo como se muestra en la figura 10.3.1.

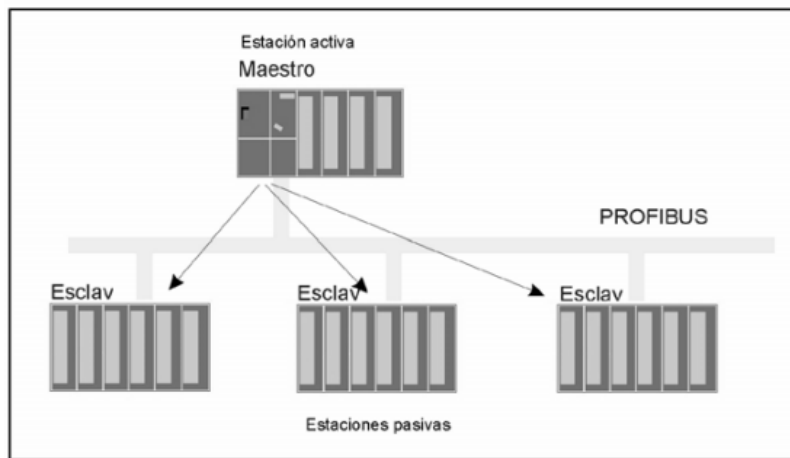


Figura 10.3.1. Maestro-Eslavo.

El método maestro-esclavo permite al maestro (estación activa) que posee entonces el derecho de emisión (tiene el testigo) tener acceso a los esclavos (estaciones pasivas) que tiene asignados. Entonces, el maestro tiene la posibilidad de enviar mensajes a los esclavos o de recibir los procedentes de éstos. La configuración de PROFIBUS-DP estándar se basa en este método de acceso al bus. Una estación activa (maestro DP) intercambia datos de forma cíclica con las estaciones pasivas (esclavos DP).

La capacidad de integración es amigable, ya que es compatible con protocolos industriales como Profinet y *Profibus*. esenciales para comunicar con periféricos como la ET 200., por ello tiene la capacidad de coordinar la operación de varios esclavos, consolidando datos y supervisando el sistema desde un solo punto.

La figura 10.3.2 nos muestra que la ET 200 es ideal para descentralizar las operaciones y manejar periféricos específicos del sistema al conectar la ET 200 cerca de las máquinas o procesos que controla, se reduce el cableado de campo, minimizando costos y puntos de fallo. La ET-200 reduce la carga de procesamiento del SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP, al manejar tareas locales. Proporciona un equilibrio entre control centralizado y ejecución local, optimizando el rendimiento, reduciendo costos de instalación y asegurando escalabilidad para futuras necesidades de expansión.

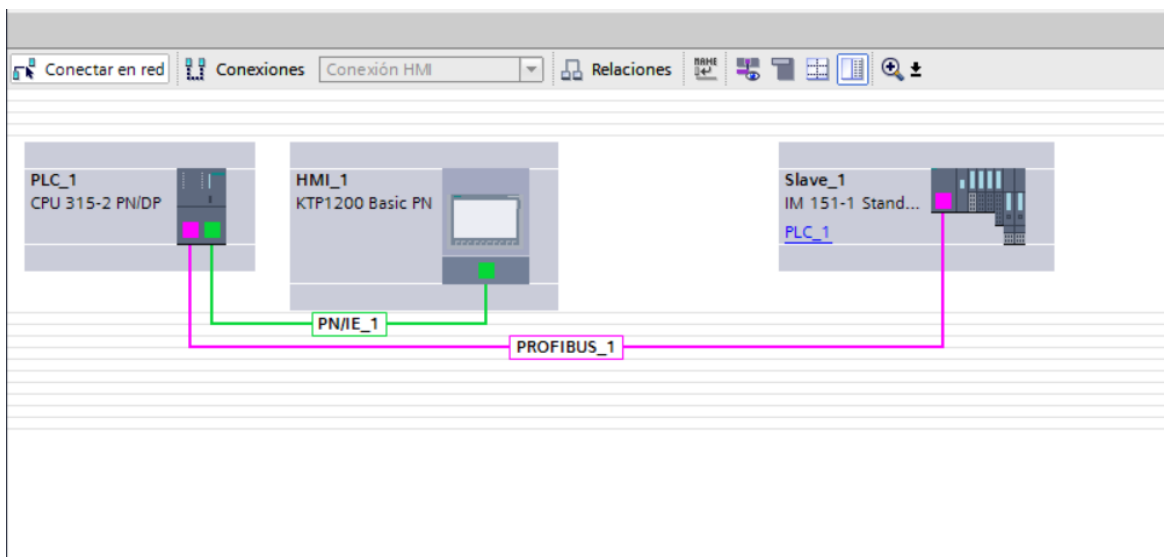


Figura 10.3.2. Sistema de comunicación.

CAPITULO 11: Bosquejo de programación HMI

11.1. Estructura de HMI

Antes de comenzar a desarrollar una HMI, es fundamental tener una idea clara y un bosquejo inicial del diseño. Esto no solo organiza el proceso de desarrollo, sino que también asegura que el resultado sea funcional y cumpla con las necesidades específicas del sistema y del operador. Permite al equipo identificar necesidades específicas del operador y del proceso, evitando funciones innecesarias. Antes de implementar gráficos y controles, es más sencillo probar diferentes distribuciones y seleccionar la que mejor equilibre claridad y funcionalidad. La figura 11.1.1 observamos la idea principal para la programación de la HMI.

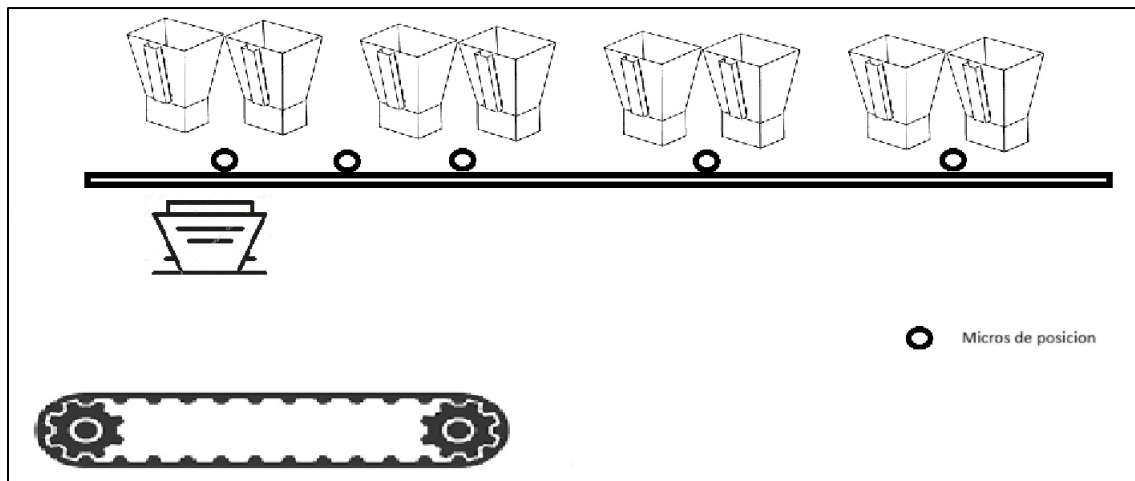


Figura 11.1.1. Bosquejo de programación de HMI.

El diseño de una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) para el control de tolvas de aditivos en un proceso industrial es crucial, ya que permite la interacción eficiente entre los operadores y el sistema automatizado. Se pueden implementar alarmas y advertencias visuales o auditivas para notificar problemas como sobrellenado, falta de aditivos o fallos mecánicos.

El aumento de las capas de los procesos y las mayores exigencias de funcionalidad a las máquinas y a las instalaciones, hacen imprescindible una máxima transparencia. La interfaz hombre-máquina (HMI) ofrece esta transparencia.

Un sistema HMI se encarga de:

- Representar procesos: El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.
- Controlar procesos: El operador puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar un valor teórico para el autómatas o iniciar un motor.
- Emitir avisos: Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).
- Archivar valores de proceso y avisos El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso. De esta forma se puede documentar el transcurso
- del proceso y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos de producción.
- Documentar valores de proceso y avisos El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes. De este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.
- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómatas en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos.

Para el desarrollo de las aplicaciones SCADA vamos a utilizar el software Tia portal V16 Este programa es un producto de siemens con el que no solo podemos crear aplicaciones SCADA orientadas a productos siemens sino también a otros productos, una de las funciones de este software es permitir el desarrollo y depurar programas para los PLCs S7-1200, S7-300, S7-1500, y S7-400, empleando lenguajes de programación Grafset, Ladder y texto estructurado.

La configuración de Interfaz de operador hombre-máquina (HMI): facilita la creación y la edición de avisos HMI para controlar y visualizar los procesos industriales a tiempo real. Facilita la integración de dispositivos: a través de una única plataforma de programación se pueden integrar dispositivos como servomotores, variadores de frecuencia, módulos de entrada y salida (ET 200).

Para la realización de la aplicación vamos a proceder con los siguientes pasos:

- Creación de un nuevo proyecto: Para la creación de un nuevo proyecto debemos abrir el programa. Al abrirlo nos aparecen varias opciones:
 - Abrir último proyecto procesado. Esta opción nos permite abrir el último proyecto con el que hemos trabajado
 - Crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos. En cada paso se seleccionan o configuran datos del proyecto, como controladores, paneles de operador, imágenes y librerías. Al final el asistente crea el proyecto acorde con los datos indicados y lo abre.
 - Abrir proyecto existente. Esta opción nos permite abrir un proyecto creado con anterioridad.
 - Crear proyecto vacío. Con esta opción creamos un nuevo proyecto. Vamos a utilizar esta opción para crear nuestro primer programa scada.

Selección del tipo de panel en esta ventana vamos a seleccionar el tipo de panel. aquí tendremos la oportunidad de elegir entre una larga gama de paneles fabricados por siemens (Software TiaPortal), así como sus versiones (Figura 11.2.1).

11.2. Selección de Panel

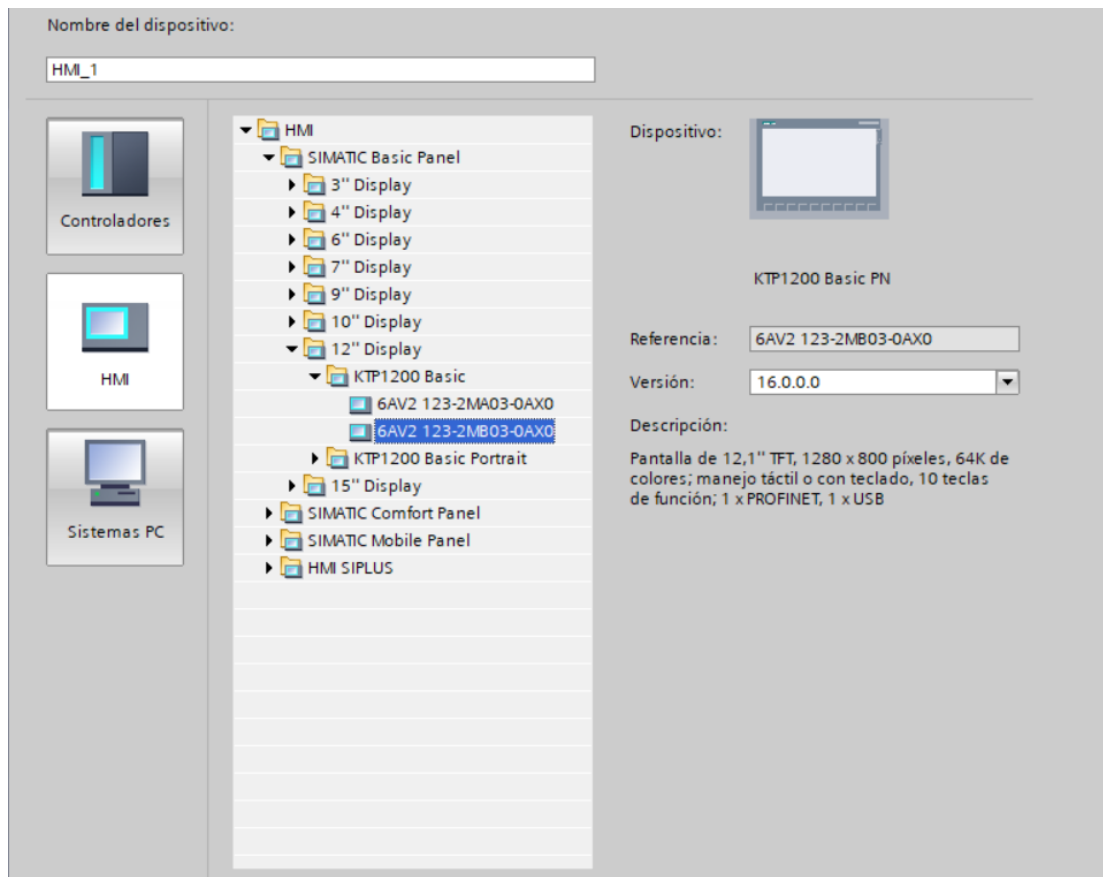


Figura 11.2.1. HMI seleccionada.

La HMI KTP 1200 es una interfaz de operador diseñada para interactuar con sistemas de automatización Siemens. Su tamaño de 12 pulgadas permite una visualización clara de gráficos, alarmas y datos de proceso, se conecta al CPU S7-300 vía Profinet, asegurando una comunicación confiable y rápida. Integra herramientas en TIA Portal para diseñar interfaces personalizadas.

Aunque el esclavo ejecuta tareas locales, los datos de su operación son enviados al maestro y visualizados en la HMI, por el tamaño y las necesidades que se tienen contemplado para la operación adecuada que tienen el operador para su mejor manejo del proceso de aditivos y así poder comprender y utilizar todas las funciones implementadas en el diseño de la programación de la HMI.

En la figura 36 observamos la ventana principal donde contiene todas las herramientas y ubicaciones donde se realizará toda la programación. La ventana principal contiene:

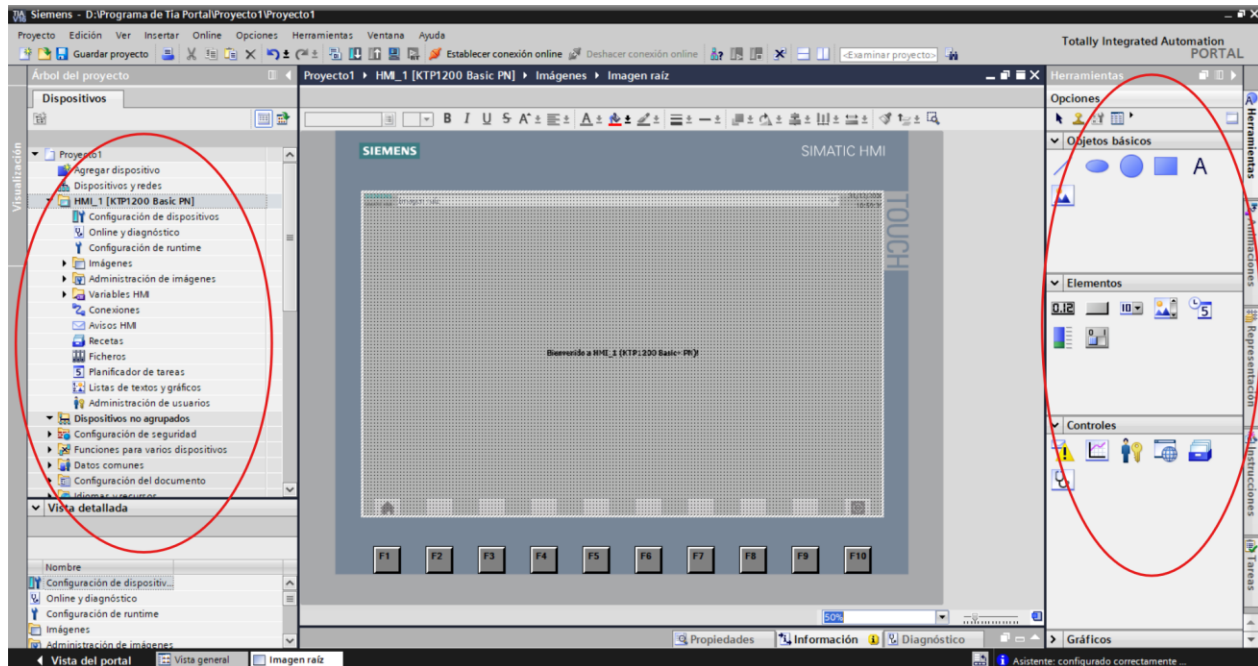


Figura 11.2.2. Ventana principal (editor de imágenes).

- Explorador del proyecto. Está situado a la izquierda de la ventana. Aquí se pueden explorar todas las opciones de configuración relacionado con el proyecto. En esta parte accedemos a las variables y conexiones creadas situados en el apartado de comunicaciones. Además de esto se pueden realizar otras tareas tales como: la creación de recetas, estructuras scripts...
- Área de trabajo. Corresponde con la parte central de la ventana del proyecto. Aquí mediante el editor gráfico podemos crear las formas que queremos dándoles distintas animaciones como: visibilidad, apariencia, parpadeo, movimientos....
- Herramientas. En esta parte disponemos de distintas herramientas tales como: formas geométricas simples (línea, círculo, cuadrado, polilínea...), campo de fecha, campo de texto, botón, interruptor... aquí también podemos acceder a librerías ya creadas por nosotros o importadas.

La figura 11.2.3 nos indica que la operación mostrada está diseñada para el modo manual. En este modo, el operador tiene un control directo sobre los dispositivos o procesos, en contraste con el modo automático. Supervisar y controlar el sistema de transporte y pesaje de diferentes materiales como silicio, hierro manganeso, hierro cromo, cal, entre otros. Probablemente estos materiales alimentan el horno para su correcta eliminación de impurezas.

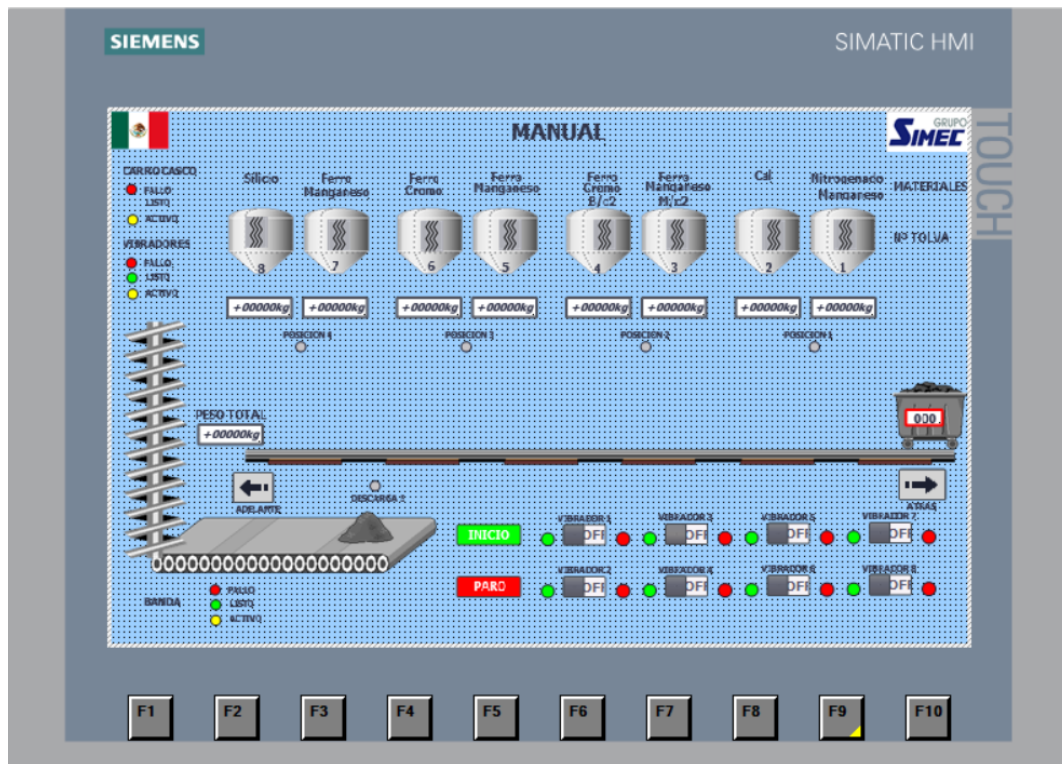


Figura 11.2.3. Vista de modo manual de programación de HMI.

Se etiqueto las tolvas materiales, cada tolva está asignada a un material específico (ejemplo: Silicio, Hierro Manganeso, etc.). Tiene un display que muestra el peso actual del material en ella. El valor aparece en kilogramos (+0000kg).

Cada tolva tiene botones individuales para activarlas o desactivarlas. Por ejemplo, estos podrían controlar el flujo del material desde una tolva hacia el transportador. Los botones permiten la apertura o cierre de compuertas.

La figura 11.2.4 nos indica que la operación está configurada en modo automático, lo que significa que el sistema funcionará de manera autónoma según la lógica programada en el PLC. el operador supervisa el proceso, pero no necesita intervenir constantemente, ya que las secuencias de las operaciones están predeterminadas. Cada tolva muestra su peso actual en kilogramos (+000kg). Este dato proviene de celdas de carga o sensores conectados al PLC.

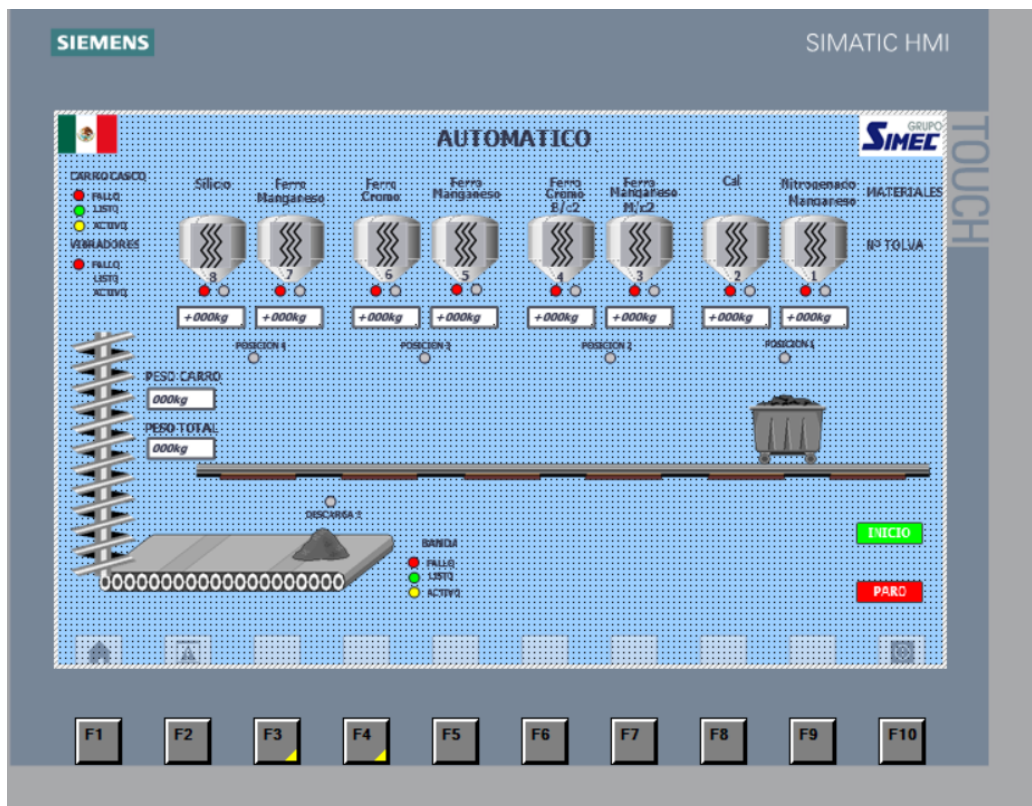


Figura 11.2.4. Vista de modo automático de programación de HMI.

El peso carro muestra el peso acumulado en un carro específico que probablemente transporta los materiales hacia otra parte del proceso, que como se visualiza el carro pasa por todas las tolvas donde si se desea le integran peso del que ya lleva, por ello se agrega un total de peso donde vemos si es correcta la receta que se le depositara al horno mediante la banda

La gráfica de la banda representa el sistema de transporte donde se mezclan los materiales descargados de las tolvas. La banda podría activarse automáticamente cuando las tolvas alcanzan ciertos umbrales de peso o cuando hay una solicitud desde el carro recolector.

CAPITULO 12: ELABORACION DE PROGRAMA

La elección del software TiaPortal fue la más amigable y confiable para la elaboración del código donde se elaborarán los segmentos de nuestra lista se declararán aquí, como las marcas, entradas, salidas y bloques necesarios donde se nos permita configurar.

12.1. Configuración de dispositivos

A continuación, se configura el hardware en el entorno S7 1200 de Siemens con el software TIA Portal y se le configura la IP en: 198.168.0.1, se agregan módulos de entradas y salidas



Figura 12.1.1. Hardware en el entorno S7-300 y CPU.

La figura 12.1.1 representa nuestro maestro y CPU enlazadas, encargados de mandar la comunicación que recibe del HMI que se ha elegido anteriormente y después dirigida al PLC ET-200. La conexión detallada del sistema de los módulos la encuentras en la figura 10.3.2 ubicada en la página 54, en el capítulo 10.3. Maestro-Eslavo.

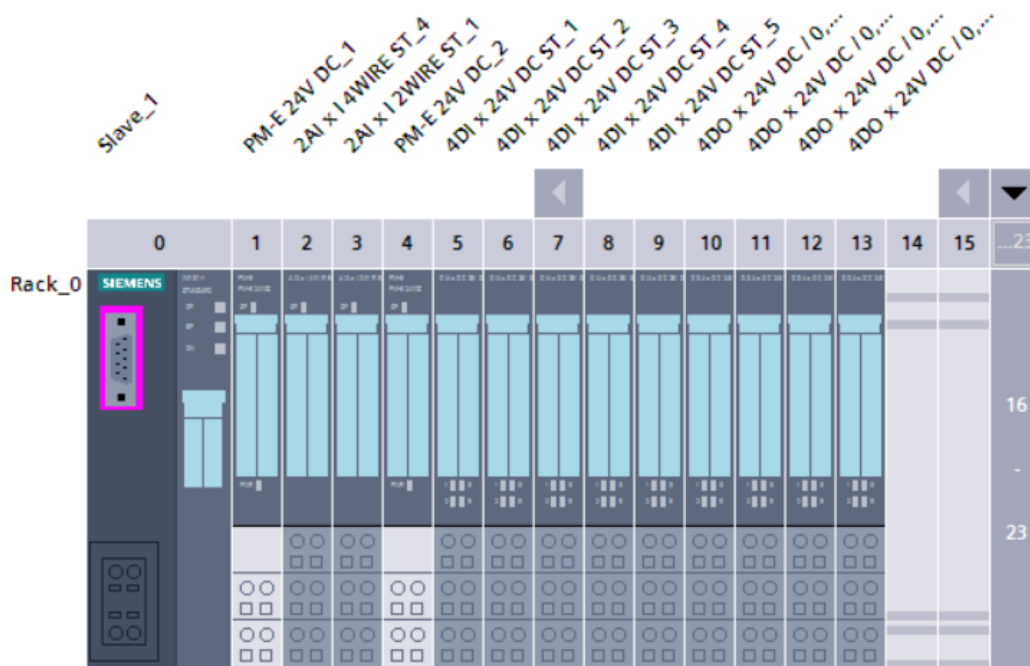


Figura 12.1.2. Hardware en el entorno ET-200.

Al tener ya creada la HMI y teniendo todos los elementos que queremos controlar con el PLC y las señales que se quieren recibir podemos crear nuestros bloques de datos (DB) con la configuración que deseamos. La primera tabla nos indica el valor del peso de cada una de las tolvas (figura 12.1.3 y 12.1.4).

valores pesaje								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a...	
1	 ▼ Static				☐	☐	☐	
2	 ■ Tolva 1	Int	 0.0	0	☒	☒	☐	
3	 ■ Tolva 2	Int	2.0	0	☒	☒	☐	
4	 ■ Tolva 3	Int	4.0	0	☒	☒	☐	
5	 ■ Tolva 4	Int	6.0	0	☒	☒	☐	
6	 ■ Tolva 5	Int	8.0	0	☒	☒	☐	
7	 ■ Tolva 6	Int	10.0	0	☒	☒	☐	
8	 ■ Tolva 7	Int	12.0	0	☒	☒	☐	
9	 ■ Tolva 8	Int	14.0	0	☒	☒	☐	
10	 ■ peso total	Int	16.0	0	☒	☒	☐	

Figura 12.1.3. Variables de la HMI- Valores de pesaje.

sumatorias de peso							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	Static				☐	☐	☐
2	Suma_T1yT2	Int	0.0	0	☒	☒	☒
3	Suma_T2 Y T3	Int	2.0	0	☒	☒	☐
4	Suma_T3 Y T4	Int	4.0	0	☒	☒	☐
5	Suma_T4 Y T5	Int	6.0	0	☒	☒	☐
6	Suma_T5 Y T6	Int	8.0	0	☒	☒	☐
7	Suma_T6 Y T7	Int	10.0	0	☒	☒	☐
8	Suma_T7 Y T8	Int	12.0	0	☒	☒	☐
9	Valor_real_T1	Real	14.0	0.0	☒	☒	☐
10	Valor_real_T2	Real	18.0	0.0	☒	☒	☐
11	Valor_real_T3	Real	22.0	0.0	☒	☒	☐
12	Valor_real_T4	Real	26.0	0.0	☒	☒	☐
13	Valor_real_T5	Real	30.0	0.0	☒	☒	☐
14	Valor_real_T6	Real	34.0	0.0	☒	☒	☐
15	Valor_real_T7	Real	38.0	0.0	☒	☒	☐
16	Valor_real_T8	Real	42.0	0.0	☒	☒	☐

Figura 12.1.4. Variables de la HMI-sumatoria de peso.

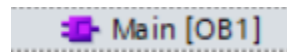
Para almacenar los valores de pesaje y la sumatoria de desde la HMI en las variables anteriores poder manipularlas en el programa es necesario realizar una conexión de variables para HMI y PLC de las variables de la HMI (figura 12.1.5).

VARIABLES HMI							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Visibl...	
1	 INICIO_MODO_AUTOMATICO	Bool	 %M200.0				
2	 Carro_Adelante_HMI	Bool	%M200.1				
3	 Carro_Atras_HMI	Bool	%M200.2				
4	 Vibrador 1_ON_HMI	Bool	%M200.3				
5	 Vibrador 2_ON_HMI	Bool	%M200.4				
6	 Vibrador 3_ON_HMI	Bool	%M200.5				
7	 Vibrador 4_ON_HMI	Bool	%M200.6				
8	 Vibrador 5_ON_HMI	Bool	%M200.7				
9	 Vibrador 6_ON_HMI	Bool	%M201.0				
10	 Vibrador 7_ON_HMI	Bool	%M201.1				
11	 Vibrador 8_ON_HMI	Bool	%M201.2				
12	<Agregar>						

Figura 12.1.5. Variables de la HMI.

Una vez creada la conexión, el dato asignado a esta variable creamos una conversión para que los valores de pesaje, que nos arroja cada tolva es accionada, y después de ello se realiza una sumatoria total donde se detecte cuanto Kg llevamos en nuestro carro casco.

Todos los segmentos y variables ocupadas se almacenarán en el bloque “Main [OB1]” donde nuestros temporizadores se almacenan ahí.



12.2. Bloques

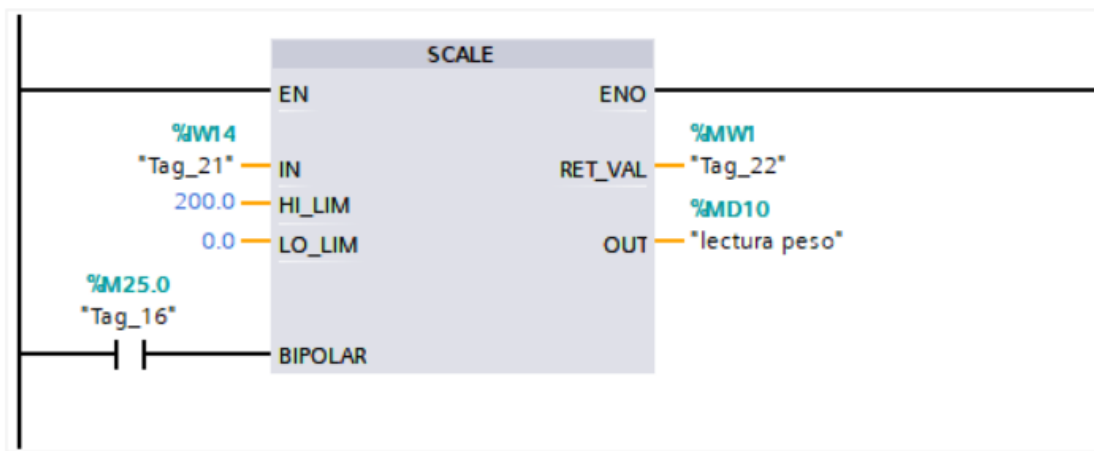


Figura 12.2.1. Bloque SCALE para adquirir y escalar medida de celda de pesaje.

Para adquirir y escalar la medición de la celda de pesaje se utiliza el bloque SCALE, ver figura 12.2.1, El cual toma el valor entero obteniendo de la conversión del valor análogo de la medición de la celda de pesaje lo escala en un valor dentro de un rango establecido. El valor resultante de la conversión de la medida está comprendido, el resultado debe corresponder a un valor de voltaje en la entrada análoga entre el rango 0 a 10 V, el valor mínimo que se puede representar es de 4,000 mA. El rango al que es escalado es el valor de la conversión de la medición es de 0 a 200 Kg.

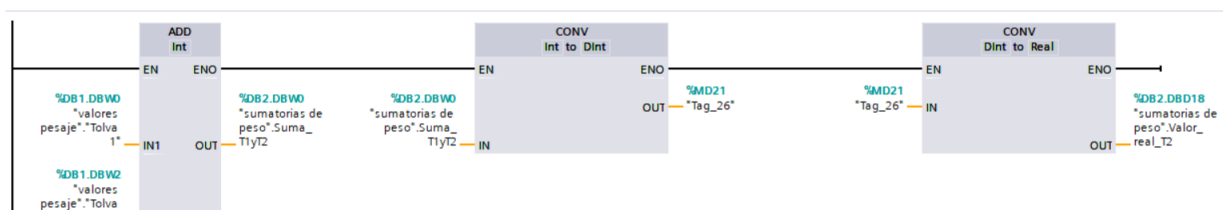


Figura 12.2.2. Sumatoria de valores y conversión de salidas.

La sumatoria de los resultados de 2 segmentos nos lo realiza el bloque ADD, ver figura 12.2.2, donde después de tener el resultado de esa sumatoria nos lo lleva a 2 bloques siguientes, el primero realiza una conversión de un entero para así convertirlo en un resultado real, ese resultado real no tendremos para las salidas del HMI donde se verá reflejada ahí,

12.3. Bloque inicial

Establecemos bloques principales para las diversas tolvas para su accionamiento, donde como primer paso el micro de posición y detecta si está en la posición correcta (figura 12.3.1).

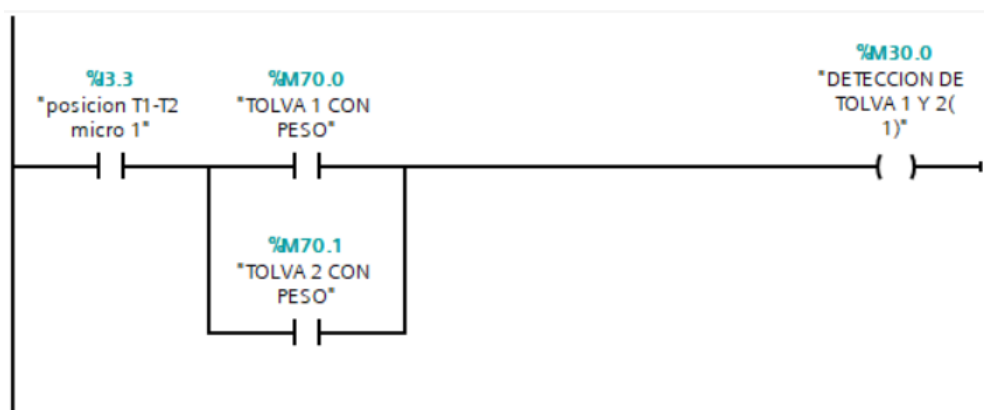


Figura 12.3.1. Programación inicial.

Cuando la bobina de salida de “Detección de Tolva 1 y 2” pase al siguiente segmento donde realiza el inicio de ciclo para los vibradores (figura 12.3.2).

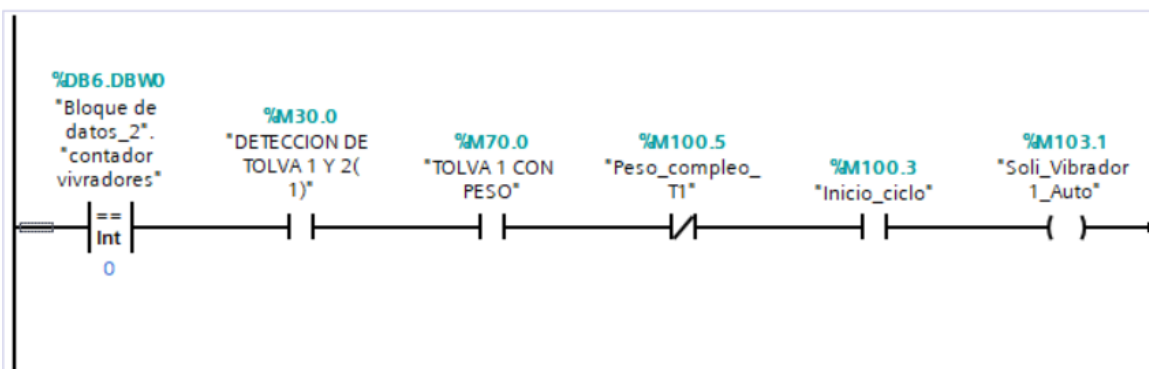


Figura 12.3.2. Inicio de bloque.

Los demás segmentos son para la activación del tablero local y HMI donde sus propias marcas dirigen la señal para el PLC (figura 12.3.3).

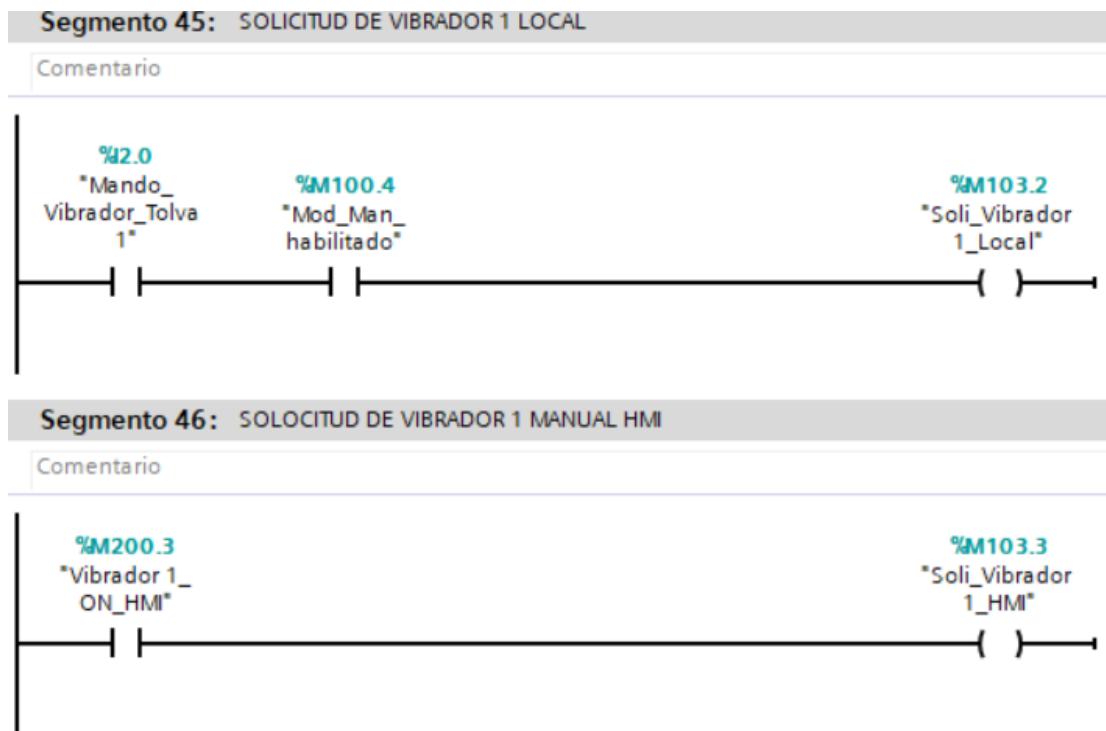


Figura 12.3.3. Solicitud de vibración.

Nuestro inicio de ciclo da entrada al manejo de del carro puesto que igual está determinado por el uso de los micros (posición) y así no dejara mover el carro hacia atrás o hacia adelante (figura 12.3.4).



Figura 12.3.4. Consentimiento de carro.

Para que el carro nos permita llegar al micro de descarga debemos generar un cumpio donde nuestras marcas sean contactos cerrados, (figura 12.3.5).

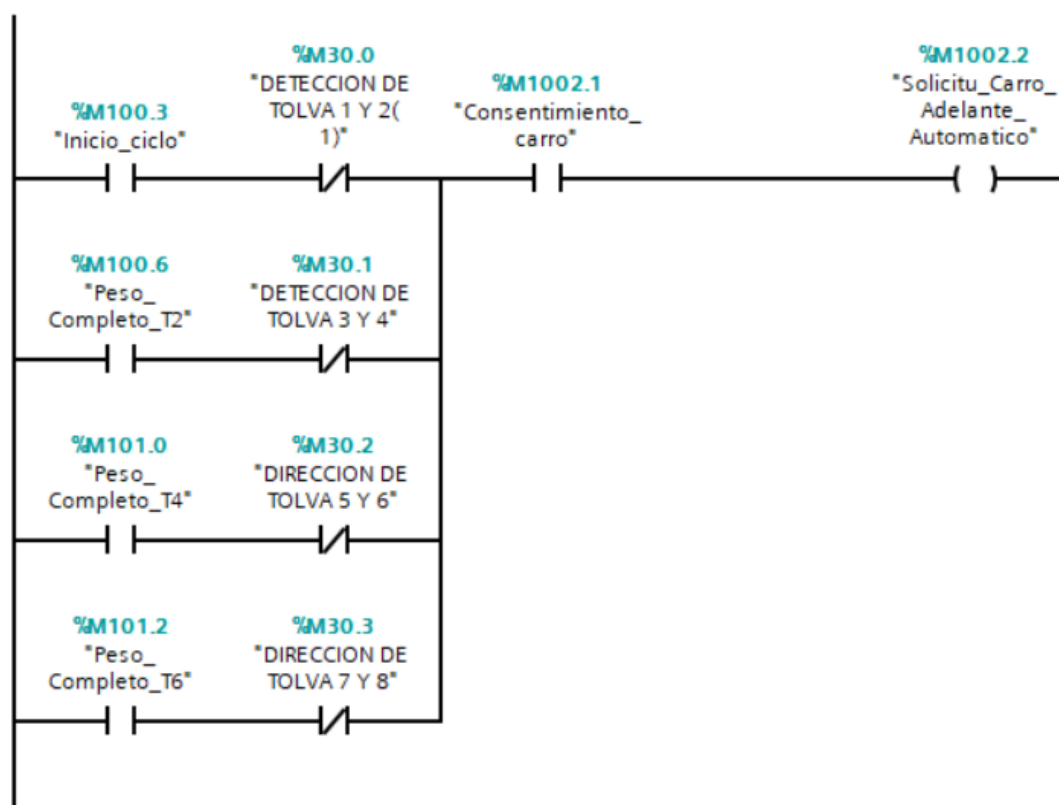


Figura 12.3.5. Detección de carro-pasos de micro.

Para la programación HMI su funcionalidad está regida por las mismas marcas de los segmentos, puesto que están entrelazados por las entradas y las marcas vinculadas con los botones de la interfaz de la HMI en sus propiedades.

Para la creación de los pulsadores se recurre a la ventana de “objetos básicos” situada a la derecha de la ventana principal. Allí seleccionamos el objeto “botón”. Una vez seleccionado este objeto abrimos la ventana de propiedades pulsando dos veces sobre el mismo. En esta ventana definimos las propiedades del pulsador. En caso del pulsador “marcha” y el de “preparado”, pero recordemos que asignamos movimiento en bloques y segmentos donde debemos generar una animación cuya representación sea el “adelante” y “atrás” de nuestro carro casco, entonces nos dirigimos en animación donde le damos un movimiento horizontal, ver la figura 51 donde se representa con una flecha azul la activación de la animación.

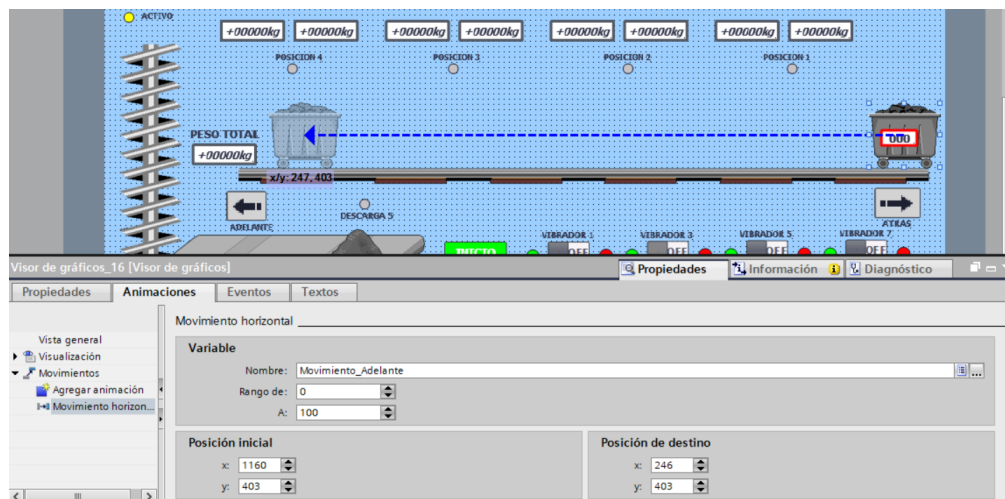


Figura 12.3.6. Activación de animación.

CAPITULO 13: TABLERO DE CONTROL

Debido a circunstancias internas de la Planta Simec International S.A. de C.V., el proyecto se vio sujeto a modificaciones obligadas. En respuesta a estos cambios, desarrollamos soluciones utilizando los recursos y materiales disponibles, asegurando que el proyecto cumpliera con su funcionalidad y estuviera listo para su ejecución.

Una vez que las operaciones del área se normalicen, se procederá con el montaje y la comprobación del sistema, con el fin de demostrar que el proyecto ha sido ejecutado de manera correcta y conforme a los objetivos establecidos.

En el desarrollo del presente proyecto, se consideró necesario seleccionar y utilizar un tablero de pruebas como herramienta fundamental para la validación y demostración de la funcionalidad del sistema propuesto.

El tablero de pruebas permite simular y replicar las condiciones reales de operación del sistema. Esto asegura que todos los componentes interactúen de manera adecuada y que el diseño cumple con los requerimientos planteados. Además, facilita la detección y corrección de posibles fallos antes de la implementación final.

13.1. Selección tablero de control

Es importante hacer énfasis que cuando se habla de aplicaciones de control por medio de PLC, dichos sistemas continúan trabajando en un medio ambiente industrial, es por eso, que a pesar de que su tecnología electrónica a reducido su necesidad de espacio, éstos continúan siendo instalados en tableros o gabinetes que requieren cumplir ciertos requerimientos. Estos tableros o gabinetes de diferentes tamaños, que sirven para fijar el equipo electrónico y eléctrico, así como la circuitería y sus accesorios, le ofrecen protección contra el medio ambiente (normalmente cuentan con aire acondicionado).

El tamaño del gabinete dependerá del equipo, máquina o proceso a automatizar, así como del tamaño del PLC, la cantidad de dispositivos de mando, los accesorios necesarios y la medida de cable para sus conexiones (figura 13.1.1).

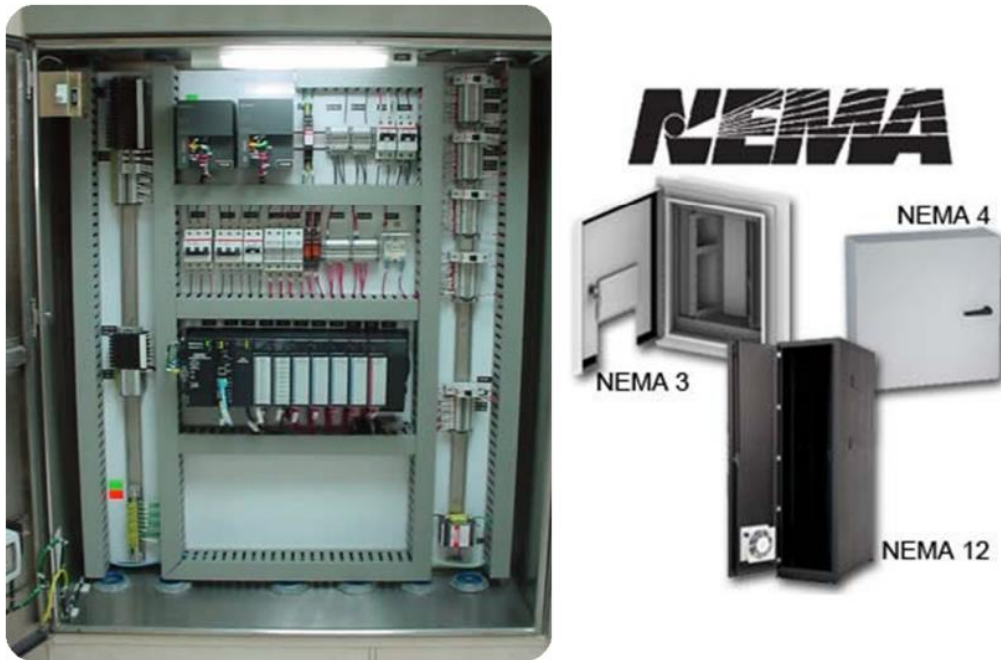


Figura 13.1.1. Tableros industriales NEMA.

Al implementar el diseño en un entorno controlado como el tablero de pruebas, se pueden realizar ajustes y modificaciones necesarias para garantizar que la solución cumple con los objetivos del proyecto. Esto refuerza la confiabilidad y efectividad del sistema.

Existen varias normas o estándares sobre los gabinetes eléctricos, una de las más usadas en México, es la de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) de Estados Unidos que ha definido varios estándares basados en el tipo de medio ambiente en el cual van a instalarse y el grado de protección requerido por la circuitería eléctrica montada en su interior. En la tabla siguiente (Figura 13.1.2) se enlistan algunos.

Tabla 13.1.1. Normas de tableros.

Tipo	Característica	Descripción
NEMA 1	Para usos generales	Se utilizan en servicio interiores con condiciones atmosféricas normales y contruidos de lámina metálica
NEMA 2	A prueba de goteo	Se utilizan en servicios interiores, ofrecen protección contra goteo de líquidos corrosivos. Las entradas de conduit requieren conectores especiales tipo glándula.
NEMA 3	Servicio a Intemperie	Se utilizan en servicios exteriores, ofrecen protección contra aire húmedo y polvo. Son resistentes a la corrosión.
NEMA 3R	A prueba de lluvia	Se utilizan en servicios exteriores a prueba de lluvia. Son resistentes a la corrosión y requieren conectores especiales tipo glándula.
NEMA 4	A prueba de agua y polvo	Se utilizan en servicios exteriores, ofrecen protección contra salpicadura y chorro directo de agua. Están contruidos en lámina metálica o gabinete fundido. Requieren soportes exteriores de montaje.
NEMA 5	A prueba de polvo	Se utilizan en servicios interiores, ofrecen protección hermética contra polvo.
NEMA 7	A prueba de gases explosivos	Pueden utilizarse en servicios interiores o exteriores en atmósferas peligrosas por gases explosivos. Se contruyen en gabinete fundido atornillable o roscado y requieren conectores especiales, así como soportes exteriores de montaje.
NEMA 9	A prueba de polvos explosivos	Se utilizan en servicios interiores o exteriores en atmósferas peligrosas. Evitan la entrada de polvos explosivos.
NEMA 12	Servicio Industrial	Se usan en servicio interior, ofrecen protección contra polvo, pelusa, fibras, goteo, salpicaduras, insectos, aceite y líquidos refrigerantes. Requieren conectores de sello y soporte exterior de montaje.
NEMA 13	Servicio Industrial	Se usan en servicio interior, son herméticos al aceite y al polvo, además de ofrecer protección contra líquidos refrigerantes.

El tablero de pruebas ofrece una plataforma visual y tangible para demostrar el funcionamiento del sistema a todas las partes interesadas, incluyendo clientes, supervisores o inversores. Esto genera confianza en los resultados obtenidos y respalda las decisiones tomadas durante el desarrollo.

Por lo que se realizó un diseño de tablero para solo la utilización de pruebas, ver la figura 13.1.2.

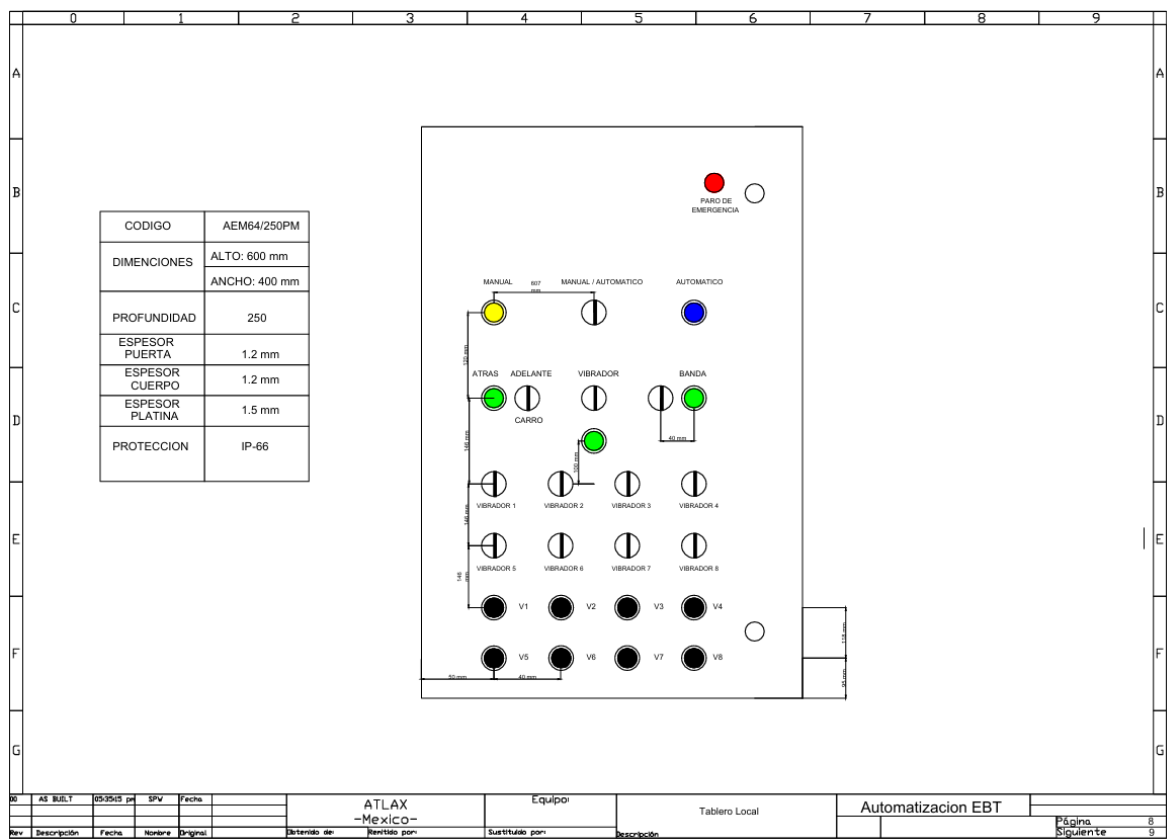


Figura 13.1.2. Diseño de tablero.

La selección y uso del tablero de pruebas es una decisión estratégica que respalda la calidad del proyecto y garantiza que la solución propuesta sea funcional, fiable y efectiva, cumpliendo con los objetivos establecidos y asegurando la satisfacción de los requerimientos del cliente o usuario final.

Al incluir únicamente los elementos esenciales (fuente de alimentación, PLC, canaletas y clemas), se minimiza el espacio ocupado dentro del tablero, los componentes están organizados para garantizar un acceso sencillo a las conexiones y facilitar el mantenimiento. La disposición está diseñada para que los cables y componentes no interfieran entre sí, manteniendo un diseño limpio y ordenado, ver figura 13.1.3.

La fuente de alimentación y el PLC están ubicados en posiciones adecuadas para evitar sobrecalentamientos y daños por vibraciones u otros factores externos. se asegura que los conductores estén separados y organizados, lo que previene interferencias electromagnéticas, especialmente para las señales sensibles al PLC.

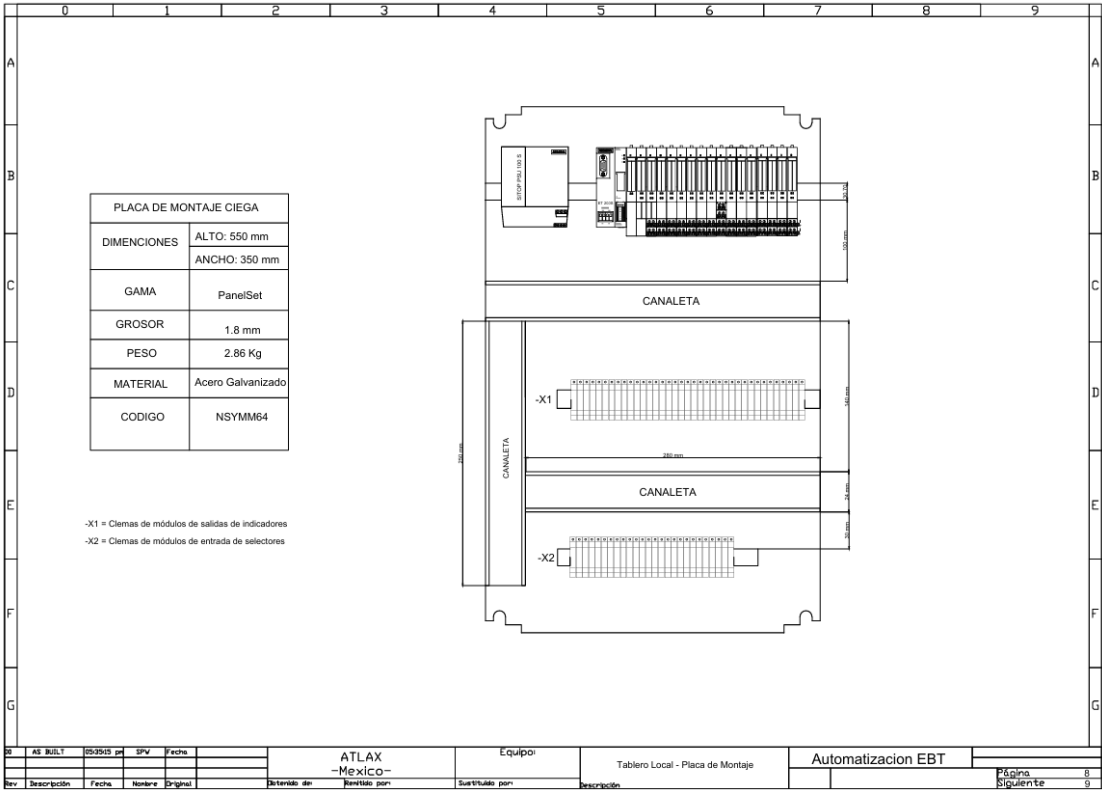


Figura 13.1.3. Diseño de tablero interior – placa de montaje.

CAPITULO 14: PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD

14.1. Simulaciones

Estas pruebas aseguran que los dispositivos puedan intercambiar información de manera confiable, oportuna y coherente, lo cual es esencial para la sincronización del proceso, el monitoreo remoto y la integración con sistemas SCADA u otros PLCs.

Se comprueba que los dispositivos están correctamente conectados a través del medio físico de comunicación, lo que es nuestro CPU (maestro) y el PLC ET200S (esclavo), estos dos están conectados mediante comunicación Profibus y donde se cargara la programación del CPU y HMI es mediante Ethernet.

Aseguramos los parámetros de red como la IP: 192.168.0.1 estén ya enlazados con el ordenador. Ver la figura 14.1.1.

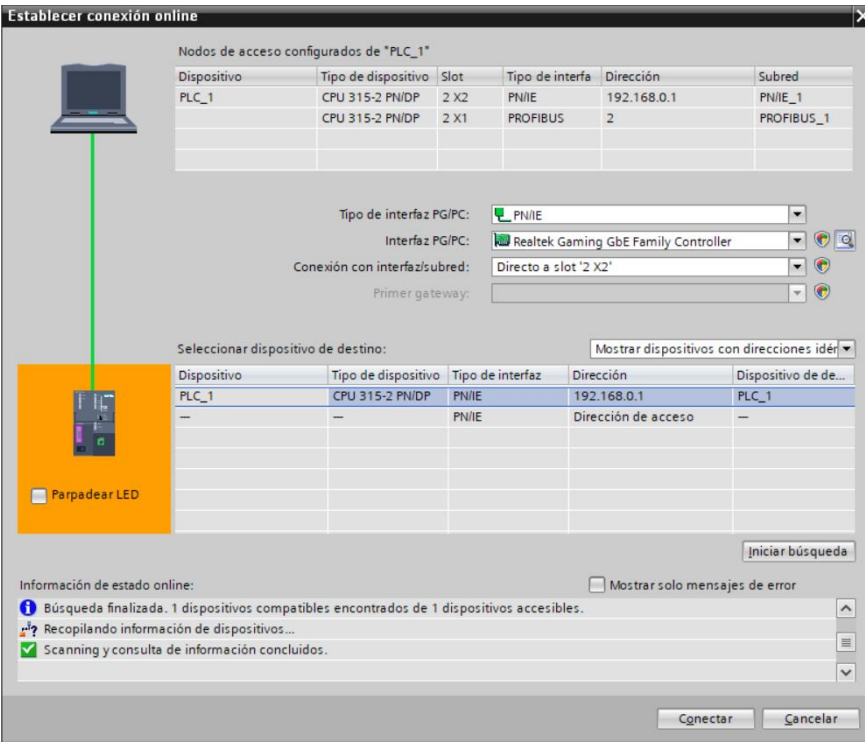


Figura 14.1.1. Comunicación de dispositivos.

En la prueba de simulación en la HMI en modo automático observamos la funcionalidad del movimiento de la tolva donde ya se indicó el peso que queremos en el carro, primero se nos activara un indicador color “verde” ya que nos indica que esta la primera posición, donde se encuentra la tolva 1 y 2, la animación de vibración aparece en la primera tolva junto con un indicador verde y un símbolo encima de la tolva donde nos representa que está en vibración en tiempo real. En el lado izquierdo de la figura 14.1.2, observamos el peso actual que tiene el carro, esto nos muestra que el bloque donde escala los mA a un peso real mediante las celdas esta funcionando correctamente.

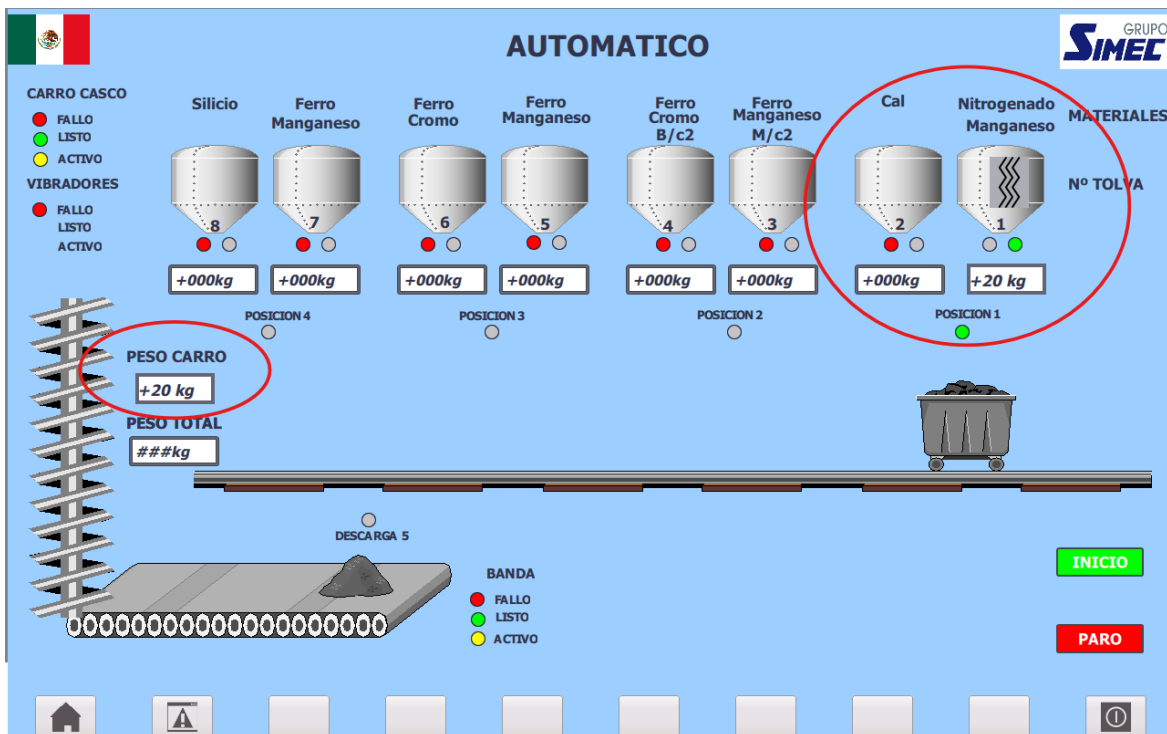


Figura 14.1.2. Prueba de simulación.

Las pruebas de simulación de las celdas de pesaje junto con nuestra escalación y sumatoria las generamos con la ayuda de un “Calibrador de procesos Fluke 754 con soporte HART”, ver figura 14.1.3, las puntas del calibrador las conectamos a las tarjetas de entrada del PLC donde correspondían las celdas del pesaje, ya que el calibrador cumple con la función que necesitamos, generamos un mA para observar la escalación y representarlo en el HMI donde ya no los muestra en Kg.



Figura 14.1.3. Prueba de simulación con calibrador.

Los datos arrojados del calibrador son recolectados mediante los bloques de datos de pesaje donde se almacenan ya que estos serán guardados en una variable y sumados ya que por ello se realiza una sumatoria donde tendremos el total de los aditivos que hemos insertado.

El segmento de la sumatoria ya se ve activada donde se ha detectado valores de pesaje en dos tolvas, ver figura 14.1.4, donde anteriormente ya mencionado se nos realizan 2 conversiones de un entero para así convertirlo en un resultado real, cuando se culmina ese proceso el resultado se ve reflejado en el peso total de la HMI.

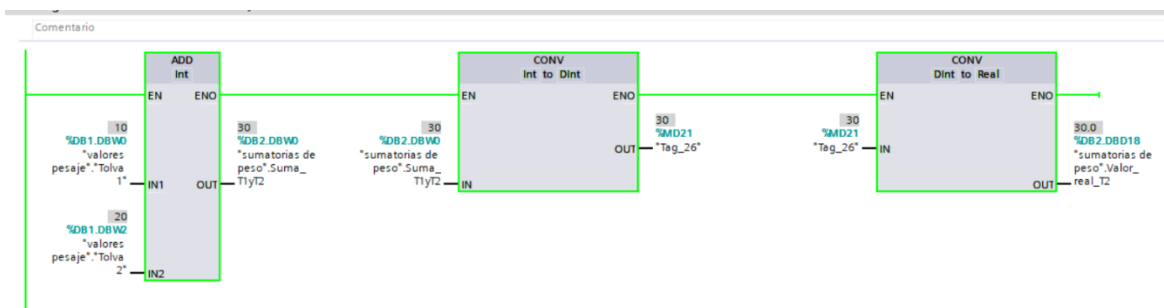


Figura 14.1.4. Sumatoria de valores de pesaje.

En la figura 60 observamos que el peso total ya está representado la sumatoria de los 2 pesos de las tolvas 1 y 2 y que mediante a ello se repitió el mismo ciclo de pesaje para las demás tolvas.

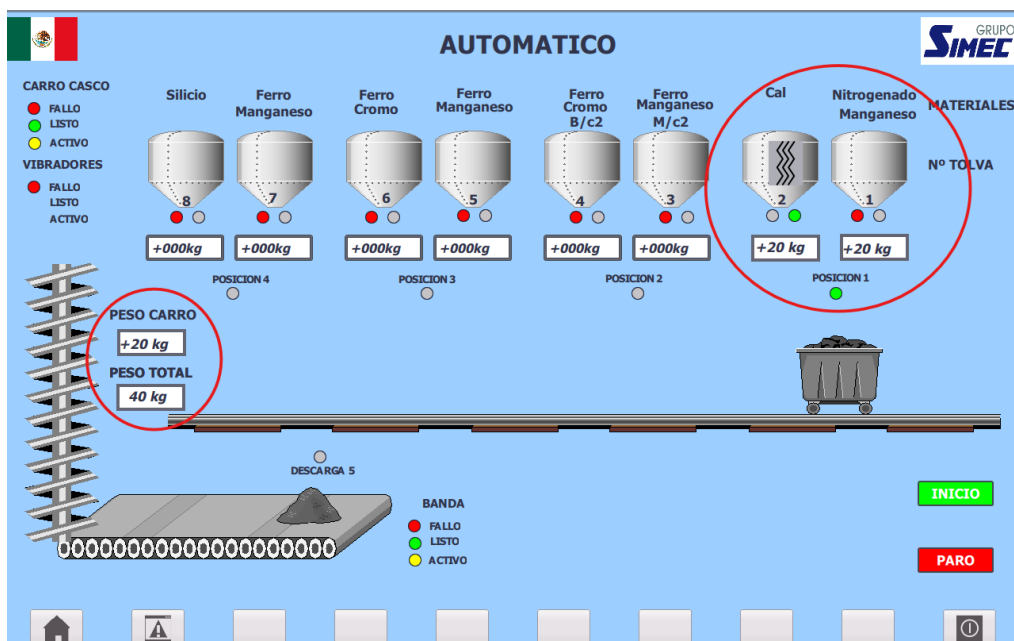


Figura 14.1.5. Prueba de simulación de HMI.

Cuando tenemos todos los aditivos que se necesitan para la sobredosificación podemos enviarlo a la banda transportadora, al igual que se detecta la posición mediante un micro, ahí donde se detecta la “posición 5” donde realiza la descarga del material, en la figura 14.1.6 en la parte inferior izquierda se representa con un indicador verde que está en posición de descarga juntos con el peso total de los aditivos que hemos insertado.

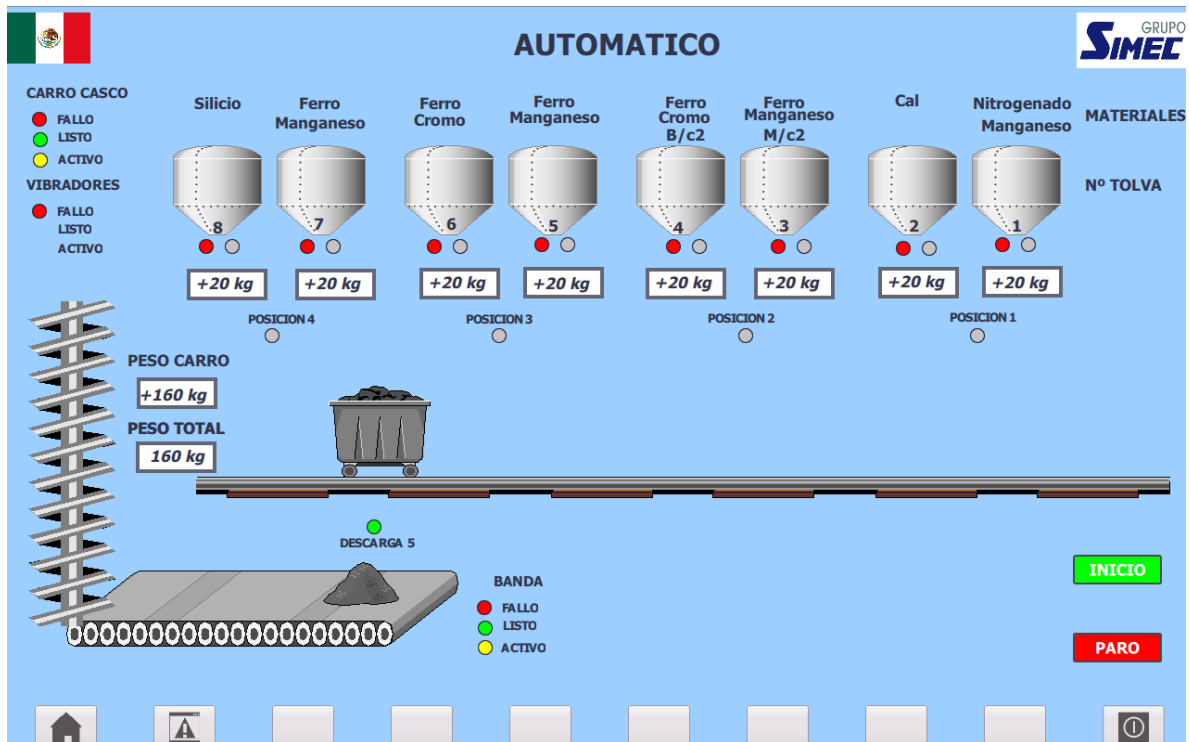


Figura 14.1.6. Prueba de simulación de HMI - descarga.

14.2. Pruebas de tablero

Para la prueba previa al montaje en el tablero donde se montó el PLC ET-200 y con una CPU se realizaron pruebas, ver figura 14.2.1 y 14.2.2 se crea un tablero con indicadores representando los actuadores y pulsadores simulando los sensores.

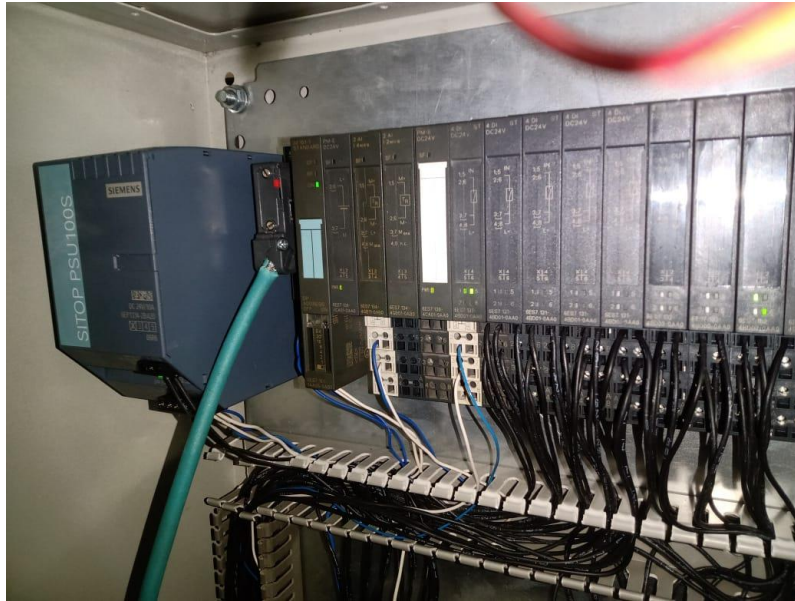


Figura 14.2.1. PLC ET-200 – Prueba de funcionalidad.



Figura 14.2.2. Utilización SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP.

Al igual que se realizaron pruebas en el tablero donde comprobamos que en modo automático se realiza la activación de los indicadores sin la intervención humana del tablero. En la figura 14.2.3 se observa que el tablero se encuentra en modo automático y que nuestros indicadores se encuentran activados la vibración y la tolva seleccionada, sin la necesidad de utilizar los selectores.



Figura 14.2.3. Pruebas de funcionamiento de tablero.

Se realizaron pruebas manuales, y se verifica su correcta función, donde se observa que todas las funciones que se quieren comprobar se realizaron justo en el momento que nosotros accionamos un selector. En la figura 14.2.4, lado izquierdo se hace una prueba donde al tenerlo en modo manual se puede activar el carro.



Figura 14.2.4. Pruebas de funcionamiento de tablero.

En la figura 14.2.5 al activar el selector de la tolva 1, nuestra luz indicadora de la tolva 1 se activa correctamente, con esta comprobación se observa la correcta conexión del PLC, tablero y HMI ya que todas las marcas y señales colocadas en el programa están conectadas en su lugar.



Figura 14.2.5. Pruebas de funcionamiento de tablero – modo manual.

CAPITULO 15: RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante las pruebas de comunicación entre los PLC's son los que se muestran en la Tabla 4. Los resultados sirvieron para validar el correcto funcionamiento del sistema automatizado de control de los aditivos. Estas pruebas no solo confirman que los dispositivos están operando como se esperaba, sino que también demuestran que la red de comunicación es robusta, eficiente y confiable bajo las condiciones específicas del proceso.

15.1. Diagramas y planos realizados

Realización de planos eléctricos, así como su conexión de selectores, relevadores. Contutores, entradas y salidas de PLC. Fueron de bastante ayuda y fundamentales ya que base a ello se realizaron las conexiones correctas del PLC, las marcas y señales que debían ser direccionadas en el programa, ver la figura 15.1.1.

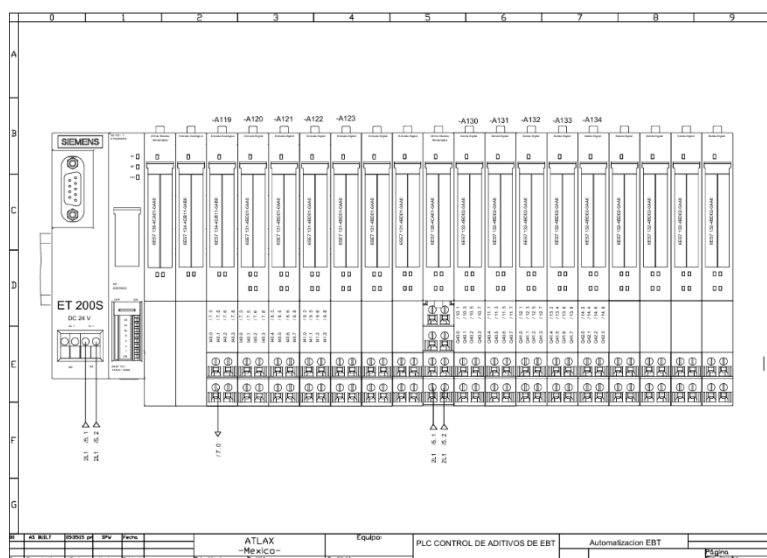


Figura 15.1.1. Diagrama de conexión.

15.2. Programación

Se configura dispositivos seleccionados y se plantea programa de acuerdo con las especificaciones requeridas, utilizando el software TiaPortal, En la figura 15.2.1 está la configuración donde colocamos nuestro número de tarjetas de entrada y salida y así direccionarlas conforme a nuestros planos

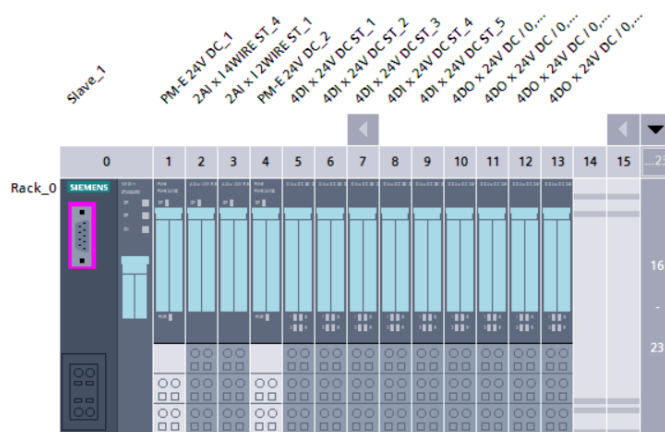


Figura 15.2.1. Configuración de Hardware de ET-200.

15.3. Programación de HMI

Los algoritmos diseñados garantizaron que las salidas actuaran en función de los parámetros previamente configurados, asegurando que la cantidad de aditivos fuera consistente y ajustada a las necesidades específicas del horno (figura 15.3.1).

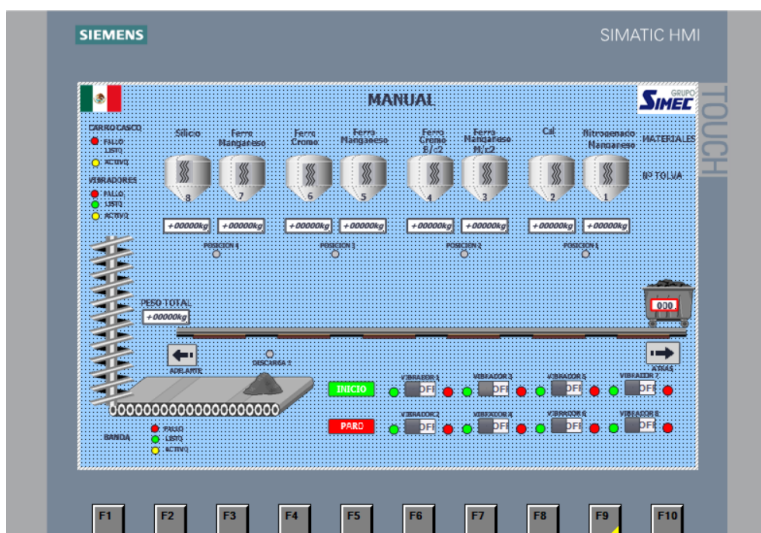


Figura 15.3.1. Vista de modo manual de programación de HMI.

15.4. Tablero de control

El diseño y construcción del tablero de control, ver figura 15.4.1, contribuyeron de manera directa al éxito del sistema automatizado. Su organización interna, integración de señales, medidas de protección y adaptabilidad justifican su funcionalidad y eficiencia. Gracias a su facilidad de mantenimiento, el tablero no solo cumple con los requerimientos del proyecto, sino que también asegura la confiabilidad y continuidad operativa del sistema en el entorno industrial.

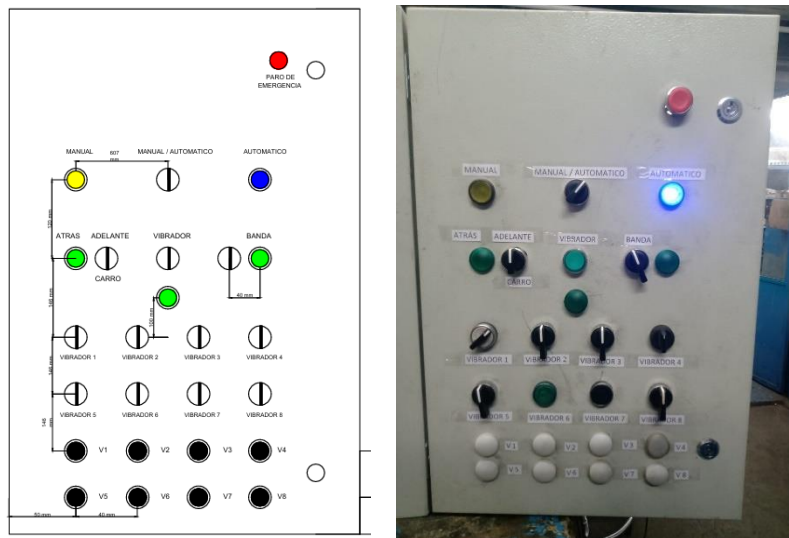


Figura 15.4.1. Diseño y funcionamiento del tablero de control.

CONCLUSION

El desarrollo de este proyecto se fundamenta en una planificación estratégica, un diseño técnico detallado y una ejecución precisa, que involucra varias etapas interrelacionadas. La primera etapa, centrada en la planificación y análisis del proyecto, permitió identificar los requerimientos específicos del sistema y establecer las bases para su diseño, como la selección de sensores, actuadores, relés térmicos, contactores y el PLC adecuado.

En la etapa de realización de planos, se desarrollaron diagramas detallados que incluían la disposición física del PLC, las conexiones eléctricas, las referencias de las entradas y salidas, y la configuración de los circuitos de alimentación y comunicación. Estos planos no solo sirvieron como guía para la instalación, sino que también fueron la base para la solicitud precisa de materiales.

La tercera etapa, programación del PLC, fue clave para la automatización eficiente del sistema. Se desarrollaron algoritmos y secuencias de control que garantizan una dosificación precisa de los aditivos, asegurando que las proporciones y los tiempos de suministro cumplieran con los estándares de calidad requeridos. La programación permitió integrar funciones de monitoreo en tiempo real, alertas automáticas ante fallas, y mecanismos de protección que optimizan la seguridad operativa del sistema.

Finalmente, la etapa de instalación y pruebas fue crucial para validar la funcionalidad del sistema. Durante esta fase, se verificaron las conexiones, se ajustaron las configuraciones de los módulos de I/O, y se probaron los dispositivos de campo para garantizar que respondieran correctamente a las instrucciones del PLC. Este proceso permitió identificar y corregir posibles discrepancias antes de la puesta en marcha oficial, asegurando un funcionamiento fluido y fiable del sistema.

Desde una perspectiva más amplia, el desarrollo de este proyecto no solo optimiza el proceso de producción, sino que también fomenta la sostenibilidad y la competitividad de la planta. Al garantizar un control preciso de los aditivos. Este proyecto destaca la importancia de una planificación rigurosa, un diseño técnico preciso y un enfoque sistemático en cada etapa, sirviendo como modelo para futuras iniciativas de automatización en la industria.

BIBLIOGRAFIA

DESARROLLO DE APLICACIONES SCADA CON SOFTWARE. (2012).
<https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/a9d8a7b8-9fc1-4660-b99e-6724ff0fb58c/content>

Enríquez Berciano, J. L. (2007). *METALURGIA SECUNDARIA*.
https://oa.upm.es/1000/1/Berciano_Tremps_01.pdf

Enríquez Berciano, J. L. (2009). *Acería Eléctrica*.
https://oa.upm.es/1929/1/Aceria_electrica_MONO_2009.pdf

Garavito, J. (2006). *Fundicion de protocolo* (2008.^a-2.^a ed.).
https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/9627_fundicion.pdf

MARTÍNEZ, H. (2015). *MODULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON PLC*. <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>

Profibus Simatic S7. (2002). https://instrumentacionycontrol.net/wp-content/uploads/2017/11/IyCnet_Tutorial_Profibus.pdf

Rodríguez González, J. (2003). *Contadores y Relevadores*.
<http://intranet.utvm.edu.mx/biblioteca/biblioteca-virtual/utvm/mecatronica/manuales-asignatura/4to.%20cuatrimestre/Contadores%20y%20relevadores.pdf>

SIMATIC ET200. (2008). http://www.grupdap.es/ficheros/descripciones/General_ET200_Abril_2009.pdf

Unidad 3: Modulos E/S. (s. f.). En *Controladores Lógicos Programables*.
https://www.campus-virtual.mineria.unam.mx/Mineria/Cursos/Plc/Documentos/Unidad3/PLC_U3.pdf

Crodriguez, & Crodriguez. (2023, 21 junio). *¿Qué es y dónde se utiliza un interruptor termomagnético?* SDI Industrial. <https://sdindustrial.com.mx/blog/interruptor-termomagnetico-que-es/>

Garcia Higuera, A. (2005). *El control automatico de la industria*. S/N: Ediciones de la Univerdidad de Castilla-La Mancha. Obtenido de https://www.google.com.mx/books/edition/El_control_autom%C3%A1tico_en_la_industria/MzLgX4uM-O0C?hl=es&gbpv=0